

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิภายนอกและการใช้พลังงานของ
เครื่องปรับอากาศของอาคารเนกประสงค์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
A study of the Relationship between External Temperature and Energy
Consumption of Air Conditioners in the Multipurpose Building,
King Mongkut's University of Technology Thonburi

ปรีชา อากรศ^{1*} และ กุศานา กุบาฮา¹
Preecha Aregarot^{1*} and Kuskana Kubaha¹

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมาย เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิภายนอกและพลังงานที่ใช้เครื่องปรับอากาศ กรณีศึกษาอาคารเนกประสงค์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ซึ่งอาคารหลังนี้ได้รับการออกแบบมาเพื่ออนุรักษ์พลังงาน จากการประเมินแบบอาคารพบว่า ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกอาคารในส่วนที่มีการปรับอากาศมีค่าการถ่ายเทความร้อนของผนัง (Overall Thermal Transfer Value, OTTV) เท่ากับ 49.94 วัตต์/ตรม. และการถ่ายเทความร้อนผ่านหลังคา (Roof Thermal Transfer Value, RTTV) เท่ากับ 14.53 วัตต์/ตรม. ในส่วนระบบไฟส่องสว่าง อาคารใช้หลอดประหยัดพลังงาน (Light-Emitting Diode, LED) T8 ขนาด 16 วัตต์ ซึ่งมีกำลังไฟรวม 39.25 กิโลวัตต์ ทำให้มีกำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุดเท่ากับ 8.82 วัตต์/ตรม. ในช่วงการใช้งานเวลากลางวัน กลางคืน และตลอด 24 ชั่วโมง 30 วัน โดยนำผลที่ได้มาวิเคราะห์และเปรียบเทียบค่าของอุณหภูมิภายนอกกับพลังงานที่ใช้เครื่องปรับอากาศ อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าและค่าของ (Cooling Degree-Days/day, CDD) อุณหภูมิอากาศภายนอกอาคารที่สูงกว่า Balance – Point Temperature (อุณหภูมิอากาศภายนอกสูงสุดที่อาคารยังไม่ต้องเปิดเครื่องปรับอากาศ) และ ค่าพลังงานฐานที่ใช้ Base Energy User เป็นค่าพลังงานที่อาคารเนกประสงค์ใช้โดยยังไม่ได้เปิดเครื่องปรับอากาศ เท่ากับ 200 kWh ผลจากการวิจัยแสดงให้เห็นว่า Cooling Degree-Days/day (CDD) อุณหภูมิอากาศภายนอกสูงสุดที่อาคารยังไม่ต้องเปิดเครื่องปรับอากาศ กรณีค่า CDD เท่ากับ 0 อาคารจะไม่ต้องเปิดเครื่องปรับอากาศ เมื่ออากาศยิ่งร้อน CDD จะยิ่งมาก ค่าไฟฟ้าก็จะยิ่งสูงตาม และค่า Regression Coefficient (R^2) เท่ากับ 0.66 แสดงถึงอิทธิพลของตัวแปรอิสระทั้งหมดในสมการ กรณีค่า R^2 สูง หรือ เข้าใกล้ 1 แสดงว่าตัวแปรอิสระทั้งหมดในสมการร่วมกันทำนายตัวแปรตามได้เป็นอย่างดี ผลการทำนายมีความสอดคล้องกับข้อมูลที่ใช้วิเคราะห์อย่างมีนัยสำคัญ

คำสำคัญ: พลังงาน อุณหภูมิอากาศที่สูงกว่าอากาศภายนอกสูงสุด สัมประสิทธิ์การถดถอย

Abstract

This research aimed to study the relationship between the external temperature and the energy used by air conditioning case study of multipurpose buildings King Mongkut's University of Technology Thonburi. The multipurpose building was designed for energy conservation. The total heat transfer value of the exterior wall of the building in the air-conditioned section total heat transfer value (Overall Thermal Transfer Value, OTTV) was 49.94 watts /sq.m. and the total heat transfer through the roof (Roof Thermal Transfer Value, RTTV)

¹ คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพมหานคร 10140

¹ School of Energy, Environment and Material, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10140

*Corresponding author: e-mail: preecha.are@kmutt.ac.th

Received: 23 June 2019, Revised: 18 July 2019, Accepted: 4 Aug 2019, Published: 23 August 2019

was 14.53 watts /sqm. Energy-saving lamps (Light-Emitting Diode, LED) T8, size 16 watts, which had a total installed power of 39.25 kW, and the maximum luminous power of 8.82 watts / sqm. were used. The energy consumption using 24 hours a day for 30 days was to analyze and compare the values of the outside temperature and the energy used by the air conditioners, electricity consumption rate and Cooling Degree-Days/day (CDD). The result showed that when Cooling Degree-Days / day (CDD) equaled 0 the air conditioners of the building did not have to be turned on. When CDD was higher, the consumption of energy by air conditioners was significantly higher.

Keywords: energy, cooling degree-days/day, regression coefficient

บทนำ

เนื่องจากปัจจุบันความนิยมการใช้กระจกออกแบบเป็นผนังอาคารยังคงเป็นที่แพร่หลายโดยเฉพาะกลุ่มอาคารสำนักงานซึ่งสามารถพบเห็นโดยทั่วไปในเขตเมือง นอกจากการใช้งานทางด้านกลุ่มอาคารเพื่อการค้าแล้ว อาคารสำนักงานก็เป็นอีกประเภทหนึ่งที่ยอดนิยม แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อมีการใช้งานจริง อาคารสำนักงานส่วนใหญ่ไม่สามารถเปิดช่องแสงได้เต็มที่ เนื่องจากความสว่างที่มากเกินไปของแสงธรรมชาติ และไม่สามารถควบคุมความไม่สม่ำเสมอของแสงธรรมชาติได้ จึงทำให้อาคารประเภทอาคารสำนักงานมีการใช้เครื่องปรับอากาศทั้งหมดในการปรับอากาศภายในอาคารดังกล่าว นอกจากนี้ ผลงานวิจัยทางด้านสิ่งแวดล้อมหลายชิ้น ต่างก็ยืนยันว่าการใช้พลังงานด้วยอัตราที่สูงอย่างปัจจุบันนี้ จะก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมสารพัด เช่น โลกร้อนขึ้น (Global Warming) อากาศเป็นพิษ (Air Pollutions) ฝนกรด (Acid Rain) ด้วยเหตุผลดังกล่าวนี้จึงเกิดกระแสความคิด ที่จะทำการลดการใช้พลังงานลง ออร์จัน (2546) ได้กล่าวว่าอาคารประเภทบ้านเรือน มีการส่งเสริมการประหยัดพลังงานและปรับลดการใช้ (Demand Side Management – DSM) และมีการกำหนดการปรับอาคารที่ใช้พลังงานสูง เช่น การใช้ Peak Load Penalty การคิดค่าไฟฟ้าในหลายประเทศ กรณีประเทศไทยมีพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (พรบ.อาคารควบคุม พ.ศ. 2535) กำหนดค่า (Overall Thermal Transfer Value, OTTV) และ (Roof Thermal Transfer Value, RTTV) อาคารใหม่ และอาคารเก่าต้องมีการจัดการผู้จัดการพลังงาน (Energy Manager) หรือ ผู้รับผิดชอบด้านพลังงานประจำอาคารควบคุม เพื่อจัดทำรายงานการจัดการพลังงานประจำปีและแผนการปรับลดการใช้พลังงานอย่างต่อเนื่อง (กรมพัฒนาและส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน, 2535)

ปัจจุบันนี้ยังไม่มีข้อสรุปผลออกมาอย่างเป็นทางการว่า ใช้วิธีการและกระบวนการขั้นตอนอะไรเพื่อช่วยการวิเคราะห์การใช้พลังงานและ การคำนวณการประหยัดพลังงาน (Saving) และระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) หลังจากอาคารปรับปรุง (Retrofit) ยังไม่พบการประเมินผลเพื่อเผยแพร่ออกมาว่า กฎหมายพลังงานฉบับดังกล่าวได้ผลสำเร็จตามวัตถุประสงค์ งานวิจัยนี้ เพื่อที่จะเสนอความสัมพันธ์ของอุณหภูมิภายนอกกับอาคารที่ใช้เครื่องปรับอากาศ กรณีศึกษาอาคารอเนกประสงค์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี แต่อย่างไรก็ดี ปัจจุบันนี้ยังไม่มีผลการสรุปผลออกมาอย่างเป็นทางการถึงวิธีการ และขั้นตอนในการวิเคราะห์การใช้พลังงาน และคำนวณหาค่าการประหยัดพลังงานในการใช้งานในระบบเครื่องปรับอากาศภายในอาคาร โดยวิธีศึกษาความสัมพันธ์ของอุณหภูมิภายนอกกับอาคารที่ใช้เครื่องปรับอากาศสำหรับอาคารสำนักงาน ซึ่งจะสามารถจัดทำฐานข้อมูล Base line ของการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อวัน (kWh/day) เมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิภายนอกอาคารปราศจากระบบปรับอากาศที่ใช้กันโดยทั่วไป

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ออร์จัน (2546) ได้กล่าวว่า การบริหารจัดการการใช้พลังงานของอาคาร (Building Energy Management – BEM) คือ กระบวนการวางแผนการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด รวมถึงการปรับลดและการใช้พลังงานน้อยที่สุด ไม่ให้ประสิทธิภาพการทำกิจกรรมต่าง ๆ (Productivity) ภายในอาคารก่อให้เกิดผลเสียทางสุขภาพกับผู้ใช้อาคาร ดังนั้นคำว่า “ประสิทธิภาพ” (Efficiency) เป็นคำที่สำคัญมากที่สุดของ BEM ซึ่งการประหยัดพลังงานโดยไม่ใช้พลังงานเลยจะเป็นการประหยัดทรัพยากรที่ดีที่สุด อย่างไรก็ตาม

การบริหารการใช้พลังงานที่เหมาะสมนั้น หากการประหยัดพลังงานเมื่อต้องปรับวิธีการมาด้วยประสิทธิภาพการทำงานที่ต่ำลงของผู้ใช้อาคาร คำว่าประสิทธิภาพความหมายของ BEM ประกอบด้วย 3 ส่วน สำคัญคือ 1) ประสิทธิภาพการจัดซื้อ (Efficient Purchasing), 2) ประสิทธิภาพของวัสดุอุปกรณ์ (Efficient Equipment) , และ 3) ประสิทธิภาพการทำงาน (Efficient Operation) (Herzog, 1997) หนึ่งในองค์กรที่ทำงานด้าน BEM ในสหรัฐอเมริกา ได้แก่ Energy Systems Laboratory (ESL), Texas A&M University ได้กำหนดวิธีดำเนินการของ BEM ไว้ว่า BEM จะประกอบไปด้วยส่วนสำคัญๆ 5 ส่วน คือ 2A และ 3C ซึ่ง 2A ก็คือ การตรวจสอบ (Audit) และการวิเคราะห์ (Analysis) ส่วน 3C ก็คือ การอนุรักษ์ (Conservation), การคำนวณ (Calculation), และการทดสอบ (Commissioning) ซึ่งจะขยายความ ได้ดังต่อไปนี้ 1. การตรวจสอบ (Audits) (การตรวจสอบสภาพพลังงานและในอาคาร (Energy and Indoor Condition Audits) 2.การวิเคราะห์ (Analysis) (การวิเคราะห์การใช้พลังงานในอาคาร (Analysis of Building Energy Consumption) 3.การทดสอบ (Conservation) (การตรวจวัดอนุรักษ์พลังงาน (Energy Conservation Measures) 4.การคำนวณ (Calculation) (การคำนวณผลการประหยัดพลังงาน) (Calculation of Energy and Money Savings) 5.การทดสอบ (Commissioning) (การทดสอบอย่างต่อเนื่อง) (Continuous Commissioning)

สมรรถนะของเครื่องปรับอากาศสำหรับสมรรถนะของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ COP (Coefficient of Performance) เป็นค่าอัตราส่วนระหว่างความสามารถในการทำความเย็น (Watt) และกำลังไฟฟ้าที่ใช้สำหรับเครื่องปรับอากาศในการทำความเย็น ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP) ยิ่งมีค่าสูงเท่าไรก็หมายความว่า เครื่องปรับอากาศมีสมรรถนะการทำงานที่ดี การใช้พลังงานไฟฟ้าต่อวัน (kWh/Day) สามารถหาได้โดยใช้ข้อมูลจากบิลค่าไฟฟ้ารายเดือนและอุณหภูมิอากาศภายนอกมาหาความสัมพันธ์เชิงเส้น ตามรูปที่ 1 ซึ่งยังสามารถอธิบายได้ด้วย สมการต่อไปนี้

$$\text{Energy Use (kWh/day)} = (a \times \text{CDD}) + \text{Base Energy Use (kWh/day)} \quad (1)$$

สมการข้างบน คือ สมการเส้นตรงในรูป $y = ax + b$ ซึ่ง a ก็คือค่า Slope ของสมการเส้นตรงที่ PRISM (Fels, 1986) จะคำนวณให้ CDD คือ Cooling Degree-Days/day ซึ่งก็คืออุณหภูมิอากาศที่สูงกว่า Balance-Point Temperature (อุณหภูมิอากาศภายนอกสูงสุดที่อาคารยังไม่ต้องเปิดเครื่องปรับอากาศ) ส่วน Base Energy Use ก็คือค่าพลังงานที่อาคารใช้โดยปราศจากระบบปรับอากาศ (แสงสว่าง เครื่องใช้ไฟฟ้า เป็นต้น)

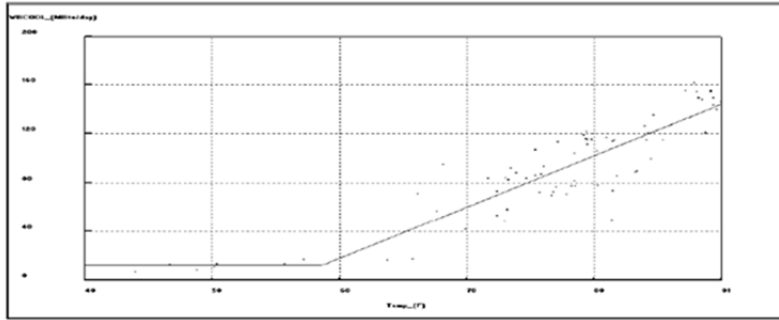
สมการวิธีการหา Cooling Degree-Hours ซึ่งก็คือ อุณหภูมิความร้อนและความเย็นของอากาศใน 1 ชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิความร้อนของดวงอาทิตย์ในแต่ละวันจะได้สมการดังต่อไปนี้

$$\text{CDH}_h = \sum_{i=1}^n (T_i - T_b)^+ \quad (2)$$

สมการวิธีการหา Cooling Degree-Days/day ซึ่งก็คือ อุณหภูมิความร้อนและความเย็นของอากาศใน 1 วัน เมื่อเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิความร้อนของดวงอาทิตย์ในแต่ละวันจะได้สมการ ดังต่อไปนี้

$$\text{CDD} = (\text{ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิภายนอก}) \times (\text{อุณหภูมิอ้างอิง}) \times (\text{ชั่วโมงการทำงาน}) \quad (3)$$

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ชื่อ EModel (Kissock et al. 1996) ซึ่ง EModel จะหาสัมประสิทธิ์ของความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิอากาศภายนอก และการใช้พลังงานของอาคาร ด้วยการใช้ "สมการถดถอยแบบมีจุดเปลี่ยน" (Change-Point Regression) ตามแสดงในภาพที่ 1 เพื่อความถูกต้องแม่นยำมากขึ้น EModel ยังสามารถแยกแยะ การใช้ข้อแบบเป็นการใช้ในวันธรรมดาและการใช้ในวันหยุด รวมทั้งยังสามารถคำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อน มาตรฐาน (Standard Error) ค่า Regression Coefficient หรือ R^2 และค่า RMSE (Root Mean Square Error) ของการคาดเดา Baseline นี้ก็ด้วย การวิเคราะห์สัดส่วนการใช้พลังงานในอาคารประเภทต่าง ๆ ของสหรัฐอเมริกา (EIA, 1996) และฝรั่งเศส (CEREN, 1997) แสดงตามตารางที่ 1

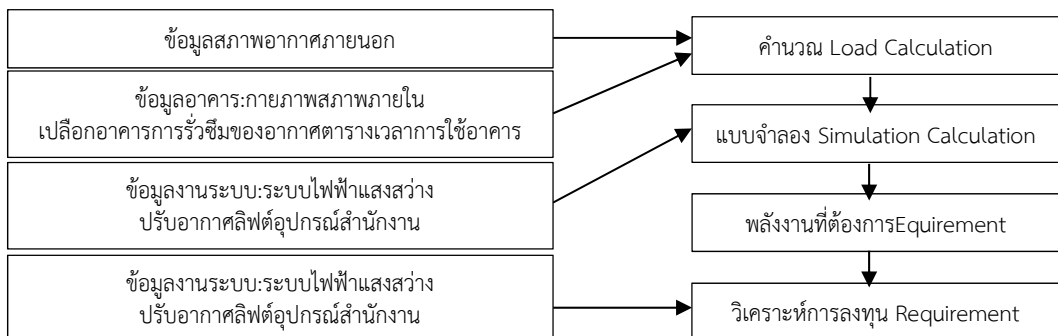


ภาพที่ 1 ตัวอย่างผลการคำนวณหา Baseline การใช้พลังงานรายวันด้วยวิธี Change-Point Regression โดยใช้โปรแกรม EModel แกนนอนแสดงอุณหภูมิอากาศภายนอก แกนตั้งแสดงการใช้พลังงานในการทำความเย็นให้อาคาร (อรรถจน์, 2546)

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยสัดส่วนการใช้พลังงานในอาคารประเภทหลัก ๆ ในหน่วย กิโลวัตต์-ชั่วโมง ต่อพื้นที่อาคาร 1 ตารางเมตร (kWh/m²) ของประเทศฝรั่งเศสและสหรัฐอเมริกา (ที่มา : อรรถจน์, 2546)

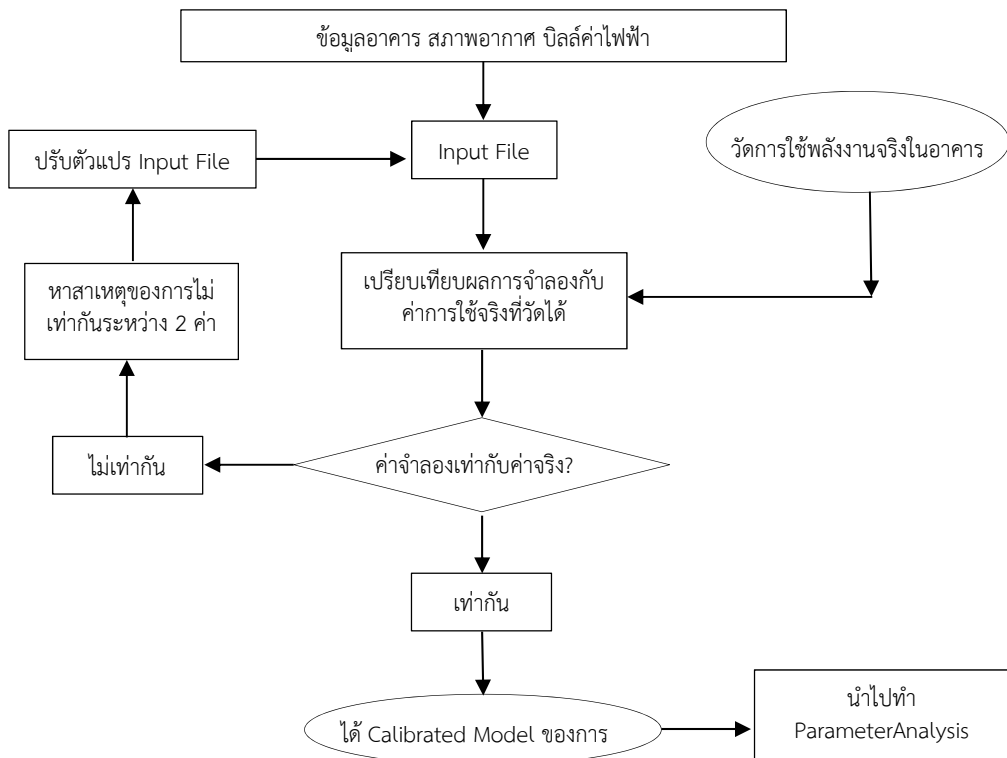
ประเภทอาคาร	ฝรั่งเศส	สหรัฐอเมริกา
สำนักงาน	395	300
สถานศึกษา	185	250
สถานพยาบาล	360	750
โรงแรม	305	395
ภัตตาคาร	590	770
ศูนย์การค้า	365	240

ขั้นตอนของการทำ Forward Modeling ด้วย CBES ซึ่งจะเริ่มจากการคิดภาระการใช้พลังงาน (Load) ของอาคารจากข้อมูลอากาศภายนอก และข้อมูลอาคารที่ประกอบด้วย 1) ลักษณะทางกายภาพ (Physical), 2) ลักษณะภายใน (Internal), 3) ผิวอาคาร (Envelope), 4) การรั่วไหลของอากาศ (Infiltration), และ 5) ตารางการใช้งานอาคาร (Schedules) โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์จะคำนวณค่าความต้องการพลังงานของอุปกรณ์งานระบบ (System Simulation) และหากผู้จัดการพลังงานมีตัวเลือกในการก่อสร้างหรือปรับปรุงอาคารแบบต่าง ๆ โปรแกรมก็จะช่วยคำนวณค่าการคุ้มทุนในรูปของการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ (Economic Analysis) ในรูปของ Present Value และ Payback ของแต่ละทางเลือก เพื่อช่วยตัดสินใจว่า ทางเลือกใดจะช่วยประหยัดพลังงานและเงินลงทุนมากน้อยเพียงใดในระยะยาว และเจ้าของอาคารควรจะเลือกวิธีใดก่อนที่จะทำการก่อสร้างจริง วิธีดังกล่าวเรียกว่า “Parametric Analysis” ซึ่งสามารถทำได้กับทั้งอาคารใหม่ที่กำลังจะก่อสร้าง และอาคารเก่าที่กำลังจะทำการปรับปรุง (อรรถจน์, 2546) (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 แผนภูมิแสดงขั้นตอนการจำลองการใช้พลังงานในอาคารด้วยคอมพิวเตอร์ (ที่มา: Building Energy Management (BEM) Process (อรรถจน์, 2546)

ขั้นตอนแรกของการทำ Calibrated CBES ก็คือ การเก็บข้อมูลทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับอาคาร และอากาศภายนอกเพื่อสร้าง Input File ป้อนเข้าสู่โปรแกรม เมื่อโปรแกรมทำการจำลองการใช้พลังงานเสร็จสิ้น จะนำ Output ที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่าการใช้พลังงานจริงที่วัดได้จากการทำ Detailed Audit หากผลที่จำลองได้มีค่าเท่ากับหรือใกล้เคียงกับค่าที่วัดได้จากการ Audit ภายในขอบเขตที่ยอมรับได้ การทำ Calibrated CBES ก็เป็นอันเสร็จสิ้น แต่ถ้าหากค่าที่จำลองได้มีความแตกต่างอย่างมากจากค่าที่ได้จากการทำ Audit จะต้องทำการปรับตัวแปรใน Input File แล้วเริ่มการจำลองใหม่จนกว่าจะได้ผลที่ใกล้เคียงกัน (อรจรณ์,2546) ขั้นตอนดังกล่าวนี้จะต้องใช้เวลาและความพยายามมาก อาจจะต้องมีการจำลองซ้ำแล้วซ้ำเล่านับเป็นร้อยครั้งจนกว่าจะได้ผลที่น่าพอใจ ซึ่งบางครั้งอาจจะต้องกลับไปเก็บรวบรวมข้อมูลอาคารเพิ่มเติม จะเห็นว่าการทำ Calibrated CBES จะต้องอาศัยประสบการณ์ของผู้ทำในการที่จะวิเคราะห์ผลของการจำลองว่า ทำไมผลที่ได้จึงแตกต่างจากค่าจริง และรูปแบบการแตกต่างที่ได้น่าจะมาจาก การตั้งค่าเริ่มต้นอะไรผิดพลาดใน Input File ส่วนที่ว่าจะใช้หลักการอะไรในการชี้ว่า ค่าทั้งสองเท่ากันหรือว่าใกล้เคียงกัน Haberl and Bou-Saada (1998) ได้ เสนอวิธีทางสถิติในการเปรียบเทียบค่าทั้งสองในรูปของ Coefficient of Variance (COV), Mean Difference, Mean Bias Error (MBE), และ Root Mean Square Error (RMSE) ตัวอย่างงานวิจัยของผู้เขียนที่ใช้วิธีทางสถิติเข้าช่วยในการทำ Calibrated CBES ดังแสดงในภาพ (ภาพที่ 3)



ภาพที่ 3 แผนภูมิแสดงขั้นตอนการจำลองการใช้พลังงานภายในอาคารด้วยคอมพิวเตอร์แบบที่มีการปรับเทียบกับข้อมูลจริง (อรจรณ์, 2546; Sreshthaputra et al., 2001)

หลังจากที่อาคารได้รับการปรับปรุงแล้ว ค่าการประหยัดพลังงานหรือ Saving สามารถคำนวณได้โดยการเอาปริมาณการใช้พลังงานหลังปรับปรุงอาคาร (Post-Retrofit Consumption) หักลบออกจาก Baseline การใช้พลังงานของอาคารก่อนปรับปรุง (Pre-Retrofit Baseline Use) ดังสมการต่อไปนี้ (Krtati, 2000)

$$\text{Saving (kWh)} = \text{Pre-Retrofit Baseline Use (kWh)} - \text{Post-Retrofit Consumption (kWh)} \quad (4)$$

อาคารอเนกประสงค์ สถานที่ตั้ง : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 126 ถ. ประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ จังหวัดกรุงเทพมหานครฯ เป็นอาคารสำหรับสำนักงานอเนกประสงค์ มีอุปกรณ์อำนวยความสะดวก

ความสะดวกรบครันและเป็นอาคารที่ออกแบบโดยยึดหลักการอนุรักษ์พลังงานและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ลักษณะอาคารเป็นอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กสูง 8 ชั้น มีพื้นที่ใช้สอยรวมมากกว่า 4,452 ตรม. โดยสามารถแบ่งพื้นที่ใช้สอยที่ปรับอากาศ 2,512.1 ตรม. และพื้นที่ใช้สอยที่ไม่ปรับอากาศ 1,940.2 ตรม. ผนังเป็นผนังก่ออิฐมวลเบา ฉาบปูนทาสี กระจกเป็นกระจกใสและกระจกสีชาดำหนา 6 มิลลิเมตร ค่าสัดส่วนของพื้นที่ผนังโปร่งแสงต่อพื้นที่ผนังรวมหลังคาแต่ละส่วน (WWR A/C Zone) เฉลี่ย 0.25 ส่วนหลังคาเป็นชนิดเมทัลชีทและหลังคาคอนกรีต ติดยิมซุ้มบอร์ด ชนิดทนความชื้น ใช้งบประมาณการก่อสร้าง 70 ล้านบาท

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของอุณหภูมิภายนอกกับการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน กรณีศึกษา อาคารอเนกประสงค์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ขอบเขตของการวิจัย

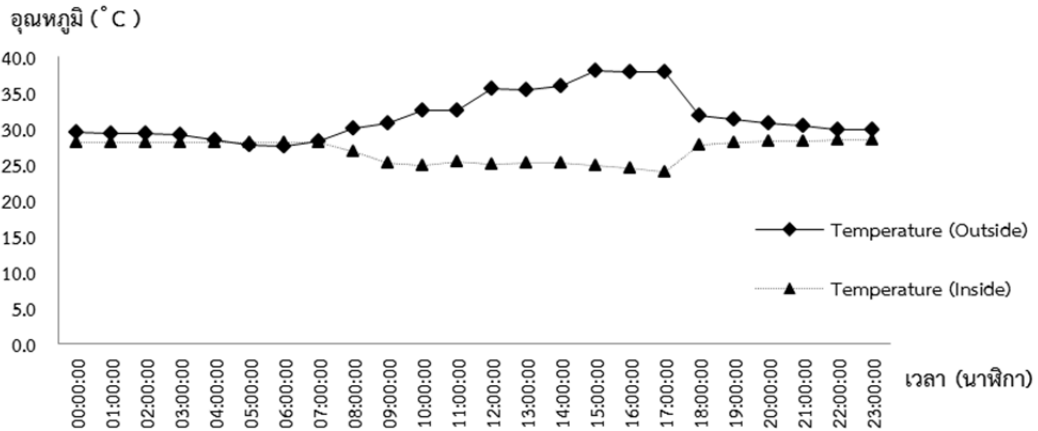
ศึกษาความสัมพันธ์ของอุณหภูมิภายนอกกับการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน อาคารอเนกประสงค์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี โดยทำการตรวจวัดอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ภายในและภายนอกห้อง และตรวจวัดพลังงานไฟฟ้าของระบบเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ชั้นที่ 5 อาคารอเนกประสงค์ ช่วงเวลา 6.00-24.00 น. ระยะเวลาตรวจวัดพร้อมเก็บข้อมูล ตั้งแต่วันที่ 31 สิงหาคม พ.ศ.2560 ถึงวันที่ 1 ตุลาคม พ.ศ. 2560

ระเบียบวิธีการศึกษาวิจัย

1. งานวิจัยนี้เป็นการทดลองการใช้งานจริงของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ชั้นที่ 5 อาคารอเนกประสงค์ ด้วยการติดตั้งเครื่องตรวจวัดอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ภายในและภายนอกอาคาร
2. การศึกษา และรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการใช้งานของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนทั้งระบบ ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบการใช้งานจริงในช่วงเวลากลางวัน กลางคืน และตลอด 24 ชั่วโมง ภายในห้องชั้นที่ 5 มีขนาดพื้นที่เท่ากันและมีการควบคุมสภาพแวดล้อมภายในห้องให้เหมือนกันมากที่สุด โดยไม่มีตัวแปรในด้านผู้ใช้งานภายในห้องเข้ามาเกี่ยวข้อง เพื่อไม่ให้ส่งผลกระทบต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคาร
3. การเก็บข้อมูลการทดลองเป็นการเก็บข้อมูลช่วงเวลา 6.00-24 .00 น. ระยะเวลา 30 วัน ตั้งแต่วันที่ 31 สิงหาคม พ.ศ.2560 ถึงวันที่ 1 ตุลาคม พ.ศ. 2560 และผลการทดลองที่ได้ขึ้นอยู่กับสภาพอากาศในปีที่ดำเนินการวิจัย

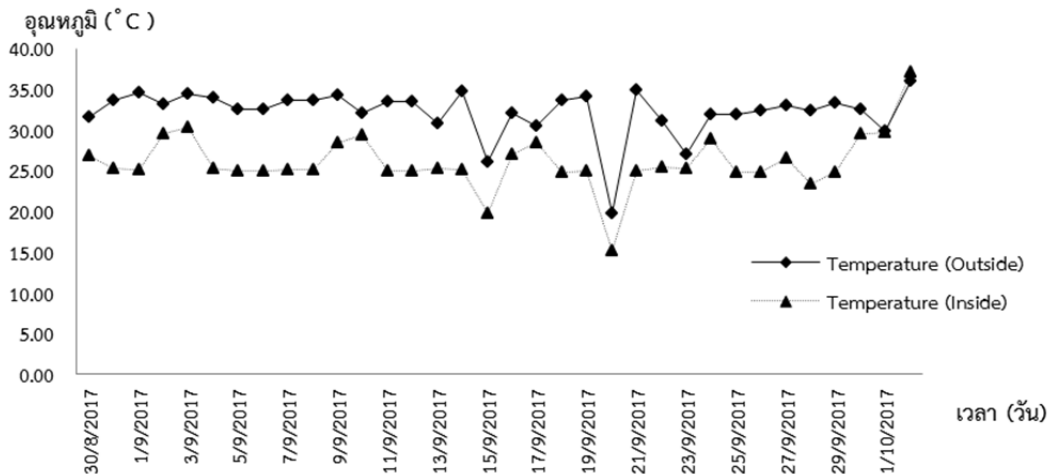
ผลการทดลอง

อาคารอเนกประสงค์มีส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบปรับอากาศร้อยละ 42 มีการใช้เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนมาตรฐานชนิดอินเวอร์เตอร์ ขนาด 18,125 – 33,443 บีทียู/ชั่วโมง จำนวน 90 เครื่อง มีค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะขั้นต่ำของเครื่องปรับอากาศ (COP) เท่ากับ 3.22 จากกรณีศึกษาได้ทำการเก็บข้อมูลในอาคารอเนกประสงค์ บริเวณชั้นล่างห้องควบคุมระบบไฟฟ้าประจำอาคาร (MDB) โดยการติดตั้งเครื่องตรวจวัดพลังงานไฟฟ้าบันทึกข้อมูลไว้ ระหว่างวันที่ 31 สิงหาคม 2560 – วันที่ 1 ตุลาคม 2560 จากการวิเคราะห์ข้อมูลจากการตรวจวัดพบว่าค่า CDD เท่ากับ 0 โดยใช้ข้อมูลอ้างอิงในการปรับอุณหภูมิไว้ที่ 25°C อาคารจะยังไม่ต้องเปิดเครื่องปรับอากาศ และ ค่าการใช้พลังงานในวันนั้นจะเท่ากับ 200 kWh กรณีสภาพอากาศภายนอกอาคารมีอุณหภูมิสูง ค่าของ CDD จะยิ่งมากด้วย ส่งผลให้ค่าพลังงานไฟฟ้ายิ่งสูงขึ้นตาม จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel พบว่ามีค่า Regression Coefficient (R^2) เท่ากับ 0.66 แสดงถึงอิทธิพลของตัวแปรอิสระทั้งหมดในสมการ ถ้าค่า R^2 สูง หรือ เข้าใกล้ 1 แสดงว่าตัวแปรอิสระทั้งหมดในสมการร่วมกันทำนายตัวแปรตามได้เป็นอย่างดี ผลการทำนายมีความสอดคล้องกับข้อมูลที่นำมาใช้วิเคราะห์



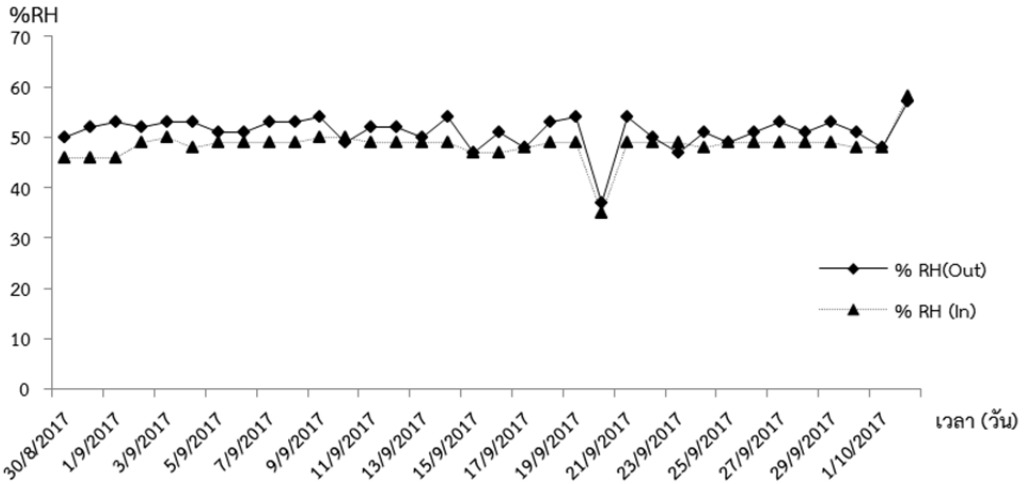
ภาพที่ 4 กราฟแสดงอุณหภูมิภายนอกและภายในอาคาร

จากภาพที่ 4 แสดงอุณหภูมิภายในและภายนอกอาคารช่วงเวลา 8.00 น. อุณหภูมิภายนอกอาคาร 28.3°C ทำให้ผู้ใช้อาคารจำเป็นต้องเปิดเครื่องปรับอากาศทำความเย็นภายในอาคารโดยปรับอุณหภูมิไว้ที่ 25°C เพื่อรักษาอุณหภูมิภายในอาคาร และเมื่อพิจารณาอุณหภูมิภายนอกสูงสุด 38°C ช่วงเวลา 16.00 น. จึงทำให้เครื่องปรับอากาศทำงานตลอดเวลา ส่งผลให้มีการใช้พลังงานไฟฟ้าสูง และเมื่อช่วงเวลา 18.00 น. อุณหภูมิภายนอกอาคารจะลดลงจึงปิดเครื่องปรับอากาศภายในอาคาร



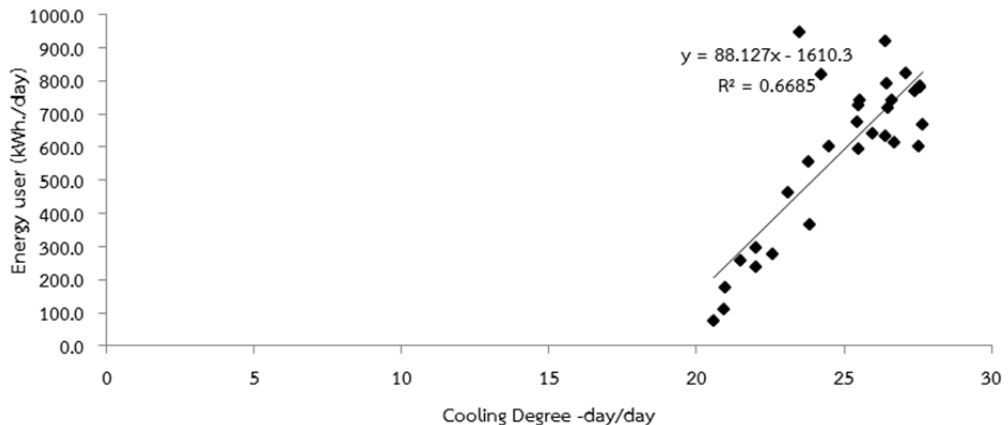
ภาพที่ 5 กราฟแสดงอุณหภูมิภายนอกและภายในอาคารช่วงเวลาทำงาน

จากภาพที่ 5 แสดงอุณหภูมิภายในและภายนอกอาคารช่วงเวลาทำงานของเครื่องปรับอากาศตั้งแต่วันที่ 30 สิงหาคม พ.ศ 2560 - วันที่ 1 ตุลาคม พ.ศ 2560 พบว่าอุณหภูมิภายนอกอาคารเฉลี่ย 35°C ทำให้ผู้ใช้อาคารจำเป็นต้องเปิดเครื่องปรับอากาศทำความเย็นภายในอาคารโดยปรับอุณหภูมิไว้ที่ 25°C เพื่อรักษาอุณหภูมิภายในอาคาร ซึ่งทำให้มีการใช้พลังงานไฟฟ้าเกิดขึ้นและเมื่อช่วงเวลา 18.00 น. อุณหภูมิภายนอกอาคารจะลดลง ส่งผลให้การใช้พลังงานไฟฟ้าลดลงด้วย



ภาพที่ 6 กราฟแสดงความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกและภายในอาคารช่วงเวลาทำงาน

จากภาพที่ 6 กราฟแสดงความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกและภายในอาคารช่วงเวลาทำงานของเครื่องปรับอากาศตั้งแต่วันที่ 30 สิงหาคม พ.ศ.2560 – วันที่ 1 ตุลาคม พ.ศ. 2560 พบว่าความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกและภายในอาคาร เท่ากับ 54 และ 49%RH ตามลำดับ ทำให้ผู้ใช้อาคารจำเป็นต้องเปิดเครื่องปรับอากาศทำความเย็นภายในอาคาร โดยปรับอุณหภูมิไว้ที่ 25°C เพื่อความชื้นสัมพัทธ์ภายในอาคาร ซึ่งทำให้มีการใช้พลังงานไฟฟ้าเกิดขึ้นและเมื่อช่วงเวลา 18.00 น. อุณหภูมิภายนอกอาคารจะลดลง ส่งผลให้การใช้พลังงานไฟฟ้าลดลงด้วย



ภาพที่ 7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ Cooling Degree -Day เทียบกับ Energy user

จากภาพที่ 7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ Cooling Degree -Day เทียบกับ Energy user. จากสมการเส้นตรงในรูป $y = ax + b$ ซึ่ง a คือ ค่า Slope ของสมการเส้นตรงที่โปรแกรมคำนวณให้ CDD คือ Cooling Degree-Days/day คือ อุณหภูมิอากาศที่สูงกว่า Balance - Point Temperature (อุณหภูมิอากาศภายนอกสูงสุดที่อาคารยังไม่ต้องเปิดเครื่องปรับอากาศ) ส่วน Base Energy User คือ ค่าพลังงานที่อาคารใช้โดยไม่ได้เปิดเครื่องปรับอากาศ (ระบบแสงสว่าง เครื่องใช้ไฟฟ้า เป็นต้น) จากรูป จะเห็นว่าถ้าค่า CDD เท่ากับ 0 อาคารจะไม่ต้องเปิดเครื่องปรับอากาศ และ ค่าการใช้พลังงานในวันนั้นจะเท่ากับ 200 kWh ถ้าอากาศยิ่งร้อน CDD จะยิ่งมาก ค่าไฟฟ้าก็จะยิ่งสูงตาม และค่า Regression Coefficient (R^2) เท่ากับ 0.66

สรุปผลการศึกษาวิจัย

จากผลการประเมินการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศ พบว่า อาคารอเนกประสงค์มีการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงานในด้านต่าง ๆ ระบบกรอบอาคาร จากการตรวจประเมินแบบอาคารพบว่า ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคารในส่วนที่มีการปรับอากาศ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกอาคาร (Overall Thermal Transfer Value, OTTV) เท่ากับ 49.94 วัตต์/ตรม. และ การถ่ายเทความร้อนรวมผ่านหลังคาอาคาร (Roof Thermal Transfer Value, RTTV) เท่ากับ 14.53 วัตต์/ตรม. ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง จากการตรวจประเมินแบบอาคาร พบว่า อาคารอเนกประสงค์ใช้หลอดไฟฟ้าประหยัดพลังงาน (Light-Emitting Diode, LED) T8 ขนาด 16 วัตต์ ซึ่งมีกำลังไฟฟ้าติดตั้งรวม 39.25 กิโลวัตต์ ทำให้ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุดเท่ากับ 8.82 วัตต์/ตรม. ระบบปรับอากาศ จากการตรวจประเมินแบบอาคารพบว่า อาคารอเนกประสงค์มีการใช้เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนมาตรฐาน ชนิดอินเวอร์เตอร์ ขนาด 18,125–33,443 บีทียู/ชั่วโมง จำนวน 90 เครื่อง มีค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะขั้นต่ำของเครื่องปรับอากาศ (Coefficient of Performance, COP) เท่ากับ 3.22 ซึ่งการออกแบบการก่อสร้างอาคารอเนกประสงค์ได้ผ่านการตรวจประเมินแบบอาคารเป็นไปตามข้อกำหนดของกฎกระทรวงกำหนดประเภท หรือขนาดของอาคาร และมาตรฐานหลักเกณฑ์และวิธีการในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2552 ซึ่งออกตามความในมาตรา วรรคสอง และมาตรา 19 แห่งพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 (แก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ. 2550) ดังนั้นการศึกษาความสัมพันธ์ของอุณหภูมิภายนอกกับการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน กรณีศึกษา อาคารอเนกประสงค์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ค่าของ (Cooling Degree-Days/day ,CDD) อุณหภูมิอากาศภายนอกอาคารที่สูงกว่า Balance-Point Temperature (อุณหภูมิอากาศภายนอกสูงสุดที่อาคารยังไม่ต้องเปิดเครื่องปรับอากาศ) และ ค่าพลังงานฐานที่ใช้ Base Energy User เป็นค่าพลังงานที่อาคารอเนกประสงค์ใช้โดยยังไม่ได้เปิดเครื่องปรับอากาศ เท่ากับ 200 kWh

อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

1. การศึกษาในงานวิจัยครั้งนี้ เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ของอุณหภูมิภายนอกกับพลังงานที่ใช้ระบบเครื่องปรับอากาศ เปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้งานจริงของเครื่องปรับอากาศในช่วงการทดลองเริ่มวันที่ 31 สิงหาคม พ.ศ.2560 – วันที่ 1 ตุลาคม พ.ศ.2560 จำนวน 30 วัน ซึ่งเป็นฤดูฝน จึงควรมีการวิจัยเพิ่มเติมทุกฤดู ฤดูละ 1-2 เดือน เพื่อนำมาเป็นข้อมูลตัดสินใจการเลือกใช้ในระยะยาว
2. การศึกษาความสัมพันธ์ของอุณหภูมิภายนอกกับพลังงานที่ใช้ระบบเครื่องปรับอากาศ และข้อมูลในด้านภูมิอากาศยังไม่สามารถสรุปได้อย่างชัดเจน จำเป็นที่จะต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมในการวัดปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ของห้องทดลองด้วย
3. ในงานวิจัยครั้งนี้ เป็นการคำนวณค่าไฟฟ้าเฉพาะอาคารประเภทสำนักงาน จึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติม และเปรียบเทียบค่าไฟฟ้าในอาคารประเภทอื่นเพื่อเป็นข้อมูลในการนำไปใช้กับอาคารประเภทต่าง ๆ
4. สามารถนำข้อมูลจากงานวิจัยครั้งนี้ไปพัฒนาต่อยอดในด้านการจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อให้ผลที่ได้จากการจำลองมีค่าใกล้เคียงกับการใช้งาน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบุคลากรของสำนักบริหารอาคารและสถานที่ งานพัสดุส่วนกลางของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี รวมทั้งหน่วยงานภายใน มจธ. ที่ให้ความช่วยเหลือในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ สำเร็จบรรลุตามวัตถุประสงค์

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาและส่งเสริมอนุรักษ์พลังงาน. 2535. พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535, กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม
อรรถจรณ์ เศรษฐบุตร. 2546. ขั้นตอนการบริหารจัดการพลังงานในอาคาร. วารสารวิชาการ “สถาปัตยกรรม”. 2: 60-79.

- CEREN, 1997, La Consommation d'Énergie Dans les Régions Françaises. Report from Centre d'Études et de Recherches Économiques sur l'Énergie.
- EIA 1996. Nonresidential Building Energy Consumption Survey: Characteristics of Commercial Buildings. DOE/EIA-0246(95). Energy Information Agency, US Department of Energy, Washington DC.
- Fels, M. 1986. Special issue devoted to measuring energy savings: The scorekeeping approach. *Energy and Buildings* 9(1&2).
- Haberl, J., and Bou-saada, T. 1998. Procedures for calibrating hourly simulation models to measure energy and environmental data. *ASME Solar Energy Engineering Journal* 120(3): 193.
- Herzog, P. 1997. *Energy-Efficient Operation of Commercial Buildings: Redefining the Energy Manager's Job*. New York, NY: McGraw-Hill.
- Kissock, K., Wu, E., Sparks, R., and Patel, D. 1996. EModel version 1.4 D. College Station, TX: Texas A&M University, Energy Systems Laboratory.
- Krarti, M. 2000, *Energy Audit of Building Systems: An Engineering Approach*. New York: CRC Press.
- Sreshthaputra, A., Haberl, J., and Andrews, M. 2001. 3-D studies of heat transfer and airflow in an unconditioned Thai Buddhist temple. *Journal of Energy, Heat, and Mass Transfer* 22(2001): pp 455-471.