แนวทางการปรับปรุงการใช้พลังงานในอาคารสยามบรมราชกุมารี

THE IMPROVEMENT OF ENERGY EFFICIENCY IN SIAMBOROMRACHAKUMARI BUILDING

กนกวรรณ อุสันโน[1]

[1]*หัวหน้าภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม*

e-mail: Ukanokwan@yahoo.com

บทคัดย่อ : ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยรวมของประเทศไทยที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจากอดีตจนถึงปัจจุบัน ทำให้มีการใช้งบประมาณจำนวนมากในการจัดหาพลังงาน และ สร้างแหล่งผลิตพลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้น เพื่อให้เพียงพอกับความต้องการใช้งาน ในการนี้ก่อให้เกิดผลกระทบตามมาต่อสภาพแวดล้อมและประชาชนที่อยู่ในพื้นที่ หากปริมาณการใช้ยังเพิ่มสูงขึ้นต่อไป ในอนาคตประเทศไทยอาจประสบกับภาวะการขาดแคลนพลังงาน ซึ่งสามารถสร้างความเสียหายต่อความเป็นอยู่ของประชาชน และระบบเศรษฐกิจในระดับชาติได้

อาคารสยามบรมราชกุมารี มหาวิทยาลัยศรีปทุม เป็นอาคารเรียนและสำนักงานขนาดใหญ่อาคารหนึ่ง มีพื้นที่ใช้สอยรวม 27,417 ตารางเมตร มีการใช้พลังงานไฟฟ้ามากกว่า 2,000,000 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี การวิเคราะห์และทดสอบเพื่อหาสาเหตุความสิ้นเปลืองพลังงาน และการแก้ปัญหาโดยวิธีการที่เหมาะสม จะเป็นแนวทางในการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารให้แก่เจ้าของอาคารอื่นๆที่มีขนาดและลักษณะการใช้งานใกล้เคียงกันได้ นอกจากนี้ยังเป็นกรณีศึกษาสำหรับผู้เกี่ยวข้องได้เตรียมการวางแผน และออกแบบอาคารให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นไป

จากผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า ความสิ้นเปลืองพลังงานส่วนใหญ่ของอาคารสยามบรมราชกุมารี มีสาเหตุมาจากความร้อนของเครื่องปรับอากาศที่ระบายออกทาง Condensing Unit ซึ่งตั้งอยู่ที่ระเบียงด้านทิศเหนือและทิศใต้ของอาคาร และติดกับผนังกระจกของห้องที่ทำการปรับอากาศ ทำให้อุณหภูมิผิวกระจกสูงขึ้นและส่งผ่านความร้อนกลับเข้าสู่ภายในห้อง เป็นภาระการทำความเย็นแก่เครื่องปรับอากาศอีกครั้งหนึ่ง แสงแดดที่กระทำต่ออาคารด้านทิศใต้และทิศตะวันตกส่งผลต่อภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ นอกจากนี้ยังมีปัญหาด้านการใช้แสงประดิษฐ์ที่ไม่สัมพันธ์กับความต้องการใช้งาน ทั้งความเข้มในการส่องสว่าง และการกระจายแสง การไม่แบ่งกลุ่มการใช้งานในระบบแสงสว่างและไม่มีการใช้สัญลักษณ์ให้เป็นที่เข้าใจแก่ผู้ใช้อาคาร ทางเดินภายในอาคารที่ไม่สามารถใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติได้ ทำให้ความสูญเสียพลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่างเพิ่มขึ้น

ในงานวิจัยนี้ ได้เสนอแนวทางแก้ปัญหา โดยติดตั้งปล่องระบายความร้อนให้กับ Condensing Unit ทุกตัว เพื่อระบายความร้อนออกสู่ภายนอกอาคารโดยตรง การติดตั้งอุปกรณ์กันแดดให้แก่อาคารด้านทิศใต้และทิศตะวันตก เพื่อป้องกันการแผ่รังสีโดยตรงจากดวงอาทิตย์ การปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้แสงประดิษฐ์ทั้งการกระจายแสง และการใช้อุปกรณ์ในระบบ แสงประดิษฐ์ที่มีประสิทธิภาพสูง และการใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพื่อช่วยลดค่าความต้องการใช้ไฟฟ้าลง

แนวทางแก้ปัญหาในประเด็นต่างๆที่ได้นำเสนอ ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ผลตอบแทนในการลงทุนควบคู่ไปด้วย เพื่อเสนอแนวทางปฏิบัติที่มีความเหมาะสมสูงที่สุด สรุปได้คือ การปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้แสงประดิษฐ์ ถึงแม้จะใช้งบประมาณในการลงทุนสูง แต่ให้ผลตอบแทนในการลงทุนเร็วที่สุด คือ 1 ปี 5 เดือน และสามารถประหยัดค่าไฟฟ้าต่อปีได้มากกว่าวิธีอื่น การติดตั้งปล่องระบายความร้อนสามารถคืนทุนได้ในเวลา 2 ปี การปรับปรุงประสิทธิภาพของอุปกรณ์กันแดดด้านทิศใต้ และทิศตะวันตก ใช้เวลาในการคืนทุนมากกว่า 10 ปี ที่เป็นเช่นนี้ เนื่องจากอุปกรณ์กันแดดเดิมของอาคารนี้ ซึ่งเป็นกันสาด และระเบียงทางเดิน ต่างก็มีประสิทธิภาพในการกันแดดได้ดีในระดับหนึ่งอยู่แล้ว ส่วนการใช้พลังงานแสงอาทิตย์นั้น มีค่าใช้จ่ายที่สูงมาก ประกอบกับแผง solar cell มีอายุการใช้งานที่จำกัด ในกรณีนี้จึงไม่เหมาะสมในการลงทุน

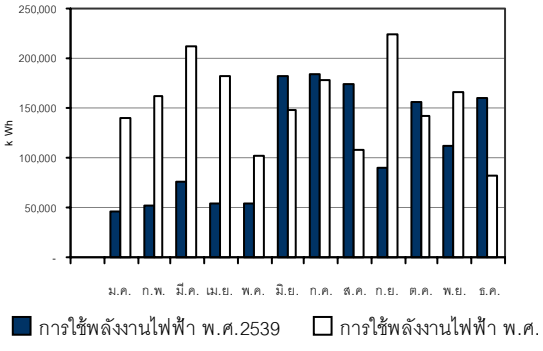
คำสำคัญ: การใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร ภาระการทำความเย็น แสงประดิษฐ์

1. บทนำ

จากข้อมูลของกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานระบุว่าในแต่ละปีประเทศไทยต้องนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศเป็นมูลค่ากว่า 300,000ล้านบาท เพื่อนำมาใช้ในภาคการขนส่ง อุตสาหกรรม และการผลิตกระแสไฟฟ้า และมูลค่าการนำเข้านี้มีแนวโน้มสูงขึ้นทุกปี ส่งผลกระทบโดยตรงต่อเศรษฐกิจของประเทศ สำหรับความต้องการใช้กระแสไฟฟ้าในปีงบประมาณ 2544 นั้น อยู่ในระดับ 16,126 เมกะวัตต์(เพิ่มขึ้น 8%จากปีงบประมาณที่ผ่านมา) มีจำนวนหน่วยการใช้ไฟฟ้าทั้งสิ้น 103,165 ล้านหน่วย(เพิ่มขึ้น 7%) โดยการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารทั้งในส่วนของการอยู่อาศัยและภาคธุรกิจคิดเป็นสัดส่วนเกินกว่าครึ่งหนึ่งของการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมทั้งหมดของประเทศ

ภาพที่ 1 ทัศนียภาพด้านหน้าอาคารสยามบรมราชกุมารี

อาคารสยามบรมราชกุมารี มหาวิทยาลัยศรีปทุม เป็นอาคารขนาดใหญ่พิเศษตาม พ.ร.บ.ควบคุมอาคาร พ.ศ.2522 มีพื้นที่ใช้สอยมากกว่า 20,000 ตารางเมตร จัดเป็นอาคารควบคุมตามพระ-ราชกฤษฎีกากำหนดอาคารควบคุมพ.ศ.2538 ต้องจัดหาแนวทาง ในการควบคุมการใช้พลังงานรวมของอาคาร อีกทั้งจากการศึกษาปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมของอาคาร พบว่ามีแนวโน้มสูงขึ้นโดยตลอด ดังแผนภูมิเปรียบเทียบการใช้พลังงานระหว่างปีพ.ศ.2539ซึ่งเป็นปีที่เริ่มใช้อาคาร และปีพ.ศ.2542 จำเป็นที่จะต้อง หาสาเหตุของการใช้พลังงานที่สูงขึ้น ศึกษาวิธีแก้ปัญหาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้พลังงานในอาคารนี้ และเสนอแนวทางเพื่อปรับปรุงแก้ไขต่อไป



ภาพที่ 2 การใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารสยามบรมราชกุมารี ระหว่าง ปีพ.ศ.2539 และ ปีพ.ศ.2542

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาและวิเคราะห์ถึงการใช้พลังงานในอาคารสยามบรมราชกุมารี ที่เกี่ยวข้องกับระบบไฟฟ้าแสงสว่างและระบบปรับอากาศในอาคาร ศึกษาความเหมาะสมในการออกแบบ ระบบผนังภายนอกอาคาร(Building Envelope) ระบบแสงสว่าง ระบบปรับอากาศ และพฤติกรรมของผู้ใช้อาคารว่ามีผลต่ออัตราการใช้พลังงานในอาคารอย่างไร เสนอแนวทางปรับปรุง โดยทำการวิเคราะห์ปริมาณการใช้ไฟฟ้า วัดค่าการถ่ายเทพลังงานความร้อนและการกระจายแสงในอาคาร โดยทำการคำนวณหาปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่ลดลง ค่าไฟฟ้าที่ลดลง และระยะเวลาการคืนทุน เพื่อเสนอแนวทางที่เหมาะสมในการปรับปรุงต่อไป

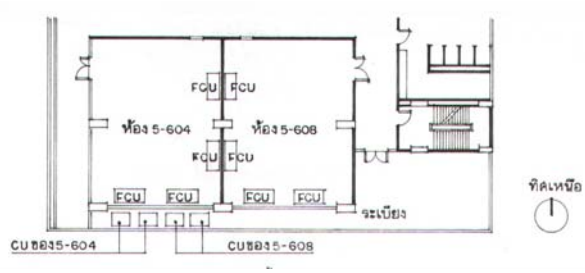
ในการดำเนินงาน ได้ทำการศึกษาใน 3 แนวทางหลัก คือ

1. การลดภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ
2. การปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบแสงประดิษฐ์
3. การนำพลังงานธรรมชาติมาใช้ทดแทนพลังงานไฟฟ้า

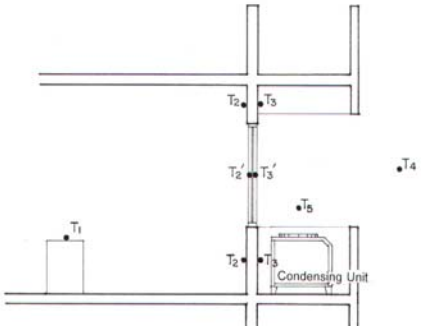
2. แนวทางลดภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ

2.1. การป้องกันภาระความร้อนจาก Condensing Unit

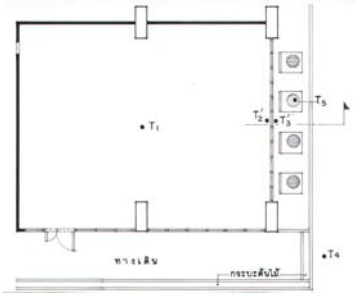
จากการสำรวจอาคารในเบื้องต้น ปัจจัยที่คาดว่าจะมีอิทธิพลต่อภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ คือภาระความร้อนที่เกิดขึ้นจากการระบายความร้อนของ Condensing Unit ที่ไม่สามารถระบายออกสู่ภายนอกอาคารได้โดยสะดวก ทำให้ส่วนหนึ่งของความร้อนเหล่านั้นถ่ายเทกลับเข้าสู่อาคาร



ภาพที่ 3 ผังพื้นห้องบรรยายที่ทำการเก็บข้อมูล



ภาพที่ 4 ภาพตัดแสดงตำแหน่งที่ทำการเก็บข้อมูล



ภาพที่ 5 ผังแสดงตำแหน่งที่ทำการเก็บข้อมูล

จากผลของการศึกษาความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิผิวผนังกับอุณหภูมิอากาศภายนอกห้อง(ΔT_1) พบว่าในวันที่Condensing Unit ไม่ได้ทำงาน อุณหภูมิผิวผนังภายนอกมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศ แต่ในวันที่ Condensing Unit ทำงาน อุณหภูมิผิวผนังภายนอกกลับมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิอากาศมาก ทั้งนี้เนื่องจากการระบายความร้อนของ Condensing Unit ส่งผลกระทบต่ออุณหภูมิผิวผนังภายนอกอาคารโดยตรง

เมื่อพิจารณาผลต่างระหว่างอุณหภูมิผิวผนังภายนอกและภายในอาคาร(ΔT_2) พบว่าในวันที่ Condensing Unit ไม่ได้ทำงาน อุณหภูมิผิวผนังภายนอกและภายในมีค่า ต่างกันเพียง 0.6°C แต่ในวันที่ Condensing Unit ทำงาน อุณหภูมิผิวผนังภายนอกกลับมีค่าสูงกว่า อุณหภูมิผิวผนังภายในถึง 3.29°C

สรุปได้ว่าการระบายความร้อนจาก Condensing Unit ทำให้อุณหภูมิ ผิวผนังก่ออิฐสูงขึ้นถึง 3.29 – 0.6 = 2.69°C สำหรับผนังกระจก เก็บข้อมูลด้วยวิธีเดียวกัน พบว่า การระบายความร้อนจาก Condensing Unit ทำให้อุณหภูมิผิวกระจกสูงขึ้นถึง 1.50 °C

ผลต่างของอุณหภูมิผิวที่เพิ่มขึ้นส่งผลกระทบโดยตรงกับ Cooling Load ของห้อง

2.1.1. ปริมาณความร้อนจาก Condensing Unit

นำผลต่างของอุณหภูมิผิวผนังมาคำนวณปริมาณความร้อนส่วนที่เพิ่มขึ้นของห้องที่ทำการเก็บข้อมูล และนำไปคำนวณภาระการทำความเย็นที่เพิ่มขึ้นได้ดังนี้

ปริมาณความร้อนผ่านผนังก่ออิฐฉาบปูนที่เพิ่มขึ้น

Q_{wall} = U_{wall} x A x ΔT

= 3.105 x 30.15 x 2.69

= 251.83 watts

ปริมาณความร้อนผ่านกระจกที่เพิ่มขึ้น

Qglass = U_{glass} x A x ΔT

= 5.839 x 11.7 x 1.50

= 102.47 watts

ปริมาณความร้อนรวมที่เพิ่มขึ้นจาก Condensing Unit (กรณีห้อง 5-604)

$Q_{5\text{-}604}$ = 251.83 + 102.47 = 354.30 watts

จากสมการ 0.2928 watts = 1 Btu/h

354.30 watts = $\frac{1}{0.2928}$ x 354.30

= 1,210.04 Btu/h

เครื่องปรับอากาศของห้องที่ทำการเก็บข้อมูลมีค่า EER = 8.32

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้สำหรับการระบายความร้อนที่เพิ่มขึ้น สำหรับห้องที่ทำการเก็บข้อมูล

= $\frac{1,210.04}{8.32}$ = 145.44 watts

= 0.1454 kW

นำข้อมูลที่ได้มาเปรียบเทียบหาอัตราการใช้ไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นทั้งอาคารในรอบปี สรุปได้ว่าห้องปรับอากาศที่ได้รับอิทธิพลจากการระบายความร้อนของ Condensing Unit ทำให้อาคารสยามบรมราชกุมารี ต้องใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้น 18,027.12 kWh ต่อปี

2.1.2. ค่าใช้จ่ายพลังงานที่เพิ่มขึ้นจากภาระความร้อนของ Condensing Unit

อาคารสยามบรมราชกุมารี มีการติดตั้ง Condensing Unit ที่ระเบียงอาคารทั้งทางทิศเหนือ และทิศใต้ ตั้งแต่ชั้นที่ 3 – 15 สามารถคำนวณค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น/ปี ดังที่ปรากฏใน ตาราง 5.14.

ความร้อนทั้งหมดที่อาคารได้รับเพิ่มขึ้นจากการระบายความร้อนของ Condensing Unit = 59,291.96 Btu/hr. พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ = 18,027.12 kW.h/yr.

คิดเป็นค่าไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น ดังนี้

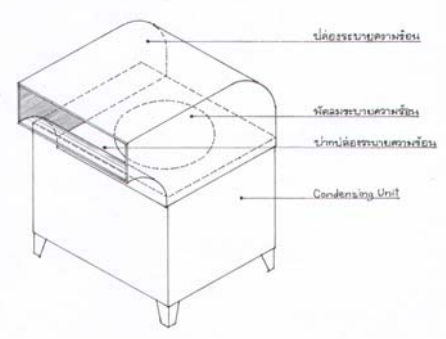
ค่าความต้องการไฟฟ้า	16,756.72 บาท/ปี
ค่าพลังงานไฟฟ้า	30,286.01 บาท/ปี
ค่าไฟฟ้าผันแปร(Ft.)	4,346.39 บาท/ปีผลรวม
ค่าไฟฟ้าที่ใช้เพิ่ม	51,389.12 บาท/ปี

2.1.3. การลดผลกระทบจากการระบายความร้อนของ Condensing Unit

ส่วนระบายความร้อนของเครื่องปรับอากาศ (Condensing Unit) ของอาคารนี้เป็นแบบเป่าขึ้นด้านบน ทำให้ความร้อนที่ลอยขึ้นสามารถถ่ายเทสู่ผนังอาคารและกระจก โดยการพา(Convection) และการแผ่รังสี (Radiation) ได้คำนวณและแสดงผลในรูปของปริมาณความร้อนที่เพิ่มขึ้น ทำให้มีค่าใช้จ่ายด้านพลังงานสูงขึ้นตามไปด้วย วิธีแก้ไข ทำได้ 2 แนวทางคือ

- ลดค่า U - value ของเปลือกอาคาร โดยการทำ Double Pane Glass และ ลดค่า U – value ของผนังทึบ โดย ติดตั้งฉนวนกันความร้อนให้กับผนังทึบ

- การทำปล่องระบายความร้อนให้ออกสู่ภายนอกอาคารโดยตรง มีรายละเอียดดังภาพ



ภาพที่ 6 ปล่องระบายความร้อนจาก Condensing Unit ออกสู่ภายนอก

พิจารณาความเป็นไปได้ในการปรับปรุงอาคารและการลงทุน การลดค่า U – value ของเปลือกอาคาร โดยการติดตั้ง Double Pane Glass จำเป็นต้องมีการเปลี่ยนวงกบและกรอบบานอลูมิเนียมของทั้งอาคาร จึงเลือกใช้วิธีการติดตั้งปล่องระบายความร้อน

จากการติดตั้งปล่องระบายความร้อนกับห้องทดสอบเดิม ผลปรากฏว่าความ-แตกต่างระหว่างอุณหภูมิผิวภายนอกและภายในมีค่าลดลงมาก โดยค่าเฉลี่ยความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิผิวผนังภายนอกและภายใน(ΔT) มีค่า 1.09°C ลดลงจากเดิม 3.29 – 1.09 = 2.20°C และความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิผิวกระจกภายนอกและภายใน(ΔT) มีค่า 0.41°C ลงจากเดิม 1.50 – 0.41 = 1.09°C

2.1.4. ผลตอบแทนในการติดตั้งปล่องระบายความร้อน

จากการคำนวณการใช้ไฟฟ้าทั้งอาคาร หากมีการติดตั้งปล่องระบายความร้อน ตามรูปแบบในภาพประกอบ 5. เพื่อระบายความร้อนจาก Condensing Unit ไม่ให้ส่งผลกระทบต่อผนังอาคาร ด้านทิศใต้และทิศเหนือ จะสามารถลดค่าความต้องการไฟฟ้าได้ 5.71 กิโลวัตต์ ลดการใช้พลังงานในส่วนนี้ลงได้ 14,267.47 กิโลวัตต์ต่อปี และลดค่ากระแสไฟฟ้าได้ 41,227.85 บาทต่อปี หรือ 3,435.65บาทต่อเดือน ทำการติดตั้งปล่องระบายความร้อนที่ทุกหน่วยของ Condensing Unit ที่มีการระบายความร้อนสู่ผนัง และช่องเปิดของอาคาร จำนวน 156 หน่วย การลงทุนต่อหน่วย 500 บาท

งบประมาณการลงทุน 500 x 156 = 78,000 บาท

ค่ากระแสไฟฟ้าต่อเดือนที่ลดลง 3,435.65 บาท

อัตราดอกเบี้ยต่อปี 5.00 %

ตารางที่ 1 การคำนวณระยะเวลาคืนทุนของการติดตั้งปล่องระบายความร้อน

no. of months	interest	actual montly	adjustment	
1	325	3,111	74,889	
2	312	3,124	71,766	
3	299	3,137	68,629	
4	286	3,150	65,479	
5	273	3,163	62,317	
6	260	3,176	59,141	
7	246	3,189	55,951	
8	233	3,203	52,749	
9	220	3,216	49,533	
10	206	3,229	46,304	
11	193	3,243	43,061	
12	179	3,256	39,805	ปีที่ 1
13	166	3,270	36,535	
14	152	3,283	33,252	
15	139	3,297	29,954	
16	125	3,311	26,644	
17	111	3,325	23,319	
18	97	3,338	19,980	
19	83	3,352	16,628	
20	69	3,366	13,262	
21	55	3,380	9,881	
22	41	3,394	6,487	
23	27	3,409	3,078	
24	**13**	**3,423**	**- 345**	**ปีที่ 2**

สามารถคืนทุนได้ภายในเดือนที่ 24 หรือ 2 ปี

2.2 การปรับปรุงประสิทธิภาพในการกันแดดของอาคาร

ผนังอาคารด้านที่ได้รับอิทธิพลจากการแผ่รังสีโดยตรงจากดวงอาทิตย์มากที่สุดคือด้านทิศใต้ และด้านทิศตะวันตก ส่งผลเพิ่มภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ การปรับปรุงประสิทธิภาพในการกันแดดของอาคาร จะช่วยลดภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศลง ช่วยลดการใช้พลังงานในอาคารได้อีกทาง

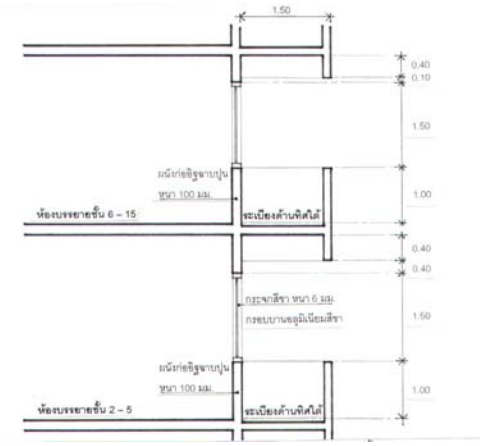
ความสามารถในการกันแดดของอาคาร แสดงได้ด้วยค่าสัมประสิทธิ์ในการกันแดด(Shading Coefficient, SC) ซึ่งประกอบด้วย 2 ส่วนคือ สัมประสิทธิ์ในการกันแดดของกระจก และสัมประสิทธิ์ในการกันแดดของอุปกรณ์กันแดด สำหรับอาคารสยามบรมราชกุมารี ค่า SCของกระจกที่ใช้ในปัจจุบัน คือ 0.71

การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การกันแดดของอาคารทางด้านทิศใต้ และทิศตะวันตก เพื่อนำมาหาค่าการถ่ายเทความร้อนรวม และเสนอรูปแบบของอุปกรณ์กัน

แดดที่สามารถลดค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคารลงได้

2.2.1 การปรับปรุงอุปกรณ์กันแดดอาคารทางทิศใต้

ภาพที่ 7 อุปกรณ์กันแดดอาคารทางทิศใต้



ภาพที่ 8 รูปตัดแสดงรายละเอียดผนังอาคารด้านทิศใต้แต่ละชั้น

อาคารด้านทิศใต้มีระยะความสูงจากพื้นถึงพื้นที่ต่างกัน ระหว่างอาคารชั้นที่ 2 - 5 กับ อาคารชั้นที่ 6 - 15 ทำให้ต้องออกแบบอุปกรณ์กันแดดที่มีลักษณะเฉพาะ

ตารางที่ 2 ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคารด้านทิศใต้ ชั้นที่ 2 – 5 ก่อนปรับปรุง

รหัสผนัง	Aw	Uw	TDeq	AF	UF	T	SF	SC	Q
Wall 1 (ผนัง)	171.72	3.105	10	.-	.-	.-	.-	.-	5331.91
Wall 2 (หน้าต่าง)	.-	.-	.-	93.6	5.89	5	178.20	0.49	10930.89
รวม	171.72			93.6					16262.79
	265.32								

ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคารด้านทิศใต้ ชั้น 2–5 ก่อนทำการปรับปรุง = 16262.79/ 265.32

= 61.30 watts/sq.m.

ตารางที่ 3 การถ่ายเทความร้อนรวมของอาคารด้านทิศใต้ ชั้นที่ 2 –5 ที่เสนอให้ทำการปรับปรุง

รหัสผนัง	Aw	Uw	TDeq	AF	UF	T	SF	SC	Q
Wall 1(ผนัง)	516.6	3.105	10	.-	.-	.-	.-	.-	16040.43
Wall 2 (หน้าต่าง)	.-	.-	.-	327.6	5.89	5	178.20	0.39	32420.28
	516.6			327.6					
รวม	844.2								48460.71

ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคารด้านทิศใต้ ชั้น 2 –5 ที่เสนอให้ปรับปรุง = 48460.71/ 844.2

= 54.70 watts/sq.m.

ตารางที่ 4 ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคารด้านทิศใต้ ชั้นที่ 6 – 15 ก่อนทำการปรับปรุง

รหัสผนัง	Aw	Uw	TDeq	AF	UF	T	SF	SC	Q
Wall 1(ผนัง)	516.6	3.105	10	.-	.-	.-	.-	.-	16040.43
Wall 2 (หน้าต่าง)	.-	.-	.-	327.6	5.89	5	178.20	0.47	37090.54
รวม	516.6			327.6					53130.97
	844.2								

ค่าการถ่ายเทความร้อนรวม ของอาคารด้านทิศใต้ ชั้น6–15 ก่อนการปรับปรุง = 53130.97/ 844.2

= 62.94 watts/sq.m.

ตารางที่ 5 การถ่ายเทความร้อนรวมของอาคารด้านทิศใต้ ชั้นที่ 6–15 ที่เสนอให้ทำการปรับปรุง

รหัสผนัง	Aw	Uw	TDeq	AF	UF	T	SF	SC	Q
Wall 1 (ผนัง)	516.6	3.105	10	.-	.-	.-	.-	.-	16040.43
Wall 2 (หน้าต่าง)	.-	.-	.-	327.6	5.89	5	178.20	0.39	32420.28
	516.6			327.6					
รวม	844.2								48460.71

ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคารด้านทิศใต้ ชั้น 6 –15 ที่เสนอให้ปรับปรุง = 48460.71/ 844.2

= 57.40 watts/ sq.m.

ตารางที่ 6 เปรียบเทียบค่า SC และ OTTV ของอาคารด้านทิศใต้ก่อนและหลังปรับปรุง

ผนังอาคารด้านทิศใต้	ก่อนการปรับปรุง				ภายหลังการปรับปรุง			
	กระจกสีชา	อุปกรณ์กันแดด		OTTV	กระจกสีชา	อุปกรณ์กันแดด		OTTV
	SC	SC 1	SC 2	(watts/sq.m.)	SC	SC 1	SC 2	(watts/sq.m.)
ชั้น 2-5	0.71	0.69	.-	61.30	0.71	0.57	.-	55.64
ชั้น 6-15	0.71	0.62	.-	61.55	0.71	0.55	.-	57.40

คำนวณหาอัตราและปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ลดลง ได้ดังนี้<u>อาคารด้านทิศใต้ ชั้นที่ 2 – 5</u>

ค่า OTTV ของผนังอาคารลดลง 61.30 – 55.64

= 5.66 วัตต์/ตารางเมตร

พื้นที่ผนังอาคาร = 265.32 ตารางเมตร

ความร้อนที่ถ่ายเทผ่านผนังลดลง = 5.66 x 265.32 = 1,501.71 watts

คำนวณพลังงานที่ลดลง ได้ดังนี้

จากสมการ 0.2928 watts = 1 Btu/hr.

1,501.71 watts = $\frac{1}{0.2928}$ x 1,501.71

= 5,128.80 Btu/hr.

เมื่อมีการติดตั้งอุปกรณ์กันแดดเพิ่มเติมทางทิศใต้ตั้งแต่ชั้น 2 – 15 เพื่อลดการแผ่รังสีโดยตรงจากดวงอาทิตย์ต่อผนังอาคารด้านนี้ จะสามารถลดค่าความต้องการไฟฟ้าได้ = 0.63 + 1.04 =1.67 kW ลดการใช้พลังงานในส่วนนี้ลงได้

= 1,562.50 + 2600.00 = 4,162.50 kWhต่อปี

และลดค่ากระแสไฟฟ้าได้

= 4,515.07 + 7,513.06 = 12,028.13 บาทต่อปี

หรือเท่ากับ 1002.34 บาทต่อเดือน

ทำการติดตั้งอุปกรณ์กันแดดต่อจากปลายกันสาดเดิม ความยาว 18 เมตรต่อชั้น ชั้นที่ 2 - 5 ค่าวัสดุและค่าติดตั้งเป็นเงิน 400 บาทต่อเมตร และชั้นที่ 6-15 เป็นเงิน 380 บาทต่อเมตร งบประมาณการลงทุน

= (400 x 18 x 4) +(380 x 18 x 10)

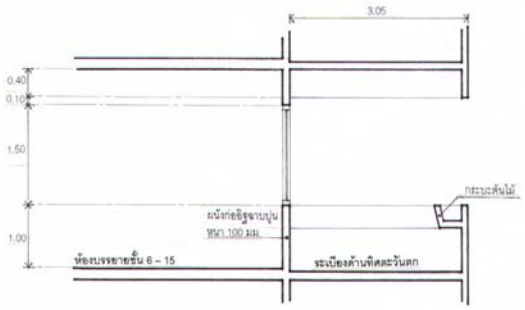
= 97,200 บาท

ค่ากระแสไฟฟ้าต่อเดือนที่ลดลง 1002.34 บาท

อัตราดอกเบี้ยต่อปี 5.00 %ระยะเวลาคืนทุน จะอยู่ที่เดือนที่ 125 หรือเท่ากับ 10 ปี 5 เดือน

2.2.2.การปรับปรุงอุปกรณ์กันแดดอาคารทางทิศตะวันตก

ภาพที่ 9 ระเบียงทางเดินอาคารด้านทิศตะวันตก



ภาพที่ 10 รูปตัด แสดงรายละเอียดผนังอาคารด้านทิศตะวันตกแต่ละชั้น

ตารางที่ 7 ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคารด้านทิศตะวันตก ชั้น 6 – 15 ก่อนทำการปรับปรุง

รหัสผนัง	A_w	U_w	TD_{eq}	A_F	U_F	T	SF	SC	Q
Wall 1 (ผนัง)	695.1	3.105	10.00	.-	.-	.-	.-	.-	21582.86
Wall 2 (หน้าต่าง)	.-	.-	.-	467.00	5.893	5.00	171.5	0.49	52924.41
Wall 3 (ประตู)	.-	.-	.-	97.9	5.893	5.00	171.5	0.50	11279.55
รวม	695.1			564.90					**85786.81**
	1260								

ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคารด้านทิศตะวันตก ชั้น 6-15 ก่อนปรับปรุง = 85786.81/ 1260

= 68.08 watts/sq.m.

ตารางที่ 8 ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคารด้านทิศตะวันตก ชั้น 6 – 15 ที่เสนอให้ปรับปรุง

รหัสผนัง	A_w	U_w	TD_{eq}	A_F	U_F	T	SF	SC	Q
Wall 1 (ผนัง)	695.1	3.105	10.00	.-	.-	.-	.-	.-	21582.86
Wall 2 (หน้าต่าง)	.-	.-	.-	467.00	5.893	5.00	171.5	0.426	47878.71
Wall 3 (ประตู)	.-	.-	.-	97.9	5.893	5.00	171.5	0.426	10037.10
รวม	695.1			564.90					**79498.66**
	1260								

ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคารด้านทิศตะวันตก ชั้น 6-15

ที่เสนอให้ทำการปรับปรุง = 79498.66/1260

= 63.09 watts / sq.m.

เมื่อมีการติดตั้งอุปกรณ์กันแดดเพิ่มเติม ทางด้านทิศตะวันตก เพื่อไม่ให้การแผ่รังสีโดยตรงจากดวงอาทิตย์ส่งผลกระทบต่อผนังอาคาร จะสามารถลดค่าความต้องการไฟฟ้าได้ 3.24 kWลดการใช้พลังงานในส่วนนี้ลงได้ 8,100.00 kWh/ปี และลดค่ากระแสไฟฟ้าได้ 23,406.08 บาท/ปี หรือเท่ากับ 1,950.51 บาท/เดือน

รูปแบบของอุปกรณ์กันแดด แสดงในภาพ 11. ทำการติดตั้งที่ปลายกันสาด ตั้งแต่ชั้นที่ 6 – 15 รวม 10ชั้น ความยาว 47 เมตรต่อชั้น ค่าก่อสร้าง 400 บาท ต่อเมตร

งบประมาณการลงทุน

= 400 x 47 x10 =188,000 บาท

ค่ากระแสไฟฟ้าต่อเดือนที่ลดลง 1,950.51 บาท

อัตราดอกเบี้ยต่อปี 5.00 %

ระยะเวลาคืนทุน จะอยู่ที่เดือนที่ 124 หรือเท่ากับ 10 ปี 4 เดือน

2.3 การปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบแสงสว่าง

อาคารสยามบรมราชกุมารีนี้มีพื้นที่อาคารบางส่วนที่ไม่อาจนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้งานได้เลย ดังนั้นแนวทางการปรับปรุงระบบแสงสว่างสำหรับอาคารนี้จึงมุ่งประเด็นเกี่ยวกับการออกแบบปรับปรุงจำนวนดวงโคมและการกระจายแสงให้มีค่าเหมาะสมสำหรับการใช้งาน การใช้อุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพ และใช้พลังงานไฟฟ้าต่ำ

พื้นที่ส่วนใหญ่ของอาคารสยามบรมราชกุมารีเป็นห้องบรรยาย ทำการวัดค่าความสว่างที่ระดับใช้งาน (Working Plane)ของห้องบรรยายในอาคาร พบว่าระดับความสว่างบางจุดมีค่าต่ำกว่ามาตรฐาน ทั้งนี้เป็นเพราะประสิทธิภาพที่ลดลงของดวงโคมเมื่อผ่านการใช้งาน และ ลักษณะโครงสร้างของห้องที่มีโครงสร้างขนาดใหญ่ขัดขวางทิศทางการกระจายแสง

จากผลสำรวจการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่าง อาคารสยามบรมราชกุมารี มีค่าความต้องการพลังไฟฟ้าในระบบแสงสว่างถึง 223.64 kW. และมีการใช้พลังงานไฟฟ้าถึง 362,513 kWh/yr. การแก้ปัญหาเกี่ยวกับการใช้พลังงานในเบื้องต้น ผู้ดูแลอาคารได้ทำการลดจำนวนหลอดต่อโคม จาก 3 เป็น 2 หลอดต่อโคม สำหรับห้องบรรยายที่มีหน้าต่าง 2 ด้าน แต่ก็ก่อให้เกิดปัญหาระดับความสว่างไม่เพียงพอในบางจุด อีกทั้งการที่อาคารนี้มีการใช้งานถึงเวลา 21.00น. ซึ่งไม่อาจใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติได้ ทำให้ระดับความสว่างที่มีค่าต่ำกว่ามาตรฐานอยู่แล้วยิ่งมีค่าต่ำลงอีก ดังนั้นแนวทางการประหยัดพลังงานที่ในระบบแสงสว่างของ

อาคารสยามบรมราชกุมารี ควรเป็นการพิจารณาใช้หลอดไฟที่มีประสิทธิภาพในการให้แสงสว่าง ใช้พลังงานไฟฟ้าน้อย ขณะเดียวกันก็ต้องทำการคำนวณจำนวนหลอดไฟ และการติดตั้งดวงโคมที่ให้ค่าความสว่างตามมาตรฐานการใช้งานอาคารด้วย

เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการส่องสว่างระหว่างหลอดไฟ 3 ประเภท คือ หลอดฟลูออเรสเซนต์ รุ่นมาตรฐาน 'TL'D ซึ่งเป็นหลอดที่อาคารนี้ใช้อยู่หลอด 'TL'D SUPER 80 ซึ่งเคลือบสารฟลูออเรสเซนต์ 2 ชั้น และหลอด'TL'5 สรุปข้อมูลดังตาราง 9.

ตารางที่ 9 ข้อมูลด้านแสงสว่างและการใช้พลังงานของหลอดฟลูออเรสเซนต์

ชนิดหลอด	ขนาด (watts)	ชนิดแสง	ความสว่าง (lumens)	ประสิทธิภาพ (lumens/watt)	อายุใช้งาน (ชั่วโมง)	ราคา/หลอด (บาท)
TL'D	36	Daylight	2600	72.22	15,000	52
TL'D	18	Daylight	1030	57.22	15,000	44
TL'D SUPER 80	36	Daylight	3250	90.28	15,000	72
TL'D SUPER 80	18	Daylight	1300	72.22	15,000	64
TL'5	28	Daylight	2900	103.57	15,000	120

ที่มา : บริษัท ฟิลิปส์อิเล็กทรอนิกส์(ประเทศไทย) จำกัด

แม้ว่าหลอด 'TL'5 มีประสิทธิภาพในการส่องสว่างสูงที่สุด แต่เนื่องจาก ความยาวของหลอดที่แตกต่าง ทำให้ไม่สามารถติดตั้งกับดวงโคมที่มีอยู่เดิมได้ ต้องมีการเปลี่ยนดวงโคมซึ่งจะทำให้เสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นมาก ไม่คุ้มต่อการลงทุน ส่วนหลอด'TL'D SUPER 80 นั้นสามารถใช้ร่วมกับอุปกรณ์เดิมได้ทั้งหมด มีประสิทธิภาพความสว่างต่อการใช้พลังงานสูงกว่าหลอด 'TL'D ทำให้สามารถลดจำนวนหลอดไฟในแต่ละห้องลงได้

การคำนวณจำนวนดวงโคมที่เหมาะสม สำหรับแต่ละพื้นที่การใช้งานของอาคาร เลือกทำการพิจารณาส่วนห้องบรรยายและสำนักงานเป็นหลัก เพราะเป็นพื้นที่ส่วนใหญ่ของอาคารนี้ คำนวณโดยใช้วิธี Zonal Cavity เพื่อหาปริมาณความสว่างที่ต้องการของแต่ละห้อง และนำไปหาจำนวนดวงโคมต่อไป

จากการปรับปรุงค่าการสะท้อนแสงของเพดาน ผนัง และพื้น ของห้องบรรยายให้มีค่าเป็น 50, 50 และ 70% ตามลำดับ เปลี่ยนหลอดไฟจากฟลูออเรสเซนต์ 'TL'Dเป็น 'TL'D Super 80

นำข้อมูลจากการปรับปรุง มาคำนวณหาจำนวนหลอดไฟที่ปรับปรุงใหม่ด้วยวิธี Zonal Cavity จำนวนหลอดไฟที่จำเป็นต้องใช้ใช้มีจำนวนลดลงสรุปข้อมูลได้ดังตาราง 10.

ตารางที่ 10 สรุปจำนวนหลอดไฟในแต่ละห้องจากการคำนวณด้วยวิธี Zonal Cavity

ห้อง	พื้นที่	ก่อนการปรับปรุง		การคำนวณโดยวิธี Zonal Cavity	
		หลอดไฟ	จำนวน	หลอดไฟ	จำนวน
5-205	33.33 x 85.67	TL'D	90	TL'SUPER 80	60
5-303	51.3 x 62	TL'D	105	TL'SUPER 80	70
5-403	33.33 x 47.67	TL'D	60	TL'SUPER 80	40
5-601	26 x 41.67	TL'D	36	TL'SUPER 80	32
5-602	33.33 x 26.67	TL'D	27	TL'SUPER 80	21
5-1205	33.33 x 53.67	TL'D	54	TL'SUPER 80	40

2.4 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าในระบบแสงสว่าง

เมื่อมีการปรับปรุงอาคารด้านระบบแสงสว่าง โดยการเปลี่ยนหลอดไฟ และ ปรับจำนวนหลอดไฟดังรายละเอียดในตารางที่ 10. นำผลที่ได้มาคำนวณหาค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า และปริมาณการใช้ไฟฟ้าในระบบแสงสว่าง เปรียบเทียบกับการใช้พลังงานไฟฟ้าก่อนการปรับปรุง ค่าความต้องการพลังงานภายหลังการปรับปรุง จะลดลงถึง 240.4 – 206.4 = 34 kW. และพลังงานไฟฟ้าที่ใช้จะลดลง = 553,377.6 – 472,309.2 = 81068.4 kWh/yr. ผลรวมค่าไฟฟ้าที่ลดลงสำหรับการปรับปรุงระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

= ค่าความต้องการไฟฟ้า + ค่าพลังงานไฟฟ้า + ค่า(Ft.)

= 80,090.4 + 138,059.5 + 19,813.1

= 237,963 บาท / ปี หรือ 19,830.25 บาทต่อเดือน

2.5 ระยะเวลาคืนทุนการปรับปรุงประสิทธิภาพระบบแสงสว่าง

งบประมาณลงทุน 315,400 บาท

ค่ากระแสไฟฟ้าต่อเดือนที่ลดลง 19,830.25 บาท

อัตราดอกเบี้ยต่อปี 5.00 %
ระยะเวลาคืนทุนจะอยู่ภายในเดือนที่ 13 หรือ 1 ปี 1 เดือน

3. การใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์

การนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ สามารถทำได้โดยตรงในรูปของการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคาร หรือการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์

3.1. การนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคาร

ส่วนที่สามารถใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติได้คือโถงอเนกประสงค์ ชั้น 1 ปัจจุบันมีการนำแสงธรรมชาติมาใช้ให้ความสว่างทดแทนแสงประดิษฐ์อยู่แล้ว

ส่วนทางเดินหน้าห้องบรรยายด้านทิศตะวันตก จากการทดลองเปรียบเทียบระดับความสว่างของทางเดิน ได้ผลคือในเวลากลางวัน ระดับความสว่างจากแสงธรรมชาติในบริเวณนี้มีค่าเพียงพอ จนถึงเวลา 17.30 น. จึงใช้แสงประดิษฐ์ ซึ่งการเปิดดวงโคมเพียงครึ่งหนึ่งก็ให้ระดับความสว่างที่พอเพียง ดังนั้นข้อเสนอแนะ คือให้ใช้แสงธรรมชาติทั้งหมด จนถึงเวลา 17.30 น. ในการใช้แสงประดิษฐ์คือการเปิดดวงโคมทั้งหมดให้ทำเฉพาะเวลา 17.30 – 21.00 น. รวม 3 ชั่วโมง 30 นาที และซึ่งจะลดปริมาณการใช้พลังงานได้ถึง

15,069.60 – 5,382.00 = 9,687.60 kWh ต่อปี

3.2. การติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์

ความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดของอาคารสยามบรมราชกุมารี มีค่าถึง 981 kW. และค่าพลังงานที่ใช้ในหนึ่งวัน มีค่าเฉลี่ย 8,400 kWh ต่อวัน ซึ่งไม่อาจใช้พลังงานใช้พลังงานแสงอาทิตย์ทดแทนได้ทั้งหมด ดังนั้นจึงคำนวณจากจำนวนแผงของเซลล์แสงอาทิตย์ที่สามารถติดตั้งได้ในอาคารนี้ หากำลังไฟฟ้าทั้งหมดที่เซลล์สามารถผลิตได้ และพิจารณาการนำไปใช้ในส่วนที่เหมาะสม

ตำแหน่งที่เหมาะสมสำหรับติดตั้งแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ คือบริเวณชั้นดาดฟ้าของอาคาร ซึ่งไม่มีเงาอาคารที่สูงกว่ามาเป็นอุปสรรค

ดาดฟ้ามีพื้นที่ 21.5 x 50 ตารางเมตร

เซลล์แสงอาทิตย์ 1 แผงมีขนาด 0.82x1.62 เมตร

ผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ 150 Wh

ติดตั้งได้สูงสุดจำนวน 672 แผง

ผลิตพลังงานไฟฟ้าได้รวม 150 x 672 = 100,800 Wh ใช้ทดแทนความต้องการพลังงานไฟฟ้าในหนึ่งวัน(Wh) ได้เท่ากับ233,050 Wh

จากข้อมูลผลรวมปริมาณการใช้ไฟฟ้าในระบบแสงสว่างในส่วนของอาคารชั้น 15-16 มีค่า 223,000 Wh ซึ่งใกล้เคียงกับความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดที่อาคารสามารถผลิตได้ 1 วัน จึงอาจใช้พลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์ทดแทนในส่วนอาคารชั้น 15 - 16ได้ โดยจะต้องติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ที่ให้กำลังไฟฟ้า

= 223,000/ (4,000 X 0.8 X 0.85 X 0.85/1,000)

= 96,453.29 Wh

จากข้อมูล แผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ รุ่น SP 150 สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ 150 Wh ดังนั้นจะต้องใช้เป็นจำนวน 96,453.29 / 150 = 644 แผง

หากมีการใช้พลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์ทดแทนในระบบแสงสว่าง ดังรายละเอียดที่ได้กล่าวมาแล้ว ค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าจะลดลง 23.69 kW. และพลังงานไฟฟ้าที่ใช้จะลดลง

223.00 kWh x 250 วัน = 55,750 kWh/yr.

คำนวณค่าไฟฟ้าที่ลดลงได้ดังนี้

อัตราค่าความต้องการไฟฟ้าต่อปี= 196.3 x 12
= 2,355.6 บาท / kW.

ค่าความต้องการไฟฟ้าที่ลดลง = 2,355.6 x 23.69
= 55,804.16 บาท/ปี

ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ลดลง = 1.703 x 55,750
= 94,942.25 บาท / ปี

ค่าไฟฟ้าผันแปร(Ft.) ที่ลดลง = 0.2444 x 55,750
= 13,625.3 บาท / ปี

ผลรวมค่าไฟฟ้าที่ลดลง สำหรับการใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ในระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

= 55,804.16 + 94,942.25 + 13,625.3

= 164,371.71 บาท / ปี หรือ 13,697.64 บาทต่อเดือน

3.3. ผลตอบแทนในการติดตั้งแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์

แผงรับพลังงานแสงอาทิตย์รวม 644 แผง มีพื้นที่เซลล์รับแสงอาทิตย์ 1.31 x 644 = 843.64 ตารางเมตร

ราคาโดยเฉลี่ย 20,000 บาทต่อตารางเมตร

งบประมาณในการลงทุน

843.64 x 20,000 = 16,872,800 บาท

คำนวณหาอัตราตอบแทน โดยคิดที่อัตราดอกเบี้ยร้อยละ 5 ต่อเดือน จะเห็นว่าค่ากระแสไฟฟ้าต่อเดือนที่ลดลงมีค่าน้อยกว่าดอกเบี้ยต่อเดือนมากทำให้ไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน จึงไม่สมควรลงทุนในกรณีนี้

4. บทสรุป

จากการเก็บข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล และเสนอแนวทางปรับปรุง การใช้พลังงานที่เหมาะสมสำหรับอาคารสยามบรมราชกุมารี เพื่อลดภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ เพิ่มประสิทธิภาพการใช้แสงประดิษฐ์ในอาคาร และการใช้พลังงานธรรมชาติทดแทนพลังงานไฟฟ้าโดยวิธีการต่างๆ การปรับปรุงในแต่ละแนวทางสามารถลดความต้องการพลังงาน และปริมาณการใช้พลังงานได้มากน้อยต่างกัน ดังตาราง

ตารางที่ 11 คาดการณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้า และค่าไฟฟ้าที่ลดลงภายหลัง การปรับปรุงอาคาร

	ค่าความต้องการพลังไฟฟ้าที่ลดลง		ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ลดลง		ค่า Ft. ที่ลดลง	รวมค่าใช้จ่ายที่ลดลง
	kW.	บาท/ปี	kWh/yr.	บาท/ปี	บาท/ปี	บาท/ปี
การติดตั้งปล่องระบายความร้อน	5.71	13,443.38	########	24,297.50	3,486.97	41,227.85
การปรับปรุงค่า SC ผนังทิศใต้ ชั้น 2- 5	0.63	1,472.25	1,562.50	2,660.94	381.88	4,515.07
การปรับปรุงค่า SC ผนังทิศใต้ ชั้น 6 - 1	1.04	2,449.82	2,600.00	4,427.80	635.44	7,513.06
การปรับปรุงค่า SC ผนังทิศตะวันตก ชั้น 6 - 15	3.24	7,632.14	8,100.00	13,794.30	1,979.64	23,406.08
การปรับปรุงปริมาณการส่องสว่าง การปรับเปลี่ยนชนิดหลอดไฟ	34.00	80,090.40	########	938,059.50	19,813.10	237,963.00
การใช้แสงธรรมชาติทดแทนแสงประดิษฐ์	.-	.-	9,687.60	16,497.98	2,367.65	18,865.63
การติดตั้ง Solar Cell	23.69	55,804.16	########	94,942.25	13,625.30	164,371.71

โดยพิจารณาควบคู่ไปกับงบประมาณในการลงทุน เพื่อคำนวณหาอัตราผลตอบแทนที่ได้รับและหาข้อสรุปในการปรับปรุง ที่เกิดประโยชน์สูงสุด สรุปได้ว่าว่า การติดตั้งปล่องระบายความร้อนที่ Condensing Unit จำนวน 156 หน่วย เพื่อลดภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ ที่ได้รับผลกระทบจากการระบายความร้อนของ Condensing Unit จะช่วยลดค่ากระแสไฟฟ้าได้ 41,227.85 บาท ระยะเวลาคืนทุน 24 เดือนหรือ 2ปี

การปรับปรุงปริมาณการส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ โดยการเปลี่ยนมาใช้หลอดไฟ Fluorescent ที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้นอีก 25% และทำการคำนวณหาจำนวนดวงโคมใหม่ให้เหมาะสมกับพื้นที่ใช้งานและค่าความสว่างของหลอดไฟ(lumen)ที่เพิ่มขึ้น สามารถลดจำนวนดวงโคมลงได้ ทำให้ลดค่ากระแสไฟฟ้าที่ใช้ในระบบแสงสว่างได้ 237,963 บาทต่อปี โดยมีค่าใช้จ่ายในการลงทุน 315,400 บาท ระยะเวลาคืนทุนภายในเดือนที่ 17 หรือ 1 ปี 5 เดือน

การติดตั้งอุปกรณ์กันแดด สำหรับช่องเปิดอาคารด้านทิศใต้ จะสามารถลดค่าไฟฟ้าลงได้ 12,058 บาทต่อปี งบประมาณในการลงทุน 97,200 บาท ระยะเวลาคืนทุน 125 เดือน หรือ 10 ปี 5 เดือน ส่วนการติดตั้งอุปกรณ์กันแดด สำหรับช่องเปิดอาคารด้านทิศตะวันตก จะสามารถลดค่าไฟฟ้าลงได้ 23,406 บาทต่อปี งบประมาณในการลงทุน 188,000 บาท ระยะเวลาคืนทุน 124 เดือน หรือ 10 ปี 4 เดือน การติดตั้งอุปกรณ์กันแดดหรืออีกนัยหนึ่งคือการปรับปรุงค่า Shading Coefficient นั้น ถึงแม้จะใช้ระยะเวลาคืนทุนค่อนข้างนาน แต่ก็สมควรดำเนินการ เพราะเป็นการลดการใช้พลังงานรวมของอาคารลง อีกทั้งสถานการณ์ด้านพลังงานไฟฟ้ายังมีแนวโน้มการขึ้นค่ากระแสไฟฟ้าส่งผลให้ระยะเวลาคืนทุนสั้นลง

การใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติ ทดแทนแสงประดิษฐ์ ในบางพื้นที่และบางเวลา อาทิ โถง ทางเดิน ด้านทิศตะวันตก, ห้องน้ำ จะช่วยลดค่าไฟฟ้าในระบบแสงสว่างลงได้อีก 18,865 บาทต่อปี โดยไม่ต้องใช้งบประมาณในการลงทุนเลย

ส่วนการนำพลังงานจากแสงอาทิตย์มาใช้ในรูปแบบของ เซลแสงอาทิตย์(Solarcell) โดยใช้แผง Solarcell เป็นตัวแปลงพลังงานจากแสงอาทิตย์มาประจุ

ไว้ในรูปกระแสไฟฟ้านั้น เนื่องจากปัจจุบัน แผง Solarcell ยังมีราคาสูงมาก มีอายุการใช้งานที่จำกัด คือ ประมาณ 10 ปี อีกทั้งประสิทธิภาพที่ลดลงตามอุณหภูมิ จึงยังไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน ซึ่งเป็นข้อสรุปได้ว่า การนำพลังงานจากธรรมชาติมาใช้โดยตรง เช่นใช้แสงธรรมชาติทดแทนแสงประดิษฐ์ โดยไม่ต้องผ่านอุปกรณ์ใดๆ ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว เป็นแนวทางที่ดีที่สุดในการนำพลังงานจากธรรมชาติมาใช้ โดยไม่มีค่าใช้จ่ายในการลงทุนใดๆ

5. ข้อเสนอแนะ

การนำพลังงานจากธรรมชาติมาใช้ทดแทนพลังงานไฟฟ้าโดยตรง เป็นวิธีที่ดีที่สุดในการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร ไม่มีค่าใช้จ่ายในการลงทุน และให้ผลตอบแทนตั้งแต่เริ่มดำเนินการ

การออกแบบอาคาร ควรจัดเตรียมพื้นที่สำหรับการระบายความร้อนของเครื่องปรับอากาศที่ให้เหมาะสม เพื่อไม่ให้ความร้อนที่ระบายออกส่งผลกลับไปยังอาคาร

การใช้ระบบทำความเย็นจากส่วนกลางในอาคารที่มีพื้นที่การใช้งานส่วนใหญ่เหมือนกัน ในเวลาเดียวกัน จะช่วยลดการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศลงได้ การเลือกใช้ระบบระบายความร้อนรวมที่มีประสิทธิภาพสูง จะมีส่วนช่วยลดการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศลง อีกทั้งการเลือกตำแหน่งติดตั้งระบบระบายความร้อนที่เหมาะสม จะตัดปัญหาการถ่ายเทความร้อนกลับเข้าสู่อาคารได้อีกทางหนึ่ง

การออกแบบอาคารให้มีขนาดช่องเปิด ลักษณะและจำนวนช่องเปิด อุปกรณ์กันแดด ตลอดจนวัสดุที่ใช้โดยเฉพาะกระจก ให้มีความเหมาะสมตั้งแต่เบื้องแรก จะช่วยลดปริมาณความร้อนที่จะถ่ายเทเข้าสู่อาคารลงได้ และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ในอาคารด้วย