การใช้แสงสว่างภายในอาคารด้วยแสงประดิษฐ์ร่วมกับแสงธรรมชาติ

Using of artificial light Combination with daylight in interior

*ชวน ท้าวกลาง (Chuan Taow-klang)[1]**

สิงห์ทอง พัฒนเศรษฐานนท์ (Singthong Pattanasetthanon)[2]

บทคัดย่อ

การนำแสงธรรมชาติมาใช้ภายในอาคารอย่างมีประสิทธิภาพช่วยลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ แต่การควบคุมปริมาณแสงธรรมชาติให้คงที่ทำได้ยากเพราะขึ้นอยู่กับการเปลี่ยนแปลงของสภาพท้องฟ้า บทความนี้มีความมุ่งหมายเพื่อศึกษาวิธีการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในอาคาร โดยการควบคุมแสงประดิษฐ์ด้วยบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ร่วมกับแสงธรรมชาติ แสงประดิษฐ์ได้จากหลอดฟลูออเรสเซนต์ ส่วนแสงธรรมชาติอาศัยแสงที่ผ่านเข้ามาทางช่องเปิดหน้าต่าง ในการทดสอบได้ทำการสร้างห้องทดสอบที่มีขนาด 2.2 x 4.9 x 3.4 เมตร จำนวนเท่ากัน 2 ห้อง มีช่องเปิดหน้าต่างหันไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือขนาด 1.6 x 2.2 ตารางเมตร ทำการออกแบบความส่องสว่างภายในห้องด้วยวิธีลูเมนโดยใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 1 x 36 วัตต์ ให้มีค่าความส่องสว่างเฉลี่ยที่ 500 ลักซ์ ห้องแรกทำการติดตั้งบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์แบบหรี่แสงได้สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์จำนวน 2 หลอด ส่วนห้องที่สองไม่มีการควบคุมความเข้มแสงของหลอดฟลูออเรสเซนต์ เริ่มทำการทดสอบตั้งแต่เวลา 07.00 น. ถึง 17. 30 น. ซึ่งกำหนดให้เป็นช่วงเวลาที่มีการใช้ห้อง จากผลการเปรียบเทียบค่าความส่องสว่างภายในและพลังงานไฟฟ้า ที่ขนาดเปิดช่องหน้าต่างที่ 50%, 70 % และ100% ระหว่างห้องที่มีการควบคุมความเข้มแสงกับห้องที่ไม่มีการควบคุมความเข้มแสง พบว่าห้องที่ไม่มีการควบคุมความเข้มแสงมีการใช้พลังงานไฟฟ้ามากกว่าห้องที่มีการควบคุมความเข้มแสงเป็น 1.15, 1.25 และ 1.48 เท่า ตามลำดับ

จากผลการศึกษาการนำแสงธรรมชาติมาใช้ภายในอาคารร่วมกับแสงประดิษฐ์ กรณีที่ขนาดช่องเปิดหน้าต่าง 50%, 70 % และ 100 % พบว่าที่ขนาดความกว้างของหน้าต่างที่ช่องเปิด 100 % ปริมาณแสงธรรมชาติสามารถทดแทนแสงประดิษฐ์ได้มากที่สุด และสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่างได้ถึง 32 % ผลจากการทดสอบนี้จึงสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานเพื่อการออกแบบระบบส่องสว่างภายในอาคาร และการอนุรักษ์พลังงานในอนาคต

[1]*นักศึกษาระดับปริญญาโท ภาควิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*

[2]*รองศาสตราจารย์ ภาควิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*

**corresponding author, e-mail: chuan_kan@yahoo.com*

Abstract

Using daylight within buildings can effectively save electrical energy consumption. However controlling daylight is difficult because of the impact of variations in sky conditions. This paper presents a study of methods to save electrical energy in buildings, with application to interior lighting by dimmable electronic ballast to control artificial light in association with daylight. The artificial light is generated by fluorescent lamps and daylight through the window. The experiments were performed in two rooms of 2.2 m x 4.9 m x 3.4 m. The 1.6 m x 2.2 m window openings were located in a northeast direction. The lumen method was applied in the design of fluorescent lamps size 1x36 watt at an average illuminance of 500 lux for each room. Two dimmable electronic ballasts were installed in the first room for fluorescent lamps. The dimmable electronic ballasts were not installed in the second room. The testing period was taken from 7.00 a.m. to 5.30 p.m. as a typical working duration. The comparisons of interior illuminance and electrical power in case of window opening of 50%, 70% and 100% between room with dimmer and without dimmer showed that the room without a dimmer consumed electrical power 1.15, 1.25 and 1.48 times higher respectively than the room with a dimmer.

From this study, in the case of window opening of 50%, 70% and 100% it was indicated that high intensity of the fluorescent lamps occurred at window opening of 100%. It can be concluded that the integration of daylight and artificial light can save 32 % of electrical consumption in an illuminance system. The results from this test show that daylight can be applied for interior office lighting in order to reduce energy consumption for buildings.

คำสำคัญ : แสงประดิษฐ์, แสงธรรมชาติ

Keywords: Artificial light, Daylight

บทนำ

เป็นที่ทราบกันดีว่าปัญหาเรื่องพลังงานเป็นปัญหาหลัก ปัญหาหนึ่งในระดับชาติ และระดับโลก ในนานาประเทศรวมทั้งประเทศไทยของเรา ซึ่งปัจจุบันมีความต้องการพลังงานในอัตราที่เพิ่มสูงมากในแต่ละปี ทำให้ต้องมีการจัดหาแหล่งพลังงานเพิ่มขึ้นเพื่อให้เพียงพอกับความต้องการ โดยส่วนใหญ่แล้วจะต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ทำให้ต้องสูญเสียเงินตราออกนอกประเทศเป็นจำนวนมากและมีแนวโน้มจะสูงขึ้นเรื่อย ๆ ดังนั้นเพื่อลดการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศ จึงต้องมีการพัฒนาและหาแหล่งพลังงานทดแทนอื่น ๆ ที่ได้จากธรรมชาติ จากการศึกษาพบว่าพลังงานจากรังสีอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานจากธรรมชาติที่มีอย่างไม่จำกัดและสามารถนำไปใช้ได้โดยที่ไม่สร้างผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของโลกและระบบเศรษฐกิจโดยรวม การศึกษาการนำแสงจากรังสีอาทิตย์เพื่อการอนุรักษ์พลังงานในอาคารเป็นหัวข้อวิจัยหนึ่งที่กำลังได้รับความสนใจสำหรับนักวิจัยในทุกภูมิภาคของโลก

ในบทความนี้นำเสนอการทดสอบการประหยัดพลังงานไฟฟ้าภายในอาคาร โดยการควบคุมแสงประดิษฐ์ด้วยบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ร่วมกับแสงธรรมชาติ ณ อาคารคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่ละติจูด 16^{O} 14' เหนือ ลองติจูด 103^{O} 15' ตะวันออก สูงจากระดับน้ำทะเล 152 เมตร ทำการออกแบบช่องเปิดขนาด 50% 70% และ 100% หันไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (44 องศา ตามเข็มนาฬิกา) เพื่อการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าภายในอาคาร

การออกแบบและการคำนวณการให้แสงสว่างภายในอาคาร

การศึกษาการประหยัดพลังงานไฟฟ้าจากการใช้แสงประดิษฐ์ร่วมกับแสงธรรมชาติ ในบทความนี้จะกล่าวถึงวิธีการคำนวณแสงสว่างภายในอาคาร และการทดสอบการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่างเท่านั้น จึงไม่ได้พิจารณาผลของอุณหภูมิและความชื้นภายในห้อง

วิธีการคำนวณแสงในอาคาร

การใช้แสงประดิษฐ์ร่วมกับแสงธรรมชาติภายในอาคาร มีการหลักการคำนวณที่นำเสนอโดยคณะกรรมการของสมาคมวิศวกรรมแสงสว่างภาคพื้นอเมริกาเหนือ IESNA (Illuminance Engineering Society of North America; 1968) ซึ่งวิธีคำนวณแสงนี้เป็นที่รู้จักในนามของวิธีลูเมน (Lumen method) แนวคิดการคำนวณจะพิจารณาปริมาณแสงจากภายนอกที่ส่งผ่านฟักส์ (Flux Transfer method) เข้ามาในห้องและสะท้อนแสงระหว่างผนังภายในห้อง

วิธีการคำนวณนี้จะให้ค่าความสว่าง 5 จุด บนระดับทำงาน (Work plane) ที่ห่างจากหน้าต่าง 10%, 30%, 50%, 70% และ 90% ตามความลึกของห้อง ดังรูปที่ 1 การคำนวณจะมี 4 ขั้นตอนคือ

1. หาค่าแสงผ่านหน้าต่าง; Te (Effective light transmittance through the window)

$$Te = (\tau_w)(V_f)(LLF) \qquad (1)$$

เมื่อ τ_w คือ การส่งผ่านแสงของกระจกบนหน้าต่าง

V_f คือ แฟคเตอร์การมองจากหน้าต่างสู่ท้องฟ้า โดยพิจารณาร่วมกับอุปกรณ์บังแดด และความมืดของ กระจก

LLF คือ แฟคเตอร์ความสูญเสียของแสง

2. คำนวณหาความเข้มแสงบนแนวระนาบ (E_{hk}) และความเข้มแสงบนแนวตั้ง (E_{kv})

3. หาค่า CU (Coefeficint Utilization) ของท้องฟ้า (CU_k ; sky component) และของพื้นดินค่า (CU_g ; ground component)

4. คำนวณหาความเข้มของแสงภายในอาคารบนแนวระดับทำงาน ทั้งหมด 5 จุด ตามสมการ

$$E_{DL} = \tau_e[(E_{kv})(CU_k) + (E_{gv})(CU_g)] \qquad (2)$$

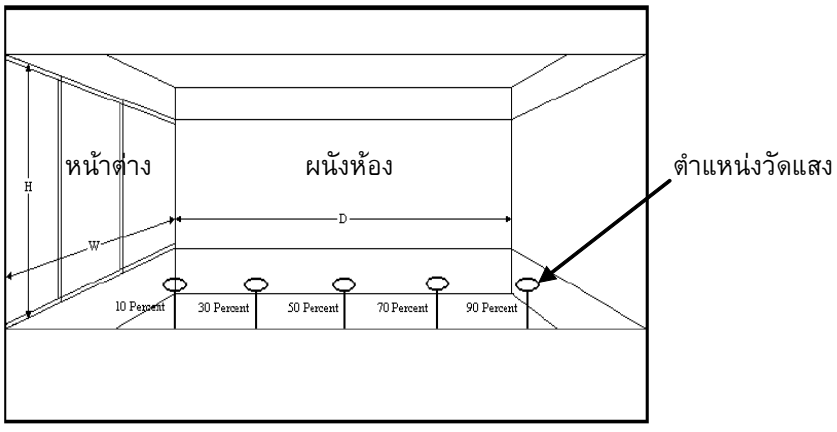
เมื่อ

E_{gv} คือ แสงที่สะท้อนจากพื้นดิน หาจาก $E_{gv} = \rho E_{kh}/2$

ρ คือ ค่าสะท้อนจากพื้นดิน และ

E_{kh} คือ ค่าความเข้มแสงรวมจากดวงอาทิตย์และท้องฟ้า

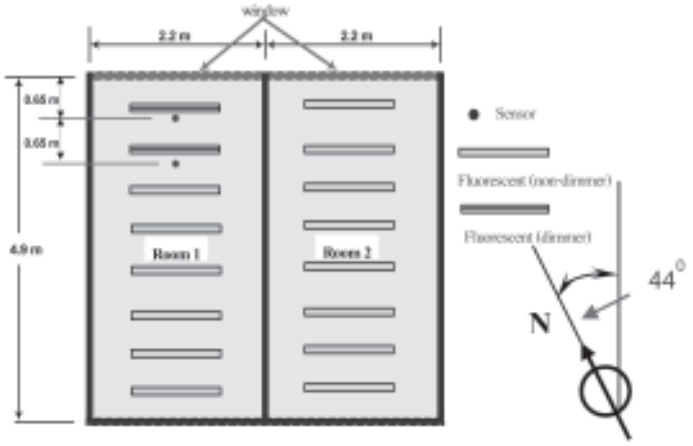
τ_e คือ ค่าการส่องผ่านแสงทั้งหมดของหน้าต่าง



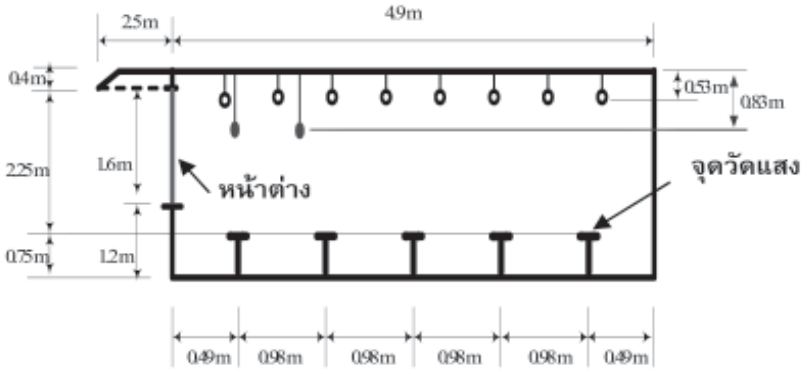
รูปที่ 1. ระยะค่าความสว่าง 5 จุดบนแนวระดับทำงาน

การติดตั้งอุปกรณ์ภายในห้องทดสอบทดสอบการใช้แสงประดิษฐ์ร่วมกับแสงธรรมชาติ

ห้องทดสอบการใช้แสงประดิษฐ์ร่วมกับแสงธรรมชาติเพื่อประหยัดพลังงาน ได้เลือกห้องซึ่งตั้งอยู่บนชั้น 4 ของตึกคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม โดยกั้นห้องให้หน้าต่างเปิดหันไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ขนาดของห้องทดสอบมีความกว้าง 2.20 เมตร ยาว 4.90 เมตร และสูง 3.40 เมตร จำนวน 2 ห้องเท่ากัน ออกแบบแสงประดิษฐ์ภายในห้องทดสอบด้วยวิธีลูเมน ด้วยหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 1 x 36 วัตต์ มีค่าลูเมนต่อหลอด 2,700 ลูเมน เพื่อให้มีค่าความส่องสว่างตามมาตรฐาน IESคือ เฉลี่ย 500 ลักซ์ (ไม่พิจารณาแสงจากหน้าต่างที่ผ่านเข้ามา) มีระดับทำงานอยู่สูงจากพื้น 0.75 เมตร ในส่วนของห้องที่ 1 (Room 1) กำหนดให้เป็นห้องทดสอบที่ติดตั้งบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ในการควบคุมแสงของหลอดฟลูออเรสเซนต์ แทนบัลลาสต์แบบธรรมดาจำนวน 2 หลอด ส่วนห้องที่ 2 ติดตั้งเฉพาะบัลลาสต์แบบธรรมดาดังแสดงในรูปที่ 2 และ 3



รูปที่ 2. ตำแน่งการจัดวางดวงโคมไฟฟ้าของห้องทดสอบ 1 และ 2 (ด้านบน)



รูปที่ 3. ตำแหน่งของหลอดไฟและจุดการวัดแสงตาม IESNA ภายในห้อง 1 (ด้านข้าง)

ขั้นตอนของการทดสอบการใช้แสงประดิษฐ์ร่วมกับแสงธรรมชาติ

การทดสอบหาค่าความเข้มแสง ณ ทุก ๆ จุดที่สนใจบนระดับทำงานที่เป็นผลมาจากแสงประดิษฐ์และแสงกลางวันมีขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 สร้างห้องจำลองขนาด 2.2 x 4.9 x 3.4 เมตร จำนวนเท่ากัน 2 ห้อง บนชั้น 4 (EN 410) ของอาคารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม โดยใช้ผนังห้องเป็นสีดำและมีช่องเปิดหน้าต่าง (กระจกใส) ขนาด 1.6x2.2 ตารางเมตร หันไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ

ขั้นตอนที่ 2 ออกแบบระบบส่องสว่างภายในห้องทั้งสอง ด้วยวิธีลูเมนโดยใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 1x 36 วัตต์ ให้มีค่าความส่องสว่างเฉลี่ย 500 ลักซ์ (ไม่รวมแสงที่ผ่านมาจากหน้าต่าง)

ขั้นตอนที่ 3 ห้องแรกติดตั้งบัลลาสต์อิเล็ก – ทรอนิกส์ แบบหรี่แสงได้ แทนบัลลาสต์แบบธรรมดา จำนวน 2 ชุด เพื่อควบคุมความเข้มแสงของหลอดฟลูออเรสเซนต์

ขั้นตอนที่ 4 ทำการวัดและบันทึกระดับความสว่างบนพื้นที่ทำงาน แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้าภายในห้องทดสอบของทั้ง 2 ห้อง ในทุก ๆ 15 นาที โดยเริ่มวัดตั้งแต่เวลา 07.00 – 17.30 น. ซึ่งกำหนดให้เป็นช่วงเวลาในการใช้ห้องในตอนกลางวัน ที่ขนาดช่องเปิดหน้าต่าง 50%, 70% และ 100% ตามลำดับ

ขั้นตอนที่ 5 วิเคราะห์ระดับความสว่างบนพื้นที่ทำงานที่ระดับช่องเปิดต่าง ๆ และผลของการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในห้องทดสอบทั้งสองห้อง

ขั้นตอนที่ 6 เปรียบเทียบผลการใช้พลังงานไฟฟ้าระหว่างห้องที่ติดตั้งบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์แบบหรี่แสงแทนบัลลาสต์แบบธรรมดาจำนวน 2 ชุด กับห้องที่ติดตั้งบัลลาสต์แบบธรรมดาทั้งหมด

ขั้นตอนที่ 7 ทำการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

ผลการทดสอบ

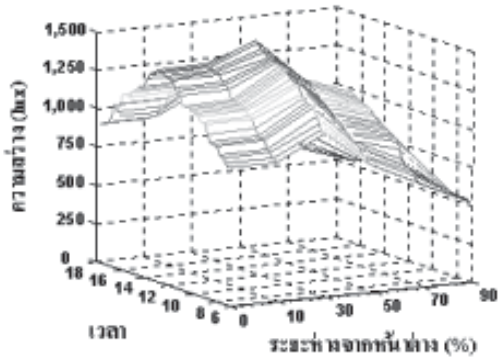
ผลทดสอบการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในอาคารด้วยแสงธรรมชาติมีลำดับการนำเสนอผลทดสอบ 3 ส่วน ได้แก่ผลทดสอบการทำงานของระบบแสง ผลการทดสอบกำลังไฟฟ้าและ ผลวิเคราะห์การประเมินทางเศรษฐศาสตร์

1. ผลการทดสอบการทำงานของระบบแสงสว่าง

จากผลการศึกษาการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในอาคารที่ขนาดช่องเปิดหน้าต่าง 50% 70% และ 100% เป็นเวลา 30 วันภายใต้สภาพท้องฟ้าแบบต่าง ๆ ในเดือนกันยายน 2549 ซึ่งเป็นช่วงปลายฤดูฝน พบว่าขนาดของช่องเปิดในการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในอาคารอย่างมีประสิทธิภาพและช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้ามากที่สุด คือที่ช่องเปิดหน้าต่างที่ 100% และผลทดสอบที่นำเสนอในบทความนี้เป็นผลการวัดปริมาณแสง ณ วันที่ 17 กันยายน 2549 ซึ่งจากข้อมูลของสถานีวัดได้ค่า Sky ratio เท่ากับ 0.21 ดังนั้นสภาพท้องฟ้าเป็นแบบมีเมฆบางส่วน (Partly cloudy sky)

1.1 การพิจารณาปริมาณแสงในห้องทดสอบที่ไม่ได้ควบคุมแสงประดิษฐ์

ผลการวัดปริมาณแสงห้องที่มีหน้าต่างเปิด 100 % และไม่มีการปรับแสงวันที่ 17 กันยายน 2549 ตั้งแต่เวลา 07.00 น. ถึง 17.30 น. ซึ่งครอบคลุมช่วงเวลาทำงานในตอนกลางวันของสำนักงาน ดังแสดงในรูปที่ 4

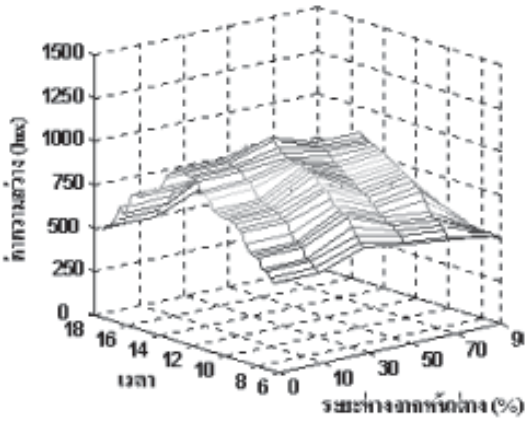


รูปที่ 4. ความเข้มแสงประดิษฐ์รวมกับแสงธรรมชาติภายในห้อง ในระยะห่างจากหน้าต่าง

จากรูปที่ 4 แสดงภาพรวมของผลการบันทึกปริมาณความสว่างให้เห็นว่าระดับความเข้มแสงธรรมชาติที่ผ่านเข้ามาภายในห้องที่ระดับทำงาน (0.75 เมตร) ตลอดทั้งวันตั้งแต่ 7.00 ถึง 17.30 น. ซึ่งเป็นผลจากการบันทึกค่าเปลี่ยนของแสงในระยะห่าง 10% 30% 50% 70% และ 90% ทุก ๆ 15 นาที ในขณะที่ความเข้มแสงจากแสงประดิษฐ์มีค่าคงที่ 500 ลักซ์ ในห้องที่ไม่มีการควบคุมแสงประดิษฐ์และปริมาณแสงธรรมชาติที่เพิ่มขึ้นจะรวมกับแสงประดิษฐ์ซึ่งเป็นผลให้ตำแหน่งที่ห่างจากหน้าต่าง 30% มีความเข้มแสงสูงถึง 1,300 ลักซ์ ซึ่งทำให้รู้สึกไม่สบายในการมองและในตำแหน่งถัดไปก็จะมีปริมาณความเข้มแสงลดลงตามลำดับอย่างไรก็ตามโดยปกติที่ระยะห่างจากหน้าต่าง 10% จะมีปริมาณความเข้มแสงที่สูงที่สุดแต่ในการทดลองนี้ บริเวณระยะห่างหน้าต่างที่ 10% มีค่าต่ำกว่าระยะห่าง 30% เนื่องจากแสงภายนอกถูกบังด้วยชายคาและผนังของหน้าต่าง ทำให้แสงภายนอกจากท้องฟ้าไม่สามารถผ่านเข้าถึงบริเวณดังกล่าวได้

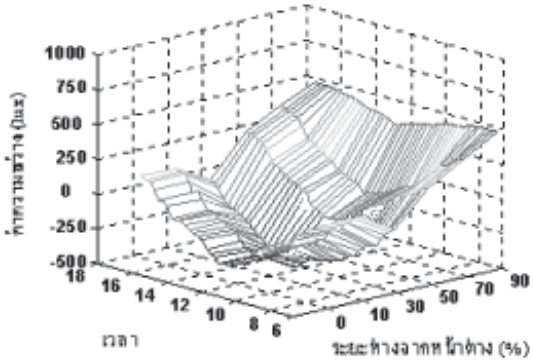
1.2 การพิจารณาปริมาณแสงในห้องทดสอบที่มีการควบคุมแสงประดิษฐ์

ผลการวัดปริมาณแสงห้องที่มีหน้าต่างเปิด 100 % ซึ่งมีการปรับแสงวันที่ 17 กันยายน 2549 ตั้งแต่เวลา 07.00 น. ถึง 17.00 น. ซึ่งครอบคลุมช่วงเวลาทำงานในตอนกลางวันของสำนักงาน ดังแสดงในรูปที่ 5



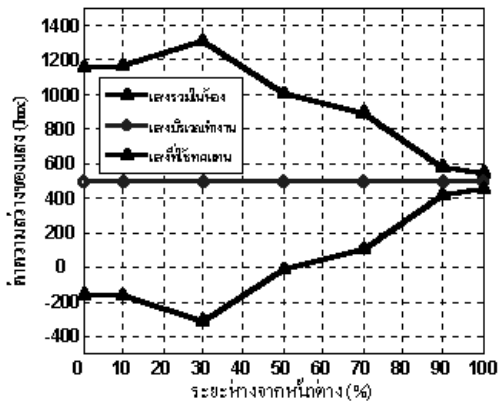
รูปที่ 5. ความเข้มแสงประดิษฐ์ร่วมกับแสงธรรมชาติบนระดับทำงานในห้องที่มีบัลลาสอิเล็กทรอนิกส์ ควบคุมแสงประดิษฐ์ ณ วันที่ 17 กันยายน 2549

1.3 การพิจารณาปริมาณแสงธรรมชาติภายในห้องทดสอบ



รูปที่ 6. ปริมาณความเข้มแสงธรรมชาติจากภายนอกกระจายบนพื้นที่ทำงานภายในห้องทดสอบตลอดช่วงเวลาทำงานในตอนกลางวัน โดยไม่พิจารณาปริมาณแสงประดิษฐ์

จากรูปที่ 6 แสดงค่าความเข้มแสงที่มาจากธรรมชาติที่ผ่านหน้าต่างเข้ามาภายในห้องทดสอบ (กำหนดให้แสงธรรมชาติมีค่าเป็นลบ) ซึ่งเป็นผลจากการนำค่าที่ได้จากรูปที่ 6 มาลบด้วยค่าความสว่างของแสงประดิษฐ์ (500 ลักซ์) ที่วัดจากจุดทดสอบ 10% 30% 50% 70% และ 90% ที่ห่างจากหน้าต่าง เมื่อพิจารณาปริมาณแสงธรรมชาติที่ตำแหน่งห่างผนัง 10% ถึง 30% จะมีค่า ความสว่างของแสงมีค่าระหว่าง 0 ถึง –500 lux ซึ่งเพียงพอในการทดแทนแสงประดิษฐ์ภายในห้องซึ่งมีค่า 0 ถึง 500 lux ตามมาตรฐาน CIE



รูปที่ 7. ค่าเฉลี่ยปริมาณแสงรวม (แสงธรรมชาติและแสงประดิษฐ์) และปริมาณแสงธรรมชาติที่ใช้ทดแทนแสงประดิษฐ์ ณ วันที่ 17 กันยายน 2549

จากรูปที่ 7 เป็นการแสดงผลเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณแสงรวมในห้อง แสงประดิษฐ์และปริมาณแสงธรรมชาติที่ใช้ทดแทนแสงประดิษฐ์ในตำแหน่งจุดวัดที่มีระยะห่างจากหน้าต่าง 10% 30% 50% 70% และ 90% ณ วันที่ 17 กันยายน 2549 โดยผลทดสอบพบว่าแสงธรรมชาติสามารถทดแทนแสงประดิษฐ์ได้ปริมาณหนึ่งในระยะที่ห่างจากหน้าต่างที่ 0 –50%

2. ผลประเมินการใช้พลังงานไฟฟ้า

จากตารางที่ 1 ผลการวัดพลังงานไฟฟ้าของห้องทดสอบที่ไม่มีการปรับแสงประดิษฐ์และห้องทดสอบที่มีการปรับแสงด้วยบัลลาสอิเล็กทรอนิกส์ ที่ได้จากการวัดปริมาณแสงทั้ง 5 จุดทุก 15 นาที โดยเปิดหน้าต่าง 100% พบว่าสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยในระบบแสงสว่างได้ 32 %

3. การประเมินหาจุดคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

ผลการประเมินหาจุดคุ้มทุนของระบบการใช้แสงธรรมชาติที่ช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้าในอาคารมีความสำคัญสำหรับใช้ในการตัดสินใจในการลงทุนและดำเนินการ จากตารางที่ 2 และ 3 เป็นข้อมูล เบื้องต้นสำหรับการประเมินหาจุดคุ้มทุนทางเศรษฐศาสตร์

ตารางที่ 1. การใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยช่วง 7.00 น. ถึง 17.00 น. โดยทดสอบ 30 วัน

ห้องทดสอบแสง	พื้นที่การเปิดหน้าต่าง	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้เฉลี่ยต่อวัน (หน่วย)	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้เฉลี่ยต่อวัน (%)	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้เฉลี่ยต่อวันลดลง (%)
ไม่ควบคุมแสง	100%	2,880	100	0
ควบคุมแสงด้วยบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์	100%	1,930	67	32

ตารางที่ 2. ตารางเปรียบเทียบเพื่อใช้วิเคราะห์ค่าใช้จ่ายของระบบการใช้แสงธรรมชาติเพื่อการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในอาคารเมื่อเปิดหน้าต่าง 100%

รายละเอียด	ระบบการใช้แสงไฟฟ้าร่วมกับแสงธรรมชาติ		
	ไม่ควบคุมแสง	ควบคุมแสง	หมายเหตุ
1. ต้นทุนบัลลาสต์ (บัลลาสขดลวดตัวละ 40 บาท) (อิเล็กทรอนิกส์บัลลาสต์ชุดละ 2,000 บาท)	320*	4,240**	* บัลลาสต์ขดลวด 8 ตัว ** บัลลาสอิเล็กฯ 2 และ บัลลาสต์ขดลวด 6 ตัว
2. ต้นทุนหลอดฟลูออเรสเซ็นต์ 8 หลอด	400	400	50 บาท ×8 หลอด
3. อายุของหลอดฟลูออเรสเซ็นต์ (ชั่วโมง)	50,000	50,000	Philips lighting, 2005, TLD 36w/54
5. ราคาไฟฟ้าเฉลี่ย 3 บาทต่อหน่วย	3	3	การไฟฟ้าภูมิภาค, 2549
6. ระยะเวลาในการทำงาน (วัน / ปี)	365	365	
7. ปริมาณแสงในการทดสอบเฉลี่ย (ลักซ์)	962	704	
8. พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยต่อชั่วโมง (วัตต์-ชั่วโมง)	288	193	1 หน่วย = 1000วัตต์-ชั่วโมง

ตารางที่ 3. ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าโดยพิจารณาให้ทำงานวันละ 10 ชั่วโมง

รายละเอียด	ระบบการใช้แสงประดิษฐ์ร่วมกับแสงธรรมชาติ	
	ไม่ควบคุมแสง	ควบคุมแสง
1. การใช้พลังงานไฟฟ้าวันละ 10 ชม.(หน่วย),	2.88	1.93
2. คิดเป็นค่าไฟฟ้าต่อวัน (บาท)	8.64	5.79
3. คิดเป็นค่าไฟฟ้าต่อเดือน (บาท)	259.2	173.7
4. คิดเป็นเงินที่สามารถประหยัดได้ (บาท /เดือน)	-	85.5*

หมายเหตุ

ระบบประหยัดพลังงานไฟฟ้าด้วยแสงธรรมชาติจะคืนทุนได้ภายใน 3.87 ปี (คิดค่าไฟฟ้าเฉลี่ยหน่วยละ 3 บาท และสมมติฐานว่าอายุการทำงานของอุปกรณ์ภายในห้องทดสอบทั้ง 2 กรณี เท่ากัน)

* ค่าไฟฟ้าต่อเดือนของห้องที่ไม่มีการปรับแสงประดิษฐ์ – ค่าไฟฟ้าต่อเดือนของห้องที่มีการปรับแสงประดิษฐ์

สรุป

จากผลการศึกษาการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในอาคารที่ขนาดช่องเปิดหน้าต่าง 100% เป็นเวลา 30 วันภายใต้สภาพท้องฟ้าแบบต่าง ๆ ในเดือนกันยายน 2549 ซึ่งเป็นช่วงปลายฤดูฝน พบว่าภาพรวมของความเข้มแสงธรรมชาติที่ผ่านเข้ามาภายในห้องที่ระดับทำงานมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับระยะห่างจากหน้าต่าง ยิ่งไกลหน้าต่างความเข้มแสงยิ่งมีค่าลดลง และจากผลการเปรียบเทียบที่ได้ทำการทดสอบเมื่อวันที่ 17 กันยายน 2549 ซึ่งเป็นช่วงฤดูฝนและมีลักษณะท้องฟ้าแบบมีเมฆบางส่วน โดยเริ่มทดสอบตั้งแต่เวลา 07.00 – 17.00 น. (กำหนดให้เป็นช่วงเวลาทำงานในตอนกลางวัน) ระหว่างห้องที่ติดตั้งชุดควบคุมความเข้มของแสงประดิษฐ์จำนวน 2 ชุด กับห้องที่ไม่มีชุดควบคุมความเข้มของแสงประดิษฐ์ จากการผลบันทึกค่าปริมาณการใช้ไฟฟ้า และค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ภายในห้องพบว่าห้องที่มีชุดควบคุมความเข้มของแสงประดิษฐ์มีการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยน้อยกว่าห้องที่ไม่มีชุดควบคุมความเข้มของแสงประดิษฐ์ถึง 1.48 เท่า คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ในการประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ถึง 32 %

และจากผลทดสอบการควบคุมแสงด้วยบัลลาสต์อีเล็กทรอนิกส์ 2 ชุดมีราคาทั้งหมด 4,000 บาท หลอดฟลูออเรสเซ็นต์ (Philips) อายุใช้งาน 50,000 ชั่วโมง ความสว่างของแสงที่ได้รับเฉลี่ยประมาณ 500 ลักซ์ ในเวลา 10 ชั่วโมงต่อวัน กำลังไฟฟ้าที่ใช้ไปทั้งระบบ 193 วัตต์ และประหยัดไฟฟ้าได้ 32 % เมื่อเทียบกับห้องทดสอบที่ไม่มีการปรับแสง

สมมติฐานอายุการทำงานของอุปกรณ์ภายในห้องทดสอบทั้ง 2 เท่ากัน เมื่อคิดค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าภายในห้องที่มีการควบคุมแสงมีค่า 1.93 หน่วย จำนวนเงินที่ประหยัดได้วันละ 5.79 บาท (คิดค่าไฟฟ้าเฉลี่ยหน่วยละ 3 บาท) หรือเดือนละ 85.5 บาท จะสามารถคืนทุนได้ในเวลา 3.87 ปี

ข้อเสนอแนะ

ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบระบบแสงสว่างในอาคารที่ใช้แสงประดิษฐ์ร่วมกับแสงกลางวันนี้สามารถนำไปใช้ประกอบการออกแบบ เพื่อลดจำนวนโคมและหลอดไฟฟ้า และเป็นรักษาระดับความสว่างภายในห้องให้เหมาะสมได้ แต่ถ้าจะให้ดียิ่งขึ้นไปอีกจำเป็นต้องคำนึงถึงอุณหภูมิความร้อนของแสงธรรมชาติที่ผ่านเข้ามาภายในห้องและค่าความชื้นประกอบด้วย จะทำให้สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศและพลังงานไฟฟ้ารวมได้มากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน. 2542. **คู่มือการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร**. กรุงเทพฯ: ศูนย์อนุรักษ์พลังงานแห่งประเทศไทย.

ธวัชชัย กุลวรวานิชพงษ์ และคณะ. 2546. **การจำลองผลการให้แสงสว่างภายในด้วยแสงประดิษฐ์ร่วมกับแสงกลางวัน.** การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 26 (EECON-26) ณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง,

สิงห์ทอง พัฒนเศรษฐานนท์ และคณะ. 2548. **การประมาณค่าความส่องสว่างและพลังงานจากท้องฟ้าบริเวณศูนย์กลางภาคอีสานของประเทศไทย**. การประชุมเชิงวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 1 ณ โรงแรมแอมบาสซาเดอร์ซิตี้ จอมเทียน พัทยา จังหวัดชลบุรี.

Fairuz Syed Fadzil Sharifah and Sheau-Jiunn Sia. 2003. **Sunlight Control and Daylight Distribution Analysis: The KOMTAR Case Study.** Building and Environment. 39: 713-717.

Li Danny H.W.and Ernest K.W. Tasng. 2005. **An Analysis of Measured and Simulated Daylight Illuminance and Lighting Saving in a Daylit Corridor.** Building and Environment. 40: 973-982.

Li Danny H.W.and Joseph C. Lam. 2001. **Evaluation of Llighting Performance in Office Buildings with Daylighting Controls.** Energy and Building. 33 : 793-803.

Li Danny H.W., Joseph C. Lam. and S.L. Wong. 2005. **Daylighting and Effects on Peak Load Determination.** Energy. 30 : 1817-1831.

Li Danny H.W., Tony N.T. Lam. and S.L. Wong. 2005. **Lighting and Performance for an Office using High Frequency Dimming Controls.** Energy Conversion and Management. 47: 1133-1145.

Surapong Chairarattananon and Pipat Chaiwiwatworakul. 2001. **Development of a Methodology and a Computer Program for Calculation of Daylight Illuminance through Window.** in A Technical Report of a Research Project on Station Investigation of Daylighting. p.2-8, 3-2. The National Energy Conservation Promotion Fund: Energy program School of Environment Resources and Development Asian Institute of Technology.