บทที่ 3
การอนุรักษ์พลังงานในระบบไฟฟ้าแสงสว่าง
(Energy Conservation for Lighting System)

ความสำคัญของเนื้อหาวิชา

หลักการที่สำคัญในการประหยัดพลังงานไฟฟ้าแสงสว่าง คือ การใช้แสงสว่างให้มีประสิทธิภาพสูงสุด หรือใช้แสงสว่างในบริเวณอย่างเพียงพอทั้งปริมาณและคุณภาพ ซึ่งทำให้การทำงานมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นส่งผลต่อการผลิต ดังนั้น การปรับปรุงระบบไฟฟ้าแสงสว่าง จึงเป็นอีกหัวข้อหนึ่งที่มีบทบาทต่อการประหยัดพลังงาน

วัตถุประสงค์

1. บอกทฤษฎีของแสงและการมองเห็นวัตถุได้
2. บอกอุปกรณ์และหลักการทำงานของอุปกรณ์ด้านไฟฟ้าแสงสว่างได้
3. บอกวิธีประเมินและตรวจวัดประสิทธิภาพพลังงานในระบบไฟฟ้าแสงสว่างได้
4. บอกแนวทางในการอนุรักษ์พลังงานในระบบไฟฟ้าแสงสว่างได้

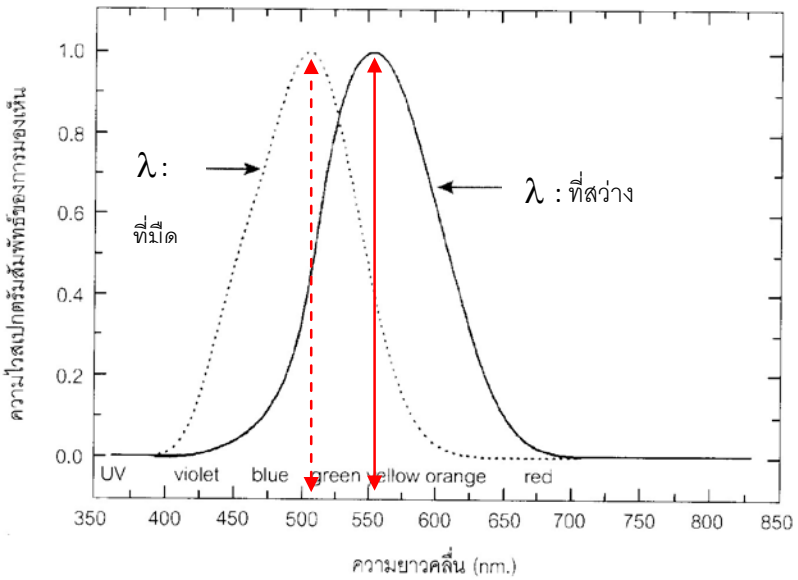
3.1 บทนำ

"แสงสว่าง" เป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งในการดำรงชีวิตของมนุษย์ ระบบแสงสว่างที่ดี นอกจากจะทำให้การประกอบกิจกรรมต่างๆ เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพแล้ว ยังเสียค่าใช้จ่ายในการใช้งานน้อยด้วย

แสงเป็นพลังงานใน**รูปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า**ที่ตามนุษย์สามารถมองเห็นได้ ช่วงความยาวคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ถูกจัดเป็นแสงนั้นมีความยาวคลื่นอยู่ระหว่าง **380 – 780 นาโนเมตร** ตามนุษย์สามารถแจกแจงแสงออกเป็นสีต่าง ๆ ตามความยาวคลื่นที่มนุษย์มองเห็นได้ตั้งแต่ สีแดงซึ่งมีความยาวคลื่นยาวสุด (ความถี่ต่ำสุด) สีส้ม, สีเหลือง, สีเขียว, สีน้ำเงิน สีคราม จนกระทั่งถึงสีม่วง ซึ่งมีความยาวคลื่นสั้นสุด (ความถี่สูงสุด) ดังรูปที่ 3.1-1

รูปที่ 3.1-1 สีต่างๆที่ประกอบเป็นแสงที่ตามนุษย์สามารถมองเห็นได้

การมองเห็นของมนุษย์นั้นเกิดจากการที่แสงจากวัตถุเดินทางผ่านดวงตา ไปกระตุ้นเซลล์ที่จอตา (retina) ให้ทำการสร้างคลื่นไฟฟ้าบนเส้นประสาท และส่งผ่านเส้นประสาทตาไปยังสมอง ทำให้เกิดการรับรู้มองเห็น เซลล์บนจอตาประกอบด้วยเซลล์สองกลุ่มใหญ่ๆ ได้แก่ เซลล์รูปกรวยในจอตา (cone cell) ซึ่งทำหน้าที่ได้ดีในช่วงเวลากลางวันหรือในยามที่มีปริมาณแสงมาก มีหน้าที่สำคัญในการรับความรู้สึกทางด้านสีและช่วยแยกแยะรายละเอียดของสิ่งต่างๆ ส่วนเซลล์อีกกลุ่มหนึ่งเป็น เซลล์รูปแท่งในจอตา (rod cell) ทำหน้าที่ได้ดีในตอนกลางคืนหรือในเวลามืดสลัว ช่วยให้สามารถเห็นภาพต่างๆได้อย่างหยาบๆ เซลล์กลุ่มนี้ไม่มีความสามารถในการตอบสนองทางด้านสีเลย ด้วยความสามารถในการทำงานและตอบสนองได้ต่างกันของ เซลล์รูปกรวย และเซลล์รูปแท่ง ทำให้ตามนุษย์ไม่สามารถตอบสนองต่อความยาวคลื่นต่างๆได้เท่ากัน ดังแสดงในรูปที่ 3.1-2



รูปที่ 3.1-2 การตอบสนองของดวงตาต่อแสงที่ความยาวคลื่นต่างๆ ในเวลากลางวัน และกลางคืน

3.2 แหล่งกำเนิดแสง

แหล่งกำเนิดแสงสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท
3.2.1 แหล่งกำเนิด**แสงจากธรรมชาติ** ได้แก่ แสงอาทิตย์ แสงจากดวงดาว และแสงจากสัตว์ เช่น หิ่งห้อย เป็นต้นดวงอาทิตย์จัดเป็นแหล่งกำเนิดแสงธรรมชาติที่มนุษย์คุ้นเคยและใช้ประโยชน์มายาวนาน จากการศึกษาลักษณะสเปคตรัม (Spectrum) ของรังสีอาทิตย์ จะพบว่า พลังงานของรังสีอาทิตย์ในช่วงที่เป็นแสงที่ตามนุษย์มองเห็นได้นั้นคิดเป็นสัดส่วนประมาณเกือบร้อยละ 50
3.2.2 แหล่งกำเนิด**แสงประดิษฐ์** ได้แก่ เทียนไข น้ำมัน และหลอดไฟฟ้าประเภทต่างๆ แสงประดิษฐ์เหล่านี้เกิดจากการเปลี่ยนรูปพลังงาน เช่นแสงจากเทียนไขเกิดจากการเปลี่ยนรูปพลังงานความร้อนเป็นพลังงานแสง หรือ กรณีแสงจากหลอดแสงฟลูออเรสเซนต์ เกิดจากการเปลี่ยนระดับพลังงานของอิเลคตรอนในสารฟลูออเรสเซนต์ที่เคลือบอยู่บนผิวหลอดด้านในแล้วปลดปล่อยพลังงานอยู่ในรูปพลังงานแสงที่ตามองเห็น

3.3 นิยามศัพท์ที่สำคัญเกี่ยวกับปริมาณแสง

ศัพท์ที่สำคัญเกี่ยวกับปริมาณแสง	นิยามศัพท์
1) ความเข้มการส่องสว่าง (Luminous Intensity : I) หรือ**กำลังส่องสว่าง** (Candle power)	เป็นค่าแสดงระดับกำลังงานของแหล่งกำเนิดแสง มีหน่วยวัดเป็น **แคนเดลา (Candela)** การกำหนดมาตรฐานของปริมาณความเข้มการส่องสว่างมีพัฒนาการมาอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ปี ค.ศ. 1948 โดยคณะกรรมการระหว่างประเทศในเรื่องการส่องสว่าง (International Commission on Lllumination,CIE) ปัจจุบัน ได้มีการกำหนดให้ปริมาณ 1 แคนเดลา มีค่าเท่ากับความเข้มการส่องสว่างในทิศทางที่กำหนดของ แหล่งกำเนิดที่แผ่รังสีชนิดสีเดียวที่มีความถี่เป็น 540*10 เฮิรตซ์ และมีความเข้มการแผ่รังสีในทิศทาง 1/683 วัตต์ต่อสเตเตอร์เรเดียน
2) ฟลักซ์การส่องสว่าง (Luminous Flux : Φ)	เป็นปริมาณแสงทั้งหมดที่ปลดปล่อยออกจากแหล่งกำเนิดแสงมีหน่วยเป็น **ลูเมน (lumen : lm)** ซึ่งมีค่าเท่ากับปริมาณแสงที่ตกลงพื้นที่ 1 ตารางหน่วย ที่ห่างจากจุดกำเนิดแสง 1 แคนเดลลาเป็นระยะทาง 1 หน่วย

ศัพท์ที่สำคัญเกี่ยวกับปริมาณแสง	นิยามศัพท์
3) ความสว่าง (Illuminance : E)	เป็นปริมาณแสงที่ตกกระทบตั้งฉากกับพื้นที่ขนาด 1 ตารางเมตร โดยทั่วไปเรียกว่า **ระดับความสว่าง (Lighting level)** จึงเป็นค่าที่บ่งบอกพื้นที่นั้นๆได้รับ แสงสว่างเพียงพอหรือไม่ มีหน่วยเป็น **ลูเมนต่อตารางเมตร (lm/m^2) หรือลักซ์ (Lux)** ค่าความสว่างจะแปรโดยตรงกับความเข้มการส่องสว่าง และแปรผกผันกับระยะทางกำลังสองระหว่างแหล่งกำเนิดแสงและพื้นที่รับแสง ซึ่งสามารถเขียนความสัมพันธ์ได้เป็น $$\text{Illuminance} = \frac{\text{Luminous intensity}}{(\text{distance})^2} \quad (3.1)$$
4) ประสิทธิผลการส่องสว่าง (Efficacy)	คือ อัตราส่วนของปริมาณแสงที่ออกมาจากแหล่งกำเนิดแสงต่อกำลังไฟฟ้า (วัตต์) ที่ป้อนให้แก่หลอด มีหน่วยเป็น**ลูเมนต่อวัตต์**ซึ่งคำนวณได้จาก $$\text{Efficacy} = \frac{\phi}{P} \quad (3.2)$$ โดยที่ Efficacy คือ ประสิทธิผลการส่องสว่าง (lm/W) ϕ คือ ฟลักซ์การส่องสว่าง (lm) P คือ กำลังไฟฟ้าที่ป้อนให้แก่แหล่งกำเนิดแสง (W)

3.4 อุปกรณ์สำคัญในระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

3.4.1 หลอดไฟฟ้า

หลอดไฟฟ้าแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิดใหญ่ๆ คือ หลอดอินแคนเดสเซนต์ (Incandescent lamp) หลอดปล่อยประจุก๊าซหรือหลอดดีสชาร์จ (Discharge Lamp) และหลอดประเภทเรืองแสงในตัว (Luminescence Lamps)

3.4.1.1 หลอดอินแคนเดสเซนต์ (Incandescent lamp) หลอดประเภทนี้อาศัยหลักการจ่ายกระแสไฟฟ้าผ่านไส้หลอดทั่วไปทำจากทังสเตน ซึ่งทำให้เกิดความร้อนและแสงสว่างขึ้น หลอดไส้เป็นหลอดที่มี**ประสิทธิผล การส่องสว่างน้อยที่สุด**ในบรรดาหลอดทั้งหมด รวมทั้งมี**อายุการใช้งานที่ค่อนข้างสั้น**คือประมาณ 1, 000 – 3,000 ชั่วโมงแต่หลอดชนิดนี้ยังเป็นหลอดที่นิยมใช้เป็นอย่างมาก เนื่องจากง่ายต่อการติดตั้งและค่าติดตั้งเริ่มต้นมีราคา

ถูกสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทได้แก่ หลอดไส้แบบธรรมดา (Normal Incandescent Lamp) และหลอดทังสเตนฮาโลเจน (Tungsten Halogen Lamp)

3.4.1.2 หลอดไส้แบบธรรมดา หลอดชนิดนี้ประกอบด้วยขดลวดทังสเตนบรรจุในหลอดแก้ว เมื่อกระแสไหลผ่านไส้หลอดจะเกิดการเปล่งแสงออกมา ขณะหลอดทำงานขดลวดทังสเตนจะค่อยๆ ระเหย จนกระทั่งหมดอายุการใช้งาน ซึ่งไส้หลอดมีลักษณะเป็นขดลวด ส่วนใหญ่ทำจากทังสเตน (Tungsten) มีข้อดีคือจุดหลอมเหลว มีค่าสูง (3,653 K) และมีความดันไอต่ำ ทำให้สามารถใช้งานที่อุณหภูมิสูงได้ โดยที่อุณหภูมิทำงานของไส้หลอดมีค่าประมาณ 2,500 - 2,700 K ในยุคแรกๆไส้หลอดของหลอดเผาไส้จะทำจากทังสเตนเป็นแบบ Coil ชั้นเดียว และต่อมาได้พัฒนาให้เป็นแบบ “Coiled-Coil” Filament ดังแสดงในรูปที่ 3.4-1 ลักษณะดังกล่าวช่วยลดการระเหิดของทังสเตนที่ใช้เป็นไส้หลอดทำให้อายุการใช้งานหลอดยาวนานขึ้นเป็น 1,000 ชั่วโมง สำหรับขั้วของหลอดทำด้วยทองเหลือง (Brass) หรืออะลูมิเนียม (Aluminum) ขนาดที่นิยมใช้ได้แก่ E10 E14 E27 E40 โดยที่ตัวเลขหมายถึง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของขั้วหลอด (มิลลิเมตร)

รูปที่ 3.4-1 ภาพขยายของไส้หลอดแบบ “Coiled-Coil” Filament

หลอดไส้แบบธรรมดาเหมาะสำหรับการให้แสงสว่างทั่วๆไปโดยเฉพาะบริเวณที่ต้องการความรู้สึกแบบอบอุ่น การให้แสงเน้นบรรยากาศเช่น บ้าน โรงแรม และร้านอาหาร เป็นต้น และการใช้งานแสงสว่างในระยะเวลาสั้นๆ เช่น ห้องเก็บของ ห้องน้ำ หลอดประเภทนี้มีอายุการใช้งานประมาณ 1,000 ชั่วโมง

หลอดไส้แบบธรรมดาสามารถแบ่งย่อยออกได้เป็น 2 ประเภทได้แก่ หลอด GLS (General Lighting Service) และหลอดสะท้อนแสง (Reflector Lamp) ซึ่งมีลักษณะและรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 3.4-1

ตารางที่ 3.4-1 หลอดไส้แบบธรรมดาชนิดต่างๆ

ประเภทของหลอดไส้แบบธรรมดา	รูปร่างลักษณะ	รายละเอียด
หลอด GLS		หลอดประเภทนี้มีทั้งประเภทใสและขุ่นซึ่งเกิดจากการเคลือบผิวด้วยซิลิกา
หลอดสะท้อนแสงชนิด Blown bulb lamp		เป็นหลอดที่มีสารฉาบด้านข้างเพื่อให้แสงสะท้อนออกมาด้านหน้า โดยมีจุดประสงค์เพื่อการส่องเน้น ซึ่งมีทั้งแบบมุมลำแสงกว้างและมุมลำแสงแคบ
หลอดสะท้อนแสงชนิด Parabolic หรือ หลอด PAR		เป็นหลอดที่ประกอบด้วยแก้ว 2 ส่วน ได้แก่ ตัวสะท้อนแสง (Reflector) ซึ่งมีลักษณะเป็นพาราโบลอยด์ (Paraboloid) ประกบอยู่กับกระจกส่วนที่ 2 ซึ่งเป็นเลนส์ด้านหน้า

ประสิทธิภาพพลังงานของหลอดไส้ชนิดธรรมดาขึ้นอยู่กับขนาดของหลอด ข้อมูลค่าฟลักซ์การส่องสว่างและประสิทธิผลการส่องสว่าง ของหลอดที่ใช้กำลังไฟฟ้าต่างๆกัน แสดงได้ดังตารางที่ 3.4-2

ตารางที่ 3.4-2 มูลค่าฟลักซ์การส่องสว่าง และประสิทธิผลการส่องสว่าง ของหลอดที่ใช้กำลังไฟฟ้าต่างๆกัน

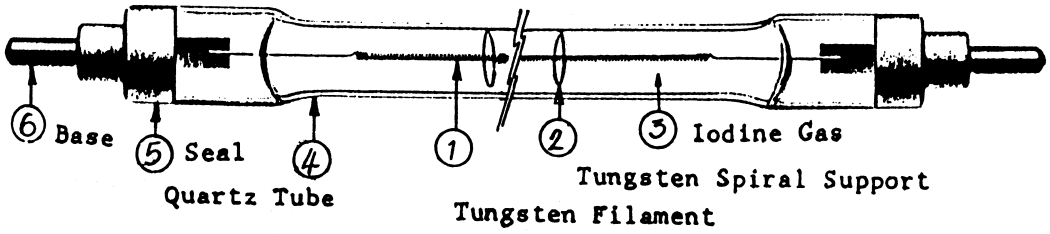
กำลังไฟฟ้า (W)	ฟลักซ์การส่องสว่าง (lm)	ประสิทธิผล การส่องสว่าง (lm/W)
25	200	8.0
40	400	10.0
60	700	11.7
75	900	12.0
100	1,350	13.5

การเปรียบเทียบข้อดีและข้อด้อยของหลอดไส้แบบธรรมดาสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 3.4-3

ตารางที่ 3.4-3 การเปรียบเทียบข้อดีและข้อด้อยของหลอดไส้แบบธรรมดา

ข้อดี	ข้อด้อย
• ให้แสงที่มีความถูกต้องของสีมาก • สามารถหรี่หรือปรับความสว่างได้ง่ายๆ ด้วยระบบหรี่ไฟ • หลอดจะสว่างทันทีที่เปิดสวิทซ์ใช้งาน • ไม่เกิดคลื่นสัญญาณรบกวน	• ใช้กำลังไฟฟ้ามากทำให้ต้องเสียค่าไฟฟ้ามาก • อายุการใช้งานสั้น ประมาณ 750 – 1,000 ชั่วโมง • เป็นแหล่งกำเนิดความร้อน • ประสิทธิภาพในการส่องสว่างต่ำ

3.4.1.3 หลอดทังสเตนฮาโลเจน เนื่องจากหลอดเผาไส้ธรรมดา อุณหภูมิจะสูงขณะใช้งานทำให้เกิด การระเหิดของทังสเตน ที่ใช้ทำไส้หลอด มาเกาะอยู่ที่ผิวในกระเปาะ ทำให้กระเปาะแก้วมีสีดำ เรียกว่า Blackening Effect และไส้หลอดบางลงจนขาดในที่สุด จึงได้มีการพัฒนาหลอดเผาไส้ธรรมดานี้โดยบรรจุธาตุตระกูลฮาโลเจนเข้าไปกับแก๊สที่บรรจุในหลอด แล้วอาศัยปรากฏการณ์ Halogen Regenerative Cycle ที่เกิดจากการรวมตัวของก๊าซฮาโลเจนกับโลหะทังสเตนที่ร้อนจนระเหิด แล้วกลายเป็นสารประกอบทังสเตน – ฮาโลเจน และกลับมาเกาะที่ไส้หลอดใหม่ ทำให้หลอดมีอายุการใช้งานมากขึ้น และช่วยให้หลอดไม่เปลี่ยนไปเป็นสีดำ โครงสร้างของหลอดทังสเตน-ฮาโลเจน แสดงดังรูปที่ 3.4-2



รูปที่ 3.4-2 โครงสร้างของหลอดทังสเตน-ฮาโลเจน

หลอดฮาโลเจนบางรุ่นจะเคลือบ Dichroic film ที่แผ่นสะท้อนแสง ทำให้รังสีความร้อน (Infrared Ray) ประมาณ 60 % ผ่านทะลุ Dichroic film ออกไปด้านหลังหลอด และไม่ออกมากับลำแสงด้วย บางครั้งจึงเรียกกันว่าลำแสงเย็น (Cool beam) เหมาะสำหรับใช้ส่องวัตถุที่ไวต่อความร้อน เช่น ผลไม้ อาหาร หรืองานศิลปะ ที่ความร้อนจากลำแสงสามารถทำให้สีของวัตถุซีดจางได้ อย่างไรก็ตามการเลือกโคมไฟที่ใช้กับหลอดจะต้องพิจารณาถึงการระบายความร้อนออกด้านหลังโคมไฟด้วย

หลอดทังสเตนฮาโลเจนนี้มีขนาดเล็กจึงเหมาะสำหรับทำเป็นหลอดแบบส่องเน้น เพราะสามารถให้ลำแสงแคบได้ สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทตามระดับแรงดันการใช้งานได้แก่ หลอดทังสเตนฮาโลเจนชนิดใช้งานกับแรงดันปกติ และหลอดทังสเตนฮาโลเจนชนิดใช้งานกับแรงดันต่ำ ลักษณะของหลอดแสดงดังรูปที่ 3.4-3 โดยหลอดทังสเตนฮาโลเจนนี้มีค่าประสิทธิผลการส่องสว่างสูงกว่าหลอดไส้แบบธรรมดาประมาณ 10% และมีอายุการใช้งานประมาณ 3,000 ชั่วโมง หลอดทังสเตนฮาโลเจนแรงดันต่ำ เป็นหลอดที่มีขนาดเล็กใช้งานกับงานส่องเน้นให้สีออกขาว กว่าหลอดอินแคนเดสเซนต์ (อุณหภูมิสีประมาณ 3200 เคลวิน) ระดับแรงดันที่ใช้งานคือ 6V 12V หรือ 24V โดยต่อผ่านหม้อแปลงซึ่งจะต้องไม่ติดตั้งห่างจากตัวโคมมากเกินไป เนื่องจากจะมีปัญหาเรื่องแรงดันตกในสาย โดยมีมุมแสงให้เลือกขนาดที่ 12 24 และ 36 องศา หลอดชนิดที่ไม่มีกระจกป้องกันหลอด ไม่ควรสัมผัสถูกบริเวณหลอดเพราะจะทำให้อายุการใช้งานของหลอดลดลงได้ ข้อมูลประสิทธิภาพพลังงานของหลอดทังสเตนฮาโลเจนแสดงในตารางที่ 3.4-4 และ 3.4-5

ก) ชนิดใช้งานกับแรงดันปกติ 220 V

ข) ชนิดใช้งานกับแรงดันต่ำ

รูปที่ 3.4-3 หลอดทังสเตนฮาโลเจน

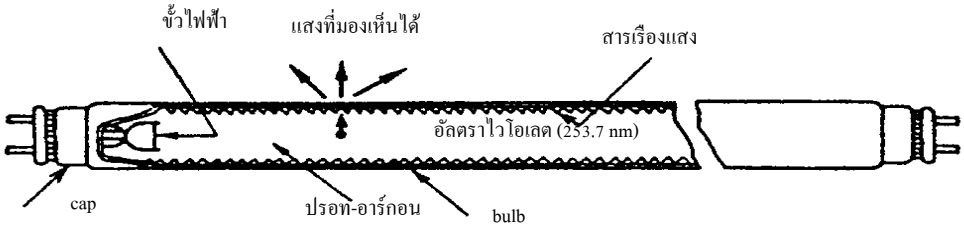
ตารางที่ 3.4-4 ข้อมูลทั่วไปของหลอดทังสเตนฮาโลเจนชนิดใช้งานกับแรงดันปกติ 220 V อายุการใช้งานเฉลี่ย 2,000 ชั่วโมง

กำลังไฟฟ้า (W)	ฟลักซ์การส่องสว่าง (lm)	ประสิทธิผลการส่องสว่าง (lm/W)
75	1,100	14.7
100	1,500	15
150	2,600	17.4
300	5,000	16.7
500	9,500	19
1,000	22,000	22
2,000	44,000	22

ตารางที่ 3.4-5 ข้อมูลทั่วไปของหลอดทังสเตนฮาโลเจนชนิดใช้งานกับแรงดันต่ำ อายุการใช้งานเฉลี่ย 3,000 ชั่วโมง

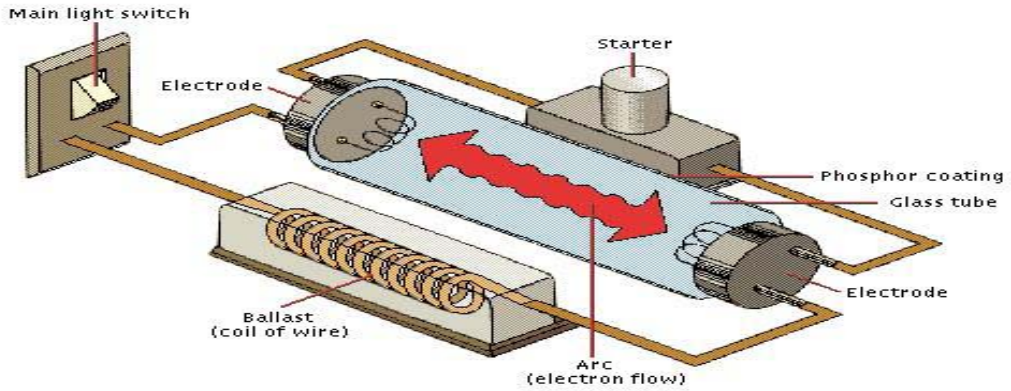
กำลังไฟฟ้า (W)	ฟลักซ์การส่องสว่าง (lm)	ประสิทธิผลการส่องสว่าง (lm/W)
20	320	16
35	600	17.2
50	930	18.6
75	1,450	19.4
90	1,800	20

3.4.1.4 หลอดฟลูออเรสเซนต์ (Fluorescent Lamp) เป็นหลอด Discharge lamp ที่กำเนิดแสงที่มองเห็นได้ด้วยการที่รังสีอัลตราไวโอเลตที่เกิดจากการคายประจุของไอปรอทความดันต่ำ ไปกระตุ้นสารเรืองแสง โครงสร้างของหลอดแสดงไว้ในรูปที่ 3.4-4 โดยภายในผิวหลอดแก้วจะมีสารเรืองแสงเคลือบอยู่และที่ไส้หลอดรูปคอยล์ที่ขั้วหลอดจะมีสาร Emitter เคลือบอยู่ ในหลอดจะมีปรอทจำนวนเล็กน้อยกับก๊าซอาร์กอนบรรจุอยู่ เมื่อให้แรงดันไฟฟ้าระหว่างขั้วไฟฟ้าจะเกิดการคายประจุขึ้น ขั้วหลอดจะปลดปล่อยอิเล็กตรอนร้อนออกมา อิเล็กตรอนจะไปชนกับอะตอมของปรอทเกิดรังสีอัลตราไวโอเลต (253.7 นาโนเมตร เป็นส่วนใหญ่) ขึ้น รังสีอัลตราไวโอเลตจะไปกระตุ้นสารเรืองแสงและถูกแปลงเป็นแสงที่มองเห็นได้ (ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า Photoluminescence)



รูปที่ 3.4-4 โครงสร้างทั่วไปของหลอดฟลูออเรสเซนต์

การทำงานของหลอดฟลูออเรสเซนต์จะมีบัลลาสต์และสตาร์ทเตอร์เข้ามาเกี่ยวข้องด้วยตามวงจร แสดงในรูปที่ 3.4-5 โดยบัลลาสต์จะต่ออนุกรมกับหลอด ทำหน้าที่ควบคุมกระแสที่ไหลเข้าสู่ขั้วหลอด ส่วนสตาร์ทเตอร์ (Starter) จะต่อขนานกับขั้วหลอดทั้งสองข้าง ทำหน้าที่จุดหลอดและถูกตัดออกมาจากวงจรเมื่อหลอดติดแล้ว วงจรดังรูปเป็นวงจรสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ส่วนมากที่ไส้หลอดจะต้องทำการอุ่นก่อนการจุดหลอด ซึ่งการอุ่นจะอาศัยสตาร์ตเตอร์ อย่างไรก็ตามหลอดฟลูออเรสเซนต์แบบจุดติดเร็วซึ่งมีการอุ่นไส้หลอดตลอดเวลา และหลอดแบบจุดติดทันที (Instant Start) ซึ่งไม่ต้องอุ่นไส้หลอด หลอดทั้ง 2 แบบนี้ไม่จำเป็นต้องมีสตาร์ตเตอร์



รูปที่ 3.4-5 วงจรการทำงานและการนำกระแสของก๊าซเมื่อจ่ายแรงดัน

ชนิดของหลอดฟลูออเรสเซนต์อาจแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่มใหญ่ๆ ได้แก่ หลอดฟลูออเรสเซนต์รูปทรงกระบอก (Tubular Fluorescent) และหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ (Compact Fluorescent) นอกจากนี้ยังมีหลอด ฟลูออเรสเซนต์อีกประเภทคือ หลอดฟลูออเรสเซนต์แบบเหนี่ยวนำ (Induction Fluorescent) ซึ่งใช้หลักการเปล่งแสงคล้ายหลอดฟลูออเรสเซนต์ทั่วไปแต่วิธีการจุดหลอดปล่อยประจุต่างกัน

3.4.1.5 หลอดฟลูออเรสเซนต์รูปทรงกระบอก (Tubular Fluorescent) เป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์รุ่นแรกที่ผลิตออกมา ได้รับความนิยมมาก เนื่องจากมีประสิทธิผลสูง และมีอายุการใช้งานที่นานกว่าหลอดไส้ รูปร่างของหลอดมีลักษณะแตกต่างกัน 3 แบบ ได้แก่ แบบทรงกระบอกตรง แบบทรงกระบอกรูปตัวยู (U-shape) และแบบทรงกระบอกรูปวงกลม ดังแสดงในรูปที่ 3.4-6

(ก) แบบทรงกระบอกตรง (ข) แบบทรงกระบอกรูปตัวยู (ค) แบบทรงกระบอกรูปวงกลม

รูปที่ 3.4-6 หลอดฟลูออเรสเซนต์รูปทรงกระบอกรูปแบบต่างๆ

หลอดฟลูออเรสเซนต์มีวิวัฒนาการและเริ่มผลิตมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2482 หลอดฟลูออเรสเซนต์ยุคแรก มีเส้นผ่านศูนย์กลางถึง 38 mm (หรือ 1.5 นิ้ว) มีรหัสเรียกว่า T12 (ปัจจุบันเลิกผลิตจำหน่ายแล้ว) ต่อมาหลอดประเภทนี้ได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องเพื่อให้มีประสิทธิผลสูงขึ้นและใช้กำลังไฟลดลง โดยหลอดประเภทนี้เรียกว่า หลอดผอม ทั่วไปมีเส้นผ่านศูนย์กลางเพียง 26 mm (หรือ 1 นิ้ว) มีรหัสเรียกว่า T8 ซึ่งขนาดที่นิยมใช้กันโดยทั่วไปได้แก่ 18 W 36 W และ 58W

ปัจจุบันหลอดฟลูออเรสเซนต์แบบฟลักซ์การส่องสว่างสูง ได้พัฒนาเทคโนโลยีสารเรืองแสงที่เคลือบด้านในใหม่ เรียกว่า ไตรฟอสเฟอร์ (Tri-phosphor) โดยมีชื่อเรียกทางการค้าว่า หลอดขั้วเขียว เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ควบคุมปริมาณสารปรอทให้ต่ำเพียง 3-5 มิลลิกรัมต่อหลอด (ขณะที่ของเดิมมีปริมาณปรอทถึง 15-40 มิลลิกรัมต่อหลอด) ซึ่งใช้หลักการผสมแม่สี 3 สี คือ แดง เขียว น้ำเงิน เคลือบสารเป็นสารเรืองแสงภายใน ทำให้แสงสีที่เปล่งออกมามีครบทุกเฉดสี ผลทำให้ดัชนีบอกความถูกต้องของสีของหลอดสูงขึ้นและทำให้ปริมาณฟลักซ์การส่องสว่างเพิ่มขึ้นถึง 30% มีประสิทธิผลการส่องสว่างสูงขึ้น และอายุการใช้งานนานขึ้น

สีของหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่นิยมใช้กันมี 3 แบบคือ Warm White, Cool White, และ Day Light โดยที่หลอดฟลูออเรสเซนต์แบบ Warm White เหมาะที่จะใช้กับบริเวณที่ต้องการค่าความสว่างไม่เกิน 300 ลักซ์ แต่ต้องการความรู้สึกที่อบอุ่น หลอดฟลูออเรสเซนต์แบบ Day Light เหมาะที่ใช้กับสถานที่ที่ต้องการค่าความสว่างสูง หลอดฟลูออเรสเซนต์แบบ Cool White เหมาะที่ใช้กับบริเวณที่ต้องการความสว่างไม่เกิน 500 ลักซ์

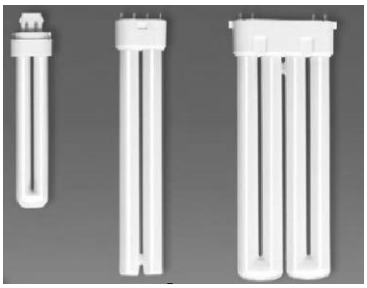
ต่อมาได้มีการพัฒนาหลอดฟลูออเรสเซนต์รุ่นใหม่คือหลอดฟลักซ์การส่องสว่างสูง ประสิทธิภาพสูง (High Efficiency Lamps: HE Lamps) หรือหลอด T5 หลอดฟลูออเรสเซนต์รุ่นใหม่นี้มีขนาดเล็กมาก คือมีเส้นผ่านศูนย์กลางเพียง 16 mm (หรือ 5/8 นิ้ว) มีรหัสเรียกว่า T5 แต่หลอดประเภทนี้จะต้องใช้ร่วมกับอิเล็กทรอนิกส์บัลลาสต์ โดยขนาดมีทั้งที่เป็นแบบมาตรฐาน (Standard) ที่มีขนาดต่างๆ ได้แก่ 14 W 21 W 28 W และ 35W และแบบความเข้มสูง (High output, HO) ที่มีขนาดต่างๆ ได้แก่ 24W 39W 54W และ 80W หากจะเปรียบเทียบปริมาณแสง และประสิทธิภาพการส่องสว่างของหลอด T5 T8 และ T12 สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 3.4-6 จะเห็นได้ว่าพัฒนาการของ T5 ทำให้ได้หลอดฟลูออเรสเซนต์ที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น

ตารางที่ 3.4-6 การเปรียบเทียบปริมาณแสง และประสิทธิภาพการส่องสว่างของหลอด T5 T8 และ T12

ประเภทหลอด	กำลังไฟฟ้า (วัตต์)	ความยาว (นิ้ว)	ปริมาณแสง (ลูเมน)		ประสิทธิภาพการส่องสว่าง (ลูเมน ต่อ วัตต์)
			เริ่มต้น	ค่าเฉลี่ยตลอดอายุการใช้งาน	
T5 มาตรฐาน	14	22	1350	1269 – 1275	96
	21	34	2100	1974 – 2000	100
	28	46	2900	2726 – 2750	104
	35	58	3650	3431 – 3450	104
T5 ความเข้มสูง	24	22	2000	1880 – 1895	83
	39	34	3500	3290 – 3320	90
	54	46	5000	4700 – 4740	93
	80	58	7000	6580 – 6650	88
T12	40	48	3050 – 3250	2775 – 2950	81
	34	48	2650 - 2800	2430 – 2520	82
T8	32	48	2700 - 2850	2550 - 2710	89
ที่มา: http://dsm.egat.co.th/t5/t5vst8.php: 27/11/2007					

3.4.1.6 หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ (Compact Fluorescent) หลอดประเภทนี้เป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้ทดแทนหลอดอินแคนเดสเซนต์ โดยหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์นี้มีอายุการใช้งานประมาณ 8,000 ชั่วโมงและประหยัดไฟได้มากกว่าหลอดอินแคนเดสเซนต์ เนื่องจากหลอดประเภทนี้มีค่าประสิทธิผลการส่องสว่างประมาณ 50-80 ลูเมนต่อวัตต์ ดังนั้นจึงสามารถใช้หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ได้ในบางพื้นที่หรือบางกิจกรรม โดยเฉพาะบริเวณที่ต้องมีการเปิดไฟทิ้งไว้เป็นเวลานานเช่น ไฟส่องสว่างทางเดิน เป็นต้น

สำหรับการใช้หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์เพื่อทดแทนหลอดฟลูออเรสเซนต์เช่นการส่องสว่าง ในสำนักงานนั้นจะต้องพิจารณาจากคุณลักษณะของแหล่งกำเนิดแสง เนื่องจากหลอดคอมแพคฟลูออเรส-เซนต์ มีลักษณะของแสงที่เป็นจุด ดังนั้นหากใช้ทดแทนหลอดฟลูออเรสเซนต์ซึ่งลักษณะของแสงเป็นแนวยาวจะทำให้เกิดเงาขึ้นเป็นจำนวนมาก หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์มีทั้งแบบบัลลาสต์แยก และแบบบัลลาสต์ในตัว ซึ่งมีรูปร่างลักษณะดังรูปที่ 3.4-7 และข้อมูลทั่วไปเกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพพลังงานได้แสดงไว้ในตารางที่ 3.4-7



ก) แบบบัลลาสต์แยกภายนอก

ข) แบบบัลลาสต์ในตัว

รูปที่ 3.4-7 หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์แบบต่างๆ

ตารางที่ 3.4-7 ข้อมูลทั่วไปของหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์

ชนิด	กำลังไฟฟ้า (W)	ฟลักซ์การส่องสว่าง (lm)	ประสิทธิผลการส่องสว่าง (lm/W)
บัลลาสต์แยกภายนอก	8	360	45
	14	720	51.5
	18	1,000	55.6
บัลลาสต์ในตัว	8	390	48.8
	11	650	59.1
	15	950	63.4
	23	1,350	58.7

3.4.1.7 หลอดฟลูออเรสเซนต์แบบเหนี่ยวนำ (Induction Fluorescent) หลอดประเภทนี้มีหลักการทำงานคือ เมื่อรับไฟผ่านจากบาลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ชนิดพิเศษเข้ามาที่ขดลวดปฐมภูมิที่พันอยู่บนแกนเฟอร์ไรต์ ตัวหลอดที่คล้องอยู่ในแกนเฟอร์ไรต์เสมือนเป็นทุติยภูมิ ไฟฟ้ากระแสสลับความถี่สูงจากขดลวดปฐมภูมิ จะสร้างสนามแม่เหล็กขึ้นที่รอบตัวหลอด ทำให้เกิดแรงดันสูงเหนี่ยวนำขึ้นที่หลอด ส่งผลให้อิเล็กตรอนภายในหลอดเกิดการแตกตัวและวิ่งไปกระทบกับอะตอมปรอทปล่อยรังสียูวี และผ่านสารเรืองแสงที่เคลือบด้านในผิวหลอดกลายเป็นแสง ที่มองเห็นได้ ซึ่งหลักการเปล่งแสงคล้ายหลอดฟลูออเรสเซนต์ทั่วไป เนื่องจากหลอดประเภทนี้ไม่มีขั้วหลอด จึงมีอายุการใช้งานนาน เช่น หลอดขนาด 100-150 W มีอายุการใช้งานนานถึง 60,000 ชั่วโมง มี

ค่าฟลักซ์การส่องสว่าง 8,000-12,000 lm และประสิทธิภาพ 80 lm/W ลักษณะและข้อมูลทั่วไปของหลอดฟลูออเรสเซนต์แบบเหนี่ยวนำแสดงดังรูปที่ 3.4-8 และตารางที่ 3.4-8

รูปที่ 3.4-8 หลอดฟลูออเรสเซนต์แบบเหนี่ยวนำ

ตารางที่ 3.4-8 ข้อมูลทั่วไปของหลอดฟลูออเรสเซนต์แบบเหนี่ยวนำ อายุการใช้งานเฉลี่ย 60,000 ชั่วโมง

กำลังไฟฟ้า (W)	**ฟลักซ์การส่องสว่าง (lm)**	**ประสิทธิผลการส่องสว่าง (lm/W)**
100	8,000	80
150	12,000	80

3.4.1.8 หลอดโซเดียมความดันต่ำ (Low Pressure Sodium) เป็นหลอดที่มี**ประสิทธิผลการส่องสว่าง สูงที่สุด**ในบรรดาหลอดทั้งหมดคือจะมีค่าประสิทธิผลการส่องสว่าง 100 - 189 lm/W หลอดโซเดียมความดันต่ำจะใช้ก๊าซนีออน (Neon) และก๊าซอาร์กอน (Argon) ช่วยในการจุดติดหลอด โดยในการดีสชาร์จจะทำให้ผนังหลอดแก้วร้อนขึ้น ซึ่งจะทำให้โซเดียมกลายเป็นไอ ให้แสงสีเหลือง หลอดนี้มีช่วงเวลาที่ใช้ในการจุดติดหลอดและช่วงเริ่มเปล่งแสง (Run-Up) 12 - 15 นาที ข้อมูลทั่วไปแสดงดังตารางที่ 3.4-9

เนื่องด้วยประสิทธิผลการส่องสว่างที่สูงของหลอดโซเดียมความดันต่ำ หลอดชนิดนี้จึงเหมาะที่จะใช้เพื่อการอนุรักษ์พลังงานในกรณีที่ต้องเปิดไฟไว้เป็นระยะเวลานาน อาทิเช่น ไฟส่องบริเวณแยก **หลอดให้ความเพี้ยนสีสูง** จึงไม่ควรนำไปใช้กับกิจกรรมหรือบริเวณที่ต้องความถูกต้องของสีสูง

รูปที่ 3.4-9 หลอดโซเดียมความดันต่ำ

ตารางที่ 3.4-9 ข้อมูลทั่วไปของหลอดโซเดียมความดันต่ำ อายุการใช้งานเฉลี่ย 14,000 ชั่วโมง

ชนิด	กำลังไฟฟ้า (W)	ฟลักซ์การส่องสว่าง (lm)	ประสิทธิผลการส่องสว่าง (lm/W)
ชนิดธรรมดา	35	4,500	123
	55	7,800	148
	90	13,000	146
	135	20,800	161
	180	32,500	179
ชนิดปรับปรุงประสิทธิผลการส่องสว่าง	18	1,800	100
	26	3,600	144
	36	5,800	171
	66	10,500	172
	91	17,000	189
	180	32,500	180.6

3.4.1.9 หลอดไอปรอทความดันสูง (High Pressure Mercury) หรือ**หลอดแสงจันทร์** เป็นหลอดดีสชาร์จความดันสูงชนิดแรกที่มีการผลิตขึ้นมาใช้งาน เพื่อใช้ทดแทนหลอดฟลูออเรสเซนต์ หลอดชนิดนี้ที่ใช้เป็นไฟส่องสว่างสำหรับไฟถนนในซอย หลักการทำงานของหลอดไอปรอทความดันสูง อาจแบ่งได้เป็น 3 ช่วงดังนี้ คือ ช่วงจุดหลอด (Ignition) ช่วงกำลังเริ่มเปล่งแสง (Run-Up) และช่วงสภาวะคงตัว (Stabilization)

ช่วงจุดหลอด (Ignition) เกิดจากการทำงานของขั้วไฟฟ้าช่วย (Auxiliary Electrode) ของหลอด โดยเมื่อเริ่มจุดหลอดจะเกิดแรงดันคร่อมระหว่างขั้วไฟฟ้าหลักและขั้วไฟฟ้าช่วย ซึ่งทำให้เกิดการดีสชาร์จของก๊าซ ตัวต้านทานที่ต่ออยู่ที่ขั้วไฟฟ้าจะเป็นตัวจำกัดกระแส จนสุดท้ายจะเกิดเป็นอาร์กดีสชาร์จระหว่างขั้วไฟฟ้าหลัก ซึ่งในช่วงจุดหลอดนี้ หลอดจะทำงานที่สภาวะความดันต่ำ และหลอดจะเกิดแสงสีฟ้าขึ้น

ช่วงกำลังเริ่มเปล่งแสง (Run-Up) หลังจากจุดหลอดแล้ว อาร์คดีสชาร์จที่เกิดขึ้นในหลอดจะเป็นตัวทำให้อุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งจะทำให้ปรอทกลายเป็นไอ โดยแสงที่ได้จากหลอดจะยังมีค่าไม่เต็มที่จนกว่าปรอทในหลอดดีสชาร์จจะกลายเป็นไอทั้งหมด เมื่อความดันไออยู่ในช่วงประมาณ 2-15 kpa แสงจะเริ่มมีสีขาว ซึ่งระยะเวลาที่ใช้ตั้งแต่จุดไส้หลอดจนถึงเวลาที่หลอดให้แสงสว่าง 80% จะมีค่าประมาณ 4 นาที

ช่วงสภาวะคงที่ (Stabilization) เป็นช่วงที่หลอดให้ความสว่างเต็มที่ซึ่งจะใช้เวลาทั้งหมดประมาณ 5 นาที

หลอดไอปรอทความดันสูงสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทได้แก่แบบใส และแบบเคลือบสารช่วยกระจายแสง (ดังรูปที่ 3.4-10) และแบ่งตามโครงสร้างวงจรได้เป็น 2 แบบ คือ แบบใช้บัลลาสต์ กับแบบไม่ใช้บัลลาสต์ ในหลอดแบบใช้บัลลาสต์ มีค่าประสิทธิผลการส่องสว่างประมาณ 40-60 ลูเมนต่อวัตต์ มีอายุการใช้งานประมาณ 14,000 ชั่วโมง และฟลักซ์การส่องสว่างจะลดลงตามอายุการใช้งานของหลอด

หลอดไอปรอทความดันสูงแบบใส

หลอดไอปรอทความดันสูงแบบเคลือบ

รูปที่ 3.4-10 หลอดไอปรอทความดันสูงแบบใสและแบบเคลือบ

สำหรับในหลอดแบบไม่ใช้บัลลาสต์ช่วยจุดหลอด บางครั้งถูกเรียกว่า หลอดแสงผสม (Blended Light Lamp) เพื่อใช้ทดแทนหลอดไส้ที่กำลังไฟฟ้าสูงๆ ภายในจะมีไส้หลอดลักษณะคล้ายหลอดไส้ให้ความร้อนและเปล่งแสงในช่วงแรกทันทีเพื่อช่วยกระตุ้นให้ก๊าซภายในหลอดอาร์คแตกตัวและเปล่งแสงจริงให้หลอดอาร์คสว่างเต็มที่ หลอดชนิดนี้มีประสิทธิผลการส่องสว่างไม่สูงมากนัก คือ 19-28 ลูเมนต่อวัตต์ มีอายุการใช้งานเฉลี่ยประมาณ 6,000 ชั่วโมง ซึ่งสั้นกว่าแบบใช้บัลลาสต์ แต่มีข้อดีคือเมื่อเปิดไฟ จะมีแสงสว่างที่ได้จากหลอดไส้ในช่วงแรกทันที ทำให้ ส่องสว่างพื้นที่ได้ไวกว่า ข้อมูลทั่วไปของหลอดไอปรอทความดันสูงแสดงดังตารางที่ 3.4-10 และ 3.4-11

ตารางที่ 3.4-10 ข้อมูลทั่วไปของหลอดไอปรอทความดันสูงแบบใช้บัลลาสต์ อายุการใช้งานเฉลี่ย 14,000 ชั่วโมง

ชนิด	กำลังไฟฟ้า (W)	ฟลักซ์การส่องสว่าง (lm)	ประสิทธิผลการส่องสว่าง (lm/W)
ใส	125	5,900	47.2
	400	21,000	52.5
เคลือบ	50	1,800	36
	80	3,700	46.3
	125	6,300	50.4
	250	13,000	52
	400	22000	55
	700	38,000	54.3
	1000	58,000	58
เคลือบแบบพิเศษ	50	2,000	40
	80	4,000	50
	125	6,500	52
	250	14,000	56
	400	24,000	60

ตารางที่ 3.4-11 ข้อมูลทั่วไปของหลอดไอปรอทความดันสูงแบบไม่ใช้บัลลาสต์ อายุการใช้งานเฉลี่ย 6,000 ชั่วโมง

ชนิด	กำลังไฟฟ้า (W)	ฟลักซ์การส่องสว่าง (lm)	ประสิทธิผลการส่องสว่าง (lm/W)
ใส	160	3,100	19.4
	250	5,600	22.4
	500	14,000	28

3.4.1.10 หลอดโซเดียมความดันสูง (High Pressure Sodium) เป็นหลอดที่ให้ประสิทธิภาพการมองเห็นที่ดีที่สุดเนื่องจากหลอดให้เปล่งแสงสีทองเหลือง ซึ่งเป็นสีที่ไวต่อการมองเห็นของมนุษย์ หลอดประเภทนี้ มีอายุการใช้งานยาวนานจึงนิยมใช้สำหรับการให้แสงสว่างภายนอกอาคารอาทิเช่น ที่จอดรถ ลานรับ-ส่งสินค้า ไฟสนามกีฬา เป็นต้น มีลักษณะแสดงดังรูปที่ 3.4-11

รูปที่ 3.4-11 หลอดโซเดียมความดันสูง

หลอดโซเดียมความดันสูงเป็นหลอดที่มีประสิทธิผลการส่องสว่างค่อนข้างสูง 70 - 140 lm/W แต่ให้ความถูกต้องของสีค่อนข้างต่ำ (CRI 23) ยกเว้นรุ่นที่มีการปรับปรุงคุณภาพของแสงซึ่งจะให้ความถูกต้องของสีประมาณ 60 - 85 หลอดไฟประเภทนี้ ต้องจุดไส้หลอดด้วยพัลส์แรงดันสูงประมาณ 1.8 - 5 kV และต้องใช้เวลาในการอุ่นไส้หลอดประมาณ 3 - 7 นาที แสงที่ออกมาจากหลอดจึงจะสว่างเต็มที่

หลอดโซเดียมความดันสูงสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ประเภทดังนี้ คือ หลอดโซเดียมความดันสูงแบบมาตรฐาน หลอดโซเดียมความดันสูงแบบประสิทธิผลการส่องสว่างสูง หลอดโซเดียมที่ออกแบบให้ใช้แทนหลอด ไอปรอทความดันสูงและหลอดโซเดียมความดันสูงที่มีความถูกต้องของสีสูง หลอดโซเดียมความดันสูงแบบมาตรฐานใช้เซนอน (Xenon) เป็นก๊าซช่วยจุดติดที่ความดันประมาณ 3 kPa โดยต้องใช้อิกนิเตอร์ช่วยในการทำให้ หลอดติด (ยกเว้นหลอดที่มีขนาดกำลังไฟต่ำ เช่น 50W และ 70W เนื่องจากว่าแรงดันจุดหลอด (Ignition Voltage) มีค่าสูงถึง 2.8 kV

หลอดโซเดียมความดันสูงแบบประสิทธิผลการส่องสว่างสูง สามารถทำได้โดยเพิ่มความดันของ Xenon เป็นประมาณ 30 kPa ซึ่งจะทำให้ประสิทธิภาพการส่องสว่างเพิ่มขึ้นจากหลอดโซเดียมความดันสูงแบบมาตรฐานประมาณ 15%

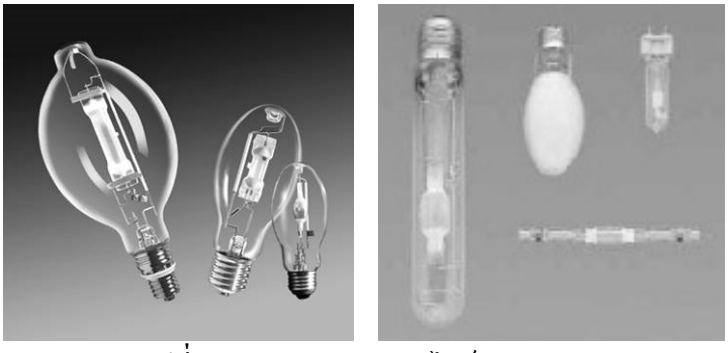
หลอดโซเดียมที่ออกแบบให้ใช้แทนหลอดไอปรอทความดันสูง หลอดประเภทนี้สามารถใช้กับบัลลาสต์หลอดไอปรอทความดันสูงได้ และไม่ต้องใช้อิกนิเตอร์ (Igniter) เนื่องจากมี Build-in Starting Aid หลอดโซเดียมความดันสูงประเภทนี้เมื่อใช้แทนหลอดไอปรอทความดันสูง จะใช้กำลังไฟฟ้าลดลง 15% และให้ ฟลักซ์การส่องสว่างเพิ่มขึ้น 40 % ข้อมูลทั่วไปของหลอดโซเดียมความดันสูงแสดงไว้ในตารางที่ 3.4-12

ตารางที่ 3.4-12 ข้อมูลทั่วไปของหลอดโซเดียมความดันสูง อายุการใช้งานเฉลี่ย 18,000 ชั่วโมง

ชนิด	กำลังไฟฟ้า (W)	ฟลักซ์การส่องสว่าง (lm)	ประสิทธิผลการส่องสว่าง (lm/W)
ชนิดมาตรฐาน	50	3,450	69
	70	5,600	80
	150	14,500	96.7
	250	26,500	106
	400	49,000	122.5
	1000	130,000	130
ชนิดประสิทธิผลการส่องสว่างสูง	100	10,000	100
	150	16,000	106.7
	250	30,000	120
	400	56,000	140
ชนิดใช้แทนหลอดไอปรอทความดันสูง	220	20,000	91
	350	34,500	98.6

3.4.1.11 หลอดเมทัลฮาไลด์ (Metal Halide) มีลักษณะการทำงานคล้ายหลอดไอปรอทความดันสูง แต่แตกต่างกันตรงที่ภายในหลอดประเภทนี้จะเติมสารประกอบเมทัลฮาไลด์เข้าไปกับปรอท เพื่อทำให้ได้สีของแสงดีขึ้น ดังนั้นหลอดเมทัลฮาไลด์นี้จึงมี**คุณสมบัติทางสีที่ดีเหมาะสำหรับใช้ในงานที่ต้องการแสงสีที่ดี** เช่นสนามกีฬาและโรงงานอุตสาหกรรมที่ต้องการเห็นแสงสีของวัสดุ เป็นต้น

ประสิทธิผลการส่องสว่างของหลอดเมทัลฮาไลด์ขึ้นอยู่กับขนาดกำลังไฟฟ้า แต่โดยทั่วไปแล้วจะมีค่าประมาณ 65- 95 ลูเมนต่อวัตต์ อายุการใช้งานหลอดประเภทนี้จะมีอายุการใช้งานน้อยกว่าหลอดไอปรอทความดันสูง คือมีอายุการใช้งานประมาณ 9,000 - 20,000 ชั่วโมง ลักษณะและข้อมูลทั่วไปของหลอดเมทัลฮาไลด์แสดงอยู่ในรูปที่ 3.4-12 และตารางที่ 3.4-13 ตามลำดับ

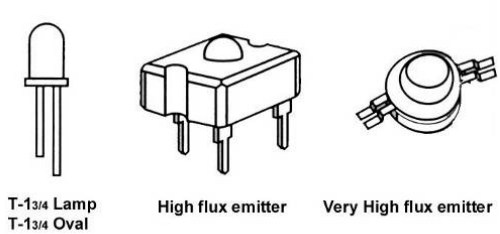


รูปที่ 3.4-12 หลอดเมทัลฮาไลด์

ตารางที่ 3.4-13 ข้อมูลทั่วไปของหลอดเมทัลฮาไลด์ อายุการใช้งานเฉลี่ย 9,000 - 20,000 ชั่วโมง

ชนิด	กำลังไฟฟ้า (W)	ฟลักซ์การส่องสว่าง (lm)	ประสิทธิผลการส่องสว่าง (lm/W)
ขั้วเดี่ยว (Tubular)	250	17,000	68
	400	31,500	78.8
	1000	81,000	81
	2000	189,000	94.5
ขั้วเดี่ยว (Double Envelope)	70	5,100	72.9
	150	11,000	73.4
สองขั้ว	70	5,500	78.6
	150	11,250	75
	250	20,000	80

3.4.1.12 หลอดแอลอีดี (Ligh Emitting Diode , LED) หลอดแอลอีดีเป็นอุปกรณ์**สารกึ่งตัวนำที่มีการเปล่งแสง** และถูกควบคุมการกระจายแสงด้วยเลนส์ที่เคลือบไว้ เมื่อใช้งานกับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง อิเล็กตรอนจะผ่านไปตามอุปกรณ์เซมิคอนดักเตอร์ทำให้เกิดแสงออกมาตามความถี่ของแสงที่ได้กำหนดไว้ ดังรูปที่ 3.4-13 ปัจจุบันได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีหลอดแอลอีดีให้มีความเข้มการส่องสว่างสูงจนสามารถใช้กับงานด้านแสงสว่างได้ซึ่งมีข้อดีเมื่อเทียบกับหลอดประเภทอื่น คือ ขนาดเล็กกระทัดรัด **ทนการสั่นสะเทือนสูง เปิดปิดได้บ่อยครั้ง อายุยาวนาน มีประสิทธิผลด้านแสงสูง ไม่มีการแผ่รังสียูวีและอินฟราเรด** ไม่มีกำลังสูญเสียในการจุดหลอด ซึ่งแอลอีดีสมัยใหม่ที่นิยมใช้งานด้านนี้คือ อะลูมินั่มอินเดียมแกลเลียมฟอสไฟด์ (Aluminum indium gallium phosphide, AllInGaP) และ อินเดียมแกลเลียมไนไตรด์ (Indium gallium nitride, InGaN) โดยแบ่งกลุ่มหลอดแอลอีดีสมรรถนะสูงดังนี้ คือ หลอดแอลอีดีทรงวงรี หลอดแอลอีดีฟลักซ์การส่องสว่างสูง (High flux emitter) และหลอดแอลอีดีฟลักซ์การส่องสว่างสูงมาก (Very high flux emitter) (ดูรูปที่ 3.4-13) ซึ่งนิยมใช้กับงานป้ายโฆษณา ป้ายสัญลักษณ์ และไฟสัญญาณจราจร หรืองานที่ต้องการลักษณะการให้แสงที่มีความเข้มการส่องสว่างสูง โดยหลอดแอลอีดีสมรรถนะสูงขนาด 1 วัตต์ สีแดงจะให้ประสิทธิผลการส่องสว่างประมาณ 37 ลูเมนต่อวัตต์ สีเขียวจะให้ประสิทธิผลการส่องสว่างประมาณ 40 ลูเมนต่อวัตต์ สีน้ำเงินจะให้ประสิทธิผลการส่องสว่างประมาณ 12 ลูเมนต่อวัตต์ และสีขาวจะให้ประสิทธิผลการส่องสว่างประมาณ 34 ลูเมนต่อวัตต์ มีอายุการใช้งานประมาณ 50,000 ชั่วโมง

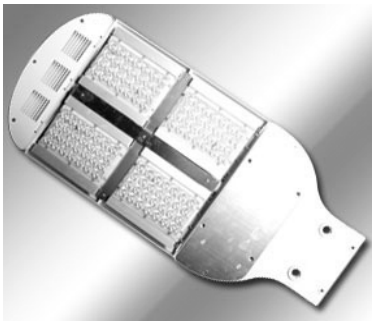


รูปที่ 3.4-13 หลอดแอลอีดีสมรรถนะสูง

ปัจจุบันได้มีการพัฒนาแอลอีดีให้อยู่ในรูปหลอดไฟที่มีขั้วหลอดแบบทั่วไป เช่น E27 และ E40 ซึ่งสามารถเปลี่ยนทดแทนหลอดไส้ หรือหลอดปล่อยประจุความเข้มแสงสูง (HID) ได้เลย (ดูรูปที่ 3.4-14) สามารถใช้ได้ทั้งในและนอกอาคาร และในสถานที่ที่ไม่ต้องการการเกิดประกายไฟช่วงจุดหลอด ทำงานได้ในอุณหภูมิช่วงกว้างถึง -40 ถึง 180 องศาฟาเรนไฮน์ ความเสื่อมทางแสงต่ำ จุดติดเร็ว ไม่ต้องใช้บัลลาสต์ในหลอดแอลอีดีย่อยแต่ละตัวจะมีขนาดเล็ก มีเลนส์ค่าสะท้อนแสงสูงอยู่ในตัว และบังคับทิศทางแสงส่องลงด้านล่างเป็นหลัก จึงไม่จำเป็นต้องใช้โคมที่มีการสะท้อนแสงสูง มีแสงบาดตาต่ำ ประหยัดเงินค่าบำรุงรักษา หลอดประเภทนี้ยังไม่นิยมใช้แพร่หลายเนื่องจากมีราคาสูงอยู่มาก ข้อมูลทั่วไปของหลอดแอลอีดีสมรรถนะสูงแสดงไว้ในตารางที่ 3.4-14

ก) หลอดขนาด 5 W 300 lm ขั้วหลอด E27

ข) หลอดขนาด 28 W 2,100 lm ขั้วหลอด E40



ค) หลอดสำหรับไฟถนนชนิดสำเร็จรูปทั้งดวงโคม

รูปที่ 3.4-14 หลอดแอลอีดีสมรรถนะสูงที่ออกแบบใช้ทดแทนหลอดไฟแบบทั่วไป

ตารางที่ 3.4-14 ข้อมูลทั่วไปของหลอดแอลอีดีสมรรถนะสูงที่ออกแบบในรูปหลอดไฟขั้วหลอดแบบทั่วไป อายุการใช้งานเฉลี่ย 50,000 ชั่วโมง

ชนิด	กำลังไฟฟ้า (W)	ฟลักซ์การส่องสว่าง (lm)	ประสิทธิผลการส่องสว่าง (lm/W)
ขั้วหลอดแบบ E27	5	300	60
ขั้วหลอดแบบ E40 และแบบสำเร็จรูปทั้งดวงโคม	28	2,100	75
	48	3,300	68.8
	60	4,400	73.4
	80	6,000	75
	100	7,600	76
	125	9,400	75.2
	140	10,600	75.7
	180	13,800	76.7

จากประเภทหลอดไฟที่ได้กล่าวมาข้างต้นทั้งหมด สามารถทำการสรุปเปรียบเทียบข้อมูลสำคัญเกี่ยวกับประสิทธิภาพพลังงานของหลอดไฟประเภทต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 3.4-15

ตารางที่ 3.4-15 การเปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพพลังงานของหลอดไฟ

ชนิดหลอด	กำลังไฟฟ้า (W)	ฟลักซ์การส่องสว่าง (lm)	ประสิทธิผลการส่องสว่าง (lm/W)	อายุการใช้งานเฉลี่ย (h)
อินแคนเดสเซนต์	15-500	120-8,400	8-17	1,000
ฮาโลเจนแรงดันปกติ	75-2,000	975-50,000	13-25	2,000
ฟลูออเรสเซนต์ ฟลักซ์การส่องสว่างสูง	18-36	1,300-3,350	72-93	12,000
ฟลูออเรสเซนต์ฟลักซ์การส่องสว่างสูง ประสิทธิภาพสูง	14-35	1,350-3,650	93-104	20,000
คอมแพคฟลูออเรสเซนต์ บัลลาสต์แยกภายนอก	8-18	360-1,000	45-56	8,000
คอมแพคฟลูออเรสเซนต์ บัลลาสต์ในตัว	8-23	420-1,350	53-64	8,000
ฟลูออเรสเซนต์	100-150	8,000-12,000	80	60,000

ชนิดหลอด	กำลังไฟฟ้า (W)	ฟลักซ์การส่องสว่าง (lm)	ประสิทธิผลการส่องสว่าง (lm/W)	อายุการใช้งานเฉลี่ย (h)
แบบเหนี่ยวนำ				
โซเดียมความดันต่ำ (ประสิทธิผลการส่องสว่างสูง)	18-180	1,800-32,500	100-181	14,000
ไอปรอทความดันสูง (เคลือบ) แบบใช้บัลลาสต์	50-1,000	1,800-58,000	36-58	14,000
ไอปรอทความดันสูง แบบไม่ใช้บัลลาสต์	160-250	3,100-5,600	19-22	6,000
โซเดียมความดันสูง (มาตรฐาน)	50-1,000	3,450-130,000	69-130	18,000
โซเดียมความดันสูง ประสิทธิผลการส่องสว่างสูง	100-400	10,000-56,000	100-140	18,000
เมทัลฮาไลด์ (ขั้วเดี่ยว)	70-2,000	5,100-189,000	73-95	20,000
เมทัลฮาไลด์ (สองขั้ว)	70-2,000	5,500-220,000	79-80	9,000
แอลอีดีสมรรถนะสูง ขั้วหลอดแบบ E27	5	300	60	50,000
แอลอีดีสมรรถนะสูง ขั้วหลอดแบบ E40	28-180	2,100-13,800	75-77	50,000

ตารางที่ 3.4-16 แสดงอุณหภูมิสีของแสงจากหลอดไฟฟ้าที่ใช้กันทั่วไป

โทนสีของแสง	อุณหภูมิสีของแสง (K)	ตัวอย่างหลอดไฟ
สีหลอดไส้ (Incandescent; I)	ประมาณ 2,700	หลอดอินแคนเดสเซนต์
สีขาวเหลือง (Warm White;	ประมาณ 3,000	หลอดทังสเตนฮาโลเจน
สีขาว (White; W)	ประมาณ 3,500	หลอดไอปรอทความดันสูง
สีขาวเย็น (Cool White; CW)	ประมาณ 4,000	หลอดเมทัลฮาไลด์
สีขาวฟ้า (Daylight; D)	5,000 ถึง 6,000	หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์
สีขาวฟ้าย็น (Cool Daylight;	6,500 ขึ้นไป	หลอดฟลูออเรสเซนต์

การเลือกใช้แสงที่มีอุณหภูมิสีต่างกันจะทำให้บรรยากาศต่างกันไปด้วยโทนสีอุ่น จะทำให้ความรู้สึกผ่อนคลาย ส่วนโทนสีเย็นจะให้ความรู้สึกตื่นตัว จึงเหมาะที่จะใช้ในพื้นที่ทำงานมากกว่า

3.5 การพิจารณาเลือกใช้หลอดไฟ

การเลือกหลอดไฟฟ้าเพื่อการอนุรักษ์พลังงานอาจพิจารณาได้จาก ตารางที่ 3.5-1 ได้แสดงสรุปเปรียบเทียบสมบัติด้านต่างๆ ของหลอดไฟเพื่อประโยชน์ในการตัดสินเลือกใช้หลอดไฟ

ตารางที่ 3.5-1 การเปรียบเทียบสมบัติด้านต่างๆ ของหลอดประเภทต่างๆ

รายละเอียด	Incandescent	Tubular fluorescent	Compact fluorescent	Discharge
ราคาต้นทุน	ถูก	ต่ำ	ปานกลาง	ปานกลาง – สูง
ค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน	สูง	ต่ำ	ต่ำ	ต่ำ – ต่ำมาก
กำลังไฟฟ้า (วัตต์)	15 – 1,500	8 – 150	9 – 36	35 – 3,500
อายุ (ชั่วโมง)	1,000	5,000 – 20,000	8,000	4,000 – 24,000
อัตราการเสื่อมของลูเมน	15%	15 – 20%	15-30%	10-40%
ความถูกต้องของสี[1]	ดี	ดี	ปานกลาง – ดี	น้อย – ดีมาก
ระยะเวลาในการจุดหลอด	ทันที	หน่วงเล็กน้อย	หน่วงเล็กน้อย	5 – 10 นาที
ความสูงที่ติดตั้ง	สูงสุด 6 เมตร	สูงสุด 6 เมตร	สูงสุด 6 เมตร	6 – 30 เมตร
การใช้งาน	ระดับแสงต่ำๆ หรือแสงสว่างที่ใช้ในการตบแต่ง เช่น ตู้โชว์	แสงสว่างภายในทั่วไป โรงงานอุตสาหกรรม, อาคารพาณิชย์, สำนักงาน, โรงเรียน, บ้าน	แสงสว่างภายในทั่วไป โรงงานอุตสาหกรรม, อาคารพาณิชย์, สำนักงาน, โรงเรียน, บ้าน	แสงสว่างภายนอก, ไฟถนน, ไฟตกแต่ง, แสงสว่างภายในที่ต้องติดตั้งในระดับที่สูง
อื่นๆ	แรงดันที่เปลี่ยนแปลงจะมีผลต่อแสงสว่างจากหลอด	แรงดันที่เปลี่ยนแปลงจะมีผลต่อแสงสว่างจากหลอด ความถี่ในการเปิดปิดจะทำให้อายุของหลอดสั้นลง	สามารถใช้ติดตั้งแทนหลอดอินแคนเดสเซนต์ได้โดยตรง	ต้องใช้คู่กับบัลลาสต์ที่เฉพาะของหลอด, การเลือกใช้ประเภทของหลอดชนิดนี้ต้องเหมาะสมกับสถานที่ใช้งาน

หมายเหตุ

[1] **ดัชนีบอกความถูกต้องของสี (Color Rendering Index, CRI)** เป็นการวัดค่าของหลอดไฟว่ามีประสิทธิภาพในการแสดงคุณลักษณะของสีเป็นอย่างไร โดยจะใช้ค่าดัชนีบอกความถูกต้องของสีเป็นตัวเปรียบเทียบ ดังนั้นค่า CRI จะเป็นตัวบ่งชี้ความถูกต้องของสีของหลอดไฟชนิดต่างๆ เปรียบเทียบกับความถูกต้องของสีที่ได้จากแสงอาทิตย์ซึ่งมีค่า CRI เท่ากับ 100

3.6 อุปกรณ์ที่ใช้ร่วมกับหลอดไฟฟ้าที่มีผลต่อประสิทธิภาพพลังงาน

3.6.1 บัลลาสต์

บัลลาสต์เป็นอุปกรณ์ที่จำเป็นสำหรับการใช้งานควบคุมการทำงานของหลอดก๊าซดีสชาร์จ นอกจาก จะช่วยในการทำงานของวงจรไฟฟ้าแสงสว่างให้สมบูรณ์แล้ว ยังมีผลต่อการควบคุมฟลักซ์การส่องสว่าง อายุการใช้งานของหลอด และการใช้พลังงานไฟฟ้าในวงจรด้วยบัลลาสต์มีหน้าที่หลักที่สำคัญ 2 ประการ คือ

ก) ประการแรก ช่วยสร้างให้เกิดแรงดันเพียงพอในการจุดหลอดก๊าซดีสชาร์จให้ติดควบคุมปริมาณกระแสไฟฟ้าผ่านหลอดขณะสตาร์ทและทำงาน

ข) ประการที่สอง จ่ายกำลังไฟฟ้าให้หลอดอย่างเหมาะสม นอกจากนั้นอาจมีหน้าที่อื่นๆเช่น การปรับหรี่แสงสว่าง เป็นต้น

3.6.1.1 บัลลาสต์แกนเหล็ก (Electromagnetic Ballast) โครงสร้างเป็นขดลวดพันรอบแกนเหล็ก (core & coil) ซึ่งชนิดที่นิยมใช้ในประเทศไทยเป็นแบบตัวเหนี่ยวนำ (inductor) หรือเรียกว่า โช้ก (choke) โดยทำหน้าที่หลักทั้ง 2 ประการของบัลลาสต์ คือ สร้างแรงดันสูงเหนี่ยวนำเพื่อใช้จุดหลอดให้ติดและจำกัดกระแสให้หลอดอย่างเหมาะสมต้องเลือกให้เหมาะสมกับหลอดแต่ละประเภท แต่ละชนิด และแต่ละขนาด ซึ่งบัลลาสต์เป็นอุปกรณ์ที่จำเป็นสำหรับหลอดก๊าซดีสชาร์จเพราะเมื่อหลอดไฟผ่านขั้นตอนการจุดติดแล้วนั้น ค่าความต้านทานของหลอดจะลดลงอย่างมาก จึงต้องนำบัลลาสต์มาต่ออนุกรมในวงจรเพื่อทำหน้าที่เป็นตัวต้านทานมิให้กระแสไหลเกินพิกัดจนไส้หลอดขาด

การใช้งานร่วมกันระหว่างหลอดไฟฟ้าและบัลลาสต์จะต้องเป็นชนิดที่ออกแบบให้ใช้งานร่วมกันได้ หากใช้งานผิดชนิดกันย่อมทำให้เกิดผลเสียหายหลายอย่าง เช่น จุดหลอดติดยาก หลอดเสื่อมสภาพเร็ว อายุใช้งานสั้น กำลังสูญเสียในบัลลาสต์สูงซึ่งจะทำให้อายุงานบัลลาสต์สั้นลงได้ การใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพ จะต้องเลือกใช้บัลลาสต์ที่มีประสิทธิภาพสูงและเหมาะสมกับหลอดไฟ สามารถแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

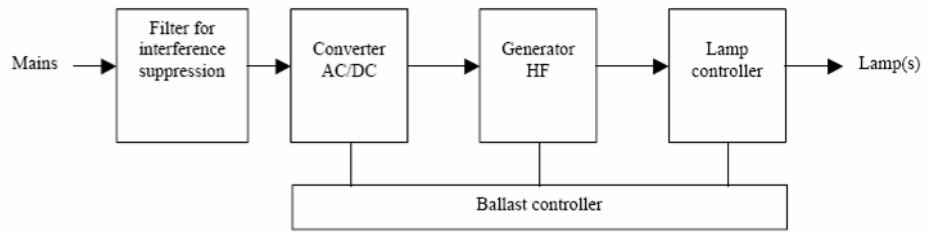
3.6.1.1.1 บัลลาสต์แกนเหล็กทั่วไป (Conventional ballast) ในการทำงานบัลลาสต์ซึ่งเป็นขดลวดพันอยู่รอบแกนเหล็กเพื่อสร้างค่าความเหนี่ยวนำสูง ซึ่งมีผลทำให้มีค่าความต้านทานสูงเกิดกำลังสูญเสียมากตามไปด้วย โดยมีค่า**กำลังสูญเสียประมาณ 8 - 12 วัตต์** สำหรับบัลลาสต์ที่ใช้กับหลอด 36 หรือ 40 วัตต์ และหลอด 18 หรือ 20 วัตต์ การสูญเสียดังกล่าวจะเปลี่ยนไปในรูปของความร้อน ทำให้อุณหภูมิบัลลาสต์ขณะใช้งานอาจสูงถึง 75 – 90 °C จะทำให้ฉนวนที่เคลือบขดลวดค่อยๆ เสื่อมสภาพและเสื่อมอายุการใช้งานตามเวลา โดยทั่วไปบัลลาสต์แกนเหล็กแบบทั่วไปตามมาตรฐาน มอก. มีอายุการใช้งานประมาณ 10 ปีใช้งาน (หากใช้งานไม่ตลอด 24 ชม. ต่อวัน ก็อาจใช้งานได้นานถึง 30 ปี ตลอดอายุอาคาร)

3.6.1.1.2 บัลลาสต์แกนเหล็กแบบกำลังสูญเสียต่ำ (low loss ballast) เป็นบัลลาสต์แกนเหล็กประสิทธิภาพสูง ที่ลดการสูญเสียพลังงานในบัลลาสต์เหลือเพียง**ประมาณ 5 - 6 วัตต์** โดยการใช้เส้นลวดที่มีขนาดใหญ่ขึ้นและใช้แกนเหล็กที่มีคุณภาพดี

ปัจจุบัน ประเทศไทยมีโครงการจัดตั้งภายใต้ความร่วมมือระหว่างบริษัทผู้ผลิต และ/หรือนำเข้าผลิตภัณฑ์บัลลาสต์ สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.) การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย การไฟฟ้านครหลวง การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค รวมทั้งหน่วยงานที่เกี่ยวข้องต่างๆ เพื่อให้ข้อมูลที่ชัดเจนแก่ประชาชน เกี่ยวกับค่าความสูญเสียพลังงานของบัลลาสต์ และระดับประสิทธิภาพของบัลลาสต์นั้นๆ เพื่อให้ผู้ประกอบการพัฒนาผลิตภัณฑ์บัลลาสต์ให้เป็นอุปกรณ์ที่ประหยัดพลังงานไฟฟ้าอีกประเภทหนึ่ง และเพื่อเป็นทางเลือกให้กับประชาชนในการใช้บัลลาสต์ที่มีคุณภาพสูงขึ้น สูญเสียพลังงานน้อยลงและสามารถหาซื้อได้ในราคาที่เหมาะสม เพื่อให้เกิดการยอมรับในมาตรฐานระดับประสิทธิภาพและคุณภาพของบัลลาสต์ประหยัดไฟฟ้า โดยกำหนดชื่อกลางเพื่อเรียกบัลลาสต์ดังกล่าวว่า **“บัลลาสต์เบอร์ 5 นิรภัย”** ซึ่งจะต้องผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทดสอบและรับรองจากสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุสาหกรรม มอก. 23 - 2521 และต้องมีค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียในตัวบัลลาสต์ต่ำกว่า 6 W ที่กระแสไฟฟ้าทดสอบไม่ต่ำกว่า 0.398A สำหรับบัลลาสต์ที่ใช้กับหลอด 36 W และกระแสทดสอบไม่ต่ำกว่า 0.343 A สำหรับบัลลาสต์ที่ใช้กับหลอด 18 W ในสภาวะ Hot Loss ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านเกณฑ์การทดสอบจะได้รับการติดฉลากเบอร์ 5 ลักษณะดังรูปที่ 3.6-1

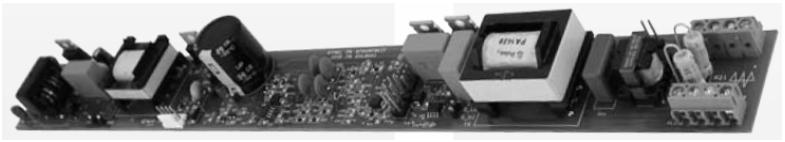
รูปที่ 3.6-1 ตัวอย่างฉลากบัลลาสต์กำลังสูญเสียต่ำ หรือ “บัลลาสต์เบอร์ 5 นิรภัย”
ที่มีค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียในตัวบัลลาสต์ต่ำกว่า 6 W ใช้สำหรับหลอดผอมขนาด 18 W หรือ 36 W

3.6.1.2 บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ (Electronic ballast) การทำงานของบัลลาสต์ชนิดนี้เหมือนบัลลาสต์แกนเหล็กมีโช้กทำหน้าที่หลักทั้ง 2 ประการของบัลลาสต์ แต่การจะลดการสูญเสียกำลังไฟฟ้าในโช้กได้โดยการลดขนาดโช้กให้เล็กลงนั้น จำเป็นต้องใช้วงจรอิเล็กทรอนิกส์ทำการเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายปกติความถี่ 50 Hz เป็นความถี่สูงไม่น้อยกว่า 20,000 Hz (เกณฑ์ 20 kHz เป็นความถี่สูงขั้นต่ำ ที่หูคนทั่วไปจะไม่ได้ยินเสียงการทำงาน) ซึ่งการใช้ความถี่สูงก็จะทำให้สามารถลดขนาดโช้กของบัลลาสต์ให้มีขนาดเล็ก น้ำหนักเบา มีการสูญเสียต่ำ และประหยัดไฟได้มากกว่าบัลลาสต์แกนเหล็กได้ ปัจจุบันมีการพัฒนาบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้งานในระดับความถี่ kHz – MHz ดังรูปที่ 3.6-2



รูปที่ 3.6-2 แผนผังแสดงส่วนทำงานหน้าที่ต่าง ๆ ของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์จะประกอบด้วยส่วนสร้างความถี่สูง (HF Generator) และ ส่วนโช้ก (Lamp Controller) โดยมีวงจรควบคุม (Ballast Controller) ควบคุมการทำงาน ส่วนวงจรกำจัดคลื่นรบกวน (Filter for Interference Suppression) นั้นเป็นวงจรที่อาจมีในบัลลาสต์ที่มีราคาสูงและจัดว่ามีคุณภาพดี ซึ่งบัลลาสต์ราคาถูกบางรุ่นอาจไม่มีวงจรส่วนนี้ ดังรูปที่ 3.6-3 บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์จะมีการสูญเสีย 1-2 วัตต์



รูปที่ 3.6-3 ตัวอย่างภาพอุปกรณ์ภายในกล่องบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์โดยทั่วไปแล้วจะมี**ค่าตัวประกอบกำลังต่ำ**จึงต้องใช้อุปกรณ์ปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลัง อุปกรณ์ปรับปรุงตัวประกอบกำลังจะถูกต่อระหว่างแหล่งจ่ายไฟและบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ อุปกรณ์ปรับปรุงตัวประกอบกำลังถูกออกแบบให้อยู่ในรูปขดลวดเหนี่ยวนำหรือวงจรอิเล็กทรอนิกส์ก็ได้ ในขณะที่อุปกรณ์ปรับปรุงตัวประกอบกำลังชนิดวงจรอิเล็กทรอนิกส์มักจะประกอบเข้าเป็นส่วนหนึ่งของบัลลาสต์

3.6.1.3 การเปรียบเทียบข้อดี ข้อเสีย และพลังงานที่ใช้ของบัลลาสต์ ในหัวข้อนี้กล่าวถึงข้อสรุปการเปรียบเทียบการใช้บัลลาสต์ชนิดต่าง ๆ ตั้งแต่เปรียบเทียบข้อดี ข้อเสีย ของบัลลาสต์แกนเหล็ก (ตารางที่ 3.6-1) และบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ (ตารางที่ 3.6-2) ในด้านการใช้งานและเปรียบเทียบกำลังสูญเสียในบัลลาสต์ของหลอดชนิดต่างๆ ข้อมูลทางไฟฟ้าของอิกนิเตอร์ที่ใช้กับหลอดก๊าซดีสชาร์จความดันสูง เปรียบเทียบลักษณะกระแสผ่านหลอดและแรงดันคร่อมหลอดเมื่อใช้บัลลาสต์ต่างชนิด เปรียบเทียบลักษณะกระแสผ่านหลอดและแรงดันคร่อมหลอดเมื่อใช้บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีคุณภาพต่ำและมีคุณภาพสูง เพื่อใช้เป็นแนวทางในการเลือกใช้งานให้เหมาะสม

ตารางที่ 3.6-1 ข้อดี-ข้อเสีย ของบัลลาสต์แกนเหล็ก

ข้อดี	ข้อเสีย
• ราคาต่ำ และอายุใช้งานยาวนานมาก (20 ปี) • ทนต่อสภาพแวดล้อม เช่น แรงดันไม่คงที่ อุณหภูมิสูง • ช่างติดตั้งได้อย่างคุ้นเคย และหาซื้อได้ทั่วไป	• มีการสูญเสียพลังงานสูงประมาณ 20%(6-10W) • เกิดความร้อนสู่สภาพแวดล้อมสูง มีเสียงฮัม • มีค่าตัวประกอบกำลังต่ำ (PF = 0.27 – 0.52) • ใช้เวลาประมาณ 2-3 วินาทีจึงให้แสงสว่างและมีการกระเพื่อม • มีการกระพริบเมื่อหลอดไฟฟ้า บัลลาสต์ หรือสตาร์ทเตอร์เสื่อม ซึ่งนอกจากเปลืองไฟแล้ว ยังอาจทำให้เกิดไฟไหม้ได้

ตารางที่ 3.6-2 ข้อดี-ข้อเสีย ของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

ข้อดี	ข้อเสีย
• ลดสูญเสียพลังงานประมาณ 20 % • ลดความร้อนสู่สภาพแวดล้อม และลดเสียงคราง • มีตัวประกอบกำลังสูง (โดยทั่วไป PF >0.96) • ให้แสงสว่างทันที และไม่มีการกระเพื่อม • มีวงจรควบคุมตัดการจ่ายกระแสไฟฟ้าเมื่อผิดปกติ • ความเสื่อมของหลอดไฟลดลง อายุใช้งานนานขึ้น • ใช้ไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูงได้ และหรี่แสงได้ • สามารถใช้กับหลอดไฟฟ้าได้ 3 - 4 หลอด • น้ำหนักเบา และไม่ต้องใช้สตาร์ทเตอร์ภายนอก	• ราคาสูง และอายุใช้งานสั้น • มีข้อจำกัดในการใช้งานในสถานที่มีอุณหภูมิสูง • มีฝุ่นละออง น้ำ ไอน้ำ หรือแรงดันไม่คงที่ • มีข้อที่ต้องระมัดระวังในการเลือกซื้อ และการเลือกใช้ให้เหมาะสมต่อลักษณะการใช้งาน

3.6.2 โคมไฟส่องสว่าง (Luminaries)

โคมไฟส่องสว่างเป็นอุปกรณ์ทำหน้าที่บังคับทิศทางของแสงจากหลอดไฟ ให้กระจายไปในทิศทางต่าง ๆ โคมไฟแต่ละชนิดจึงเหมาะสมกับงานที่แตกต่างกันไป การเลือกใช้โคมไฟจึงต้องพิจารณาปัจจัยต่าง ๆ ให้เหมาะสมกับสภาพการใช้งาน และความต้องการในเรื่องความสวยงามไปพร้อม ๆ กันด้วย และเพื่อให้ได้รับแสงสว่างมากขึ้นก็ควรใช้โคมไฟที่สะท้อนแสงให้มากที่สุด ปัจจุบันที่ใช้อย่างแพร่หลายคือส่วนที่สะท้อนแสงเป็นอะลูมิเนียมอโนไดซ์ (aluminium anodize)

การแบ่งดวงโคมประเภทต่างๆ ดวงโคมที่มีใช้กันอยู่ในปัจจุบันนี้จะมีอยู่หลายประเภท หลายขนาด และมีรูปร่างแตกต่างกันออกไป ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการนำไปใช้งานของดวงโคมแต่ละประเภท แต่ละสถานที่ ดวงโคมสามารถแยกประเภทได้ตามลักษณะการพิจารณา ดังนี้

- พิจารณาตามลักษณะประเภทและการติดตั้งดวงโคม
- พิจารณาตามลักษณะของการนำไปใช้งานของดวงโคม
- พิจารณาตามลักษณะของหลอดไฟที่จะใช้กับดวงโคม
- พิจารณาตามลักษณะของการกระจายแสงสว่างของดวงโคม

3.6.2.1 พิจารณาตามลักษณะประเภทและการติดตั้งดวงโคม เมื่อมีการติดตั้งดวงโคมผู้ออกแบบจะพิจารณาถึงลักษณะของสถานที่ที่จะติดตั้งดวงโคมว่าควรจะใช้ดวงโคมประเภทใด ซึ่งสามารถจำแนกประเภทของดวงโคมที่จะติดตั้งกับสถานที่ต่าง ๆ ได้ดังนี้

3.6.2.1.1 ดวงโคมสำหรับติดตั้งแบบห้อย หรือแขวนจากเพดานหรือคานลงมา มีลักษณะดังรูปที่ 3.6-4 (ก) และ (ข) ส่วนใหญ่แล้วดวงโคมประเภทนี้จะใช้สำหรับบริเวณที่มีความสูงจากพื้นงานถึงเพดานสูงกว่าปกติ หรือเพื่อความสวยงามและให้ได้แสงสว่างพอเพียง

(ก) ลักษณะดวงโคมของหลอดฟลูออเรสเซนต์แบบห้อยหรือแขวน

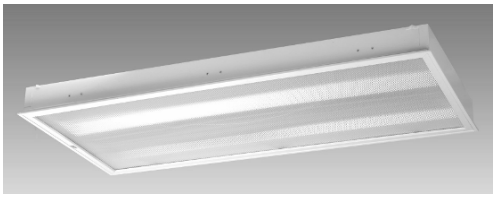
(ข) ลักษณะดวงโคมของหลอดอินแคนเดสเซนต์แบบ ห้อยหรือแขวน

รูปที่ 3.6-4 ลักษณะของดวงโคมสำหรับติดตั้งแบบห้อยหรือแขวน

3.6.2.1.2 ดวงโคมสำหรับยึดติดกับเพดาน คือ ดวงโคมที่ติดตั้งให้ตัวดวงโคมยึดติดกับฝ้าหรือเพดานมีลักษณะดังรูปที่ 3.6-5 ส่วนใหญ่แล้วจะใช้สำหรับบริเวณที่มีความสูงจากพื้นงานถึงเพดานไม่สูงนัก มักจะใช้ติดตั้งในสำหรับสำนักงานหรือตามบ้านเรือน

รูปที่ 3.6-5 ลักษณะของดวงโคมสำหรับยึดติดกับฝ้าหรือเพดาน

3.6.2.1.3 ดวงโคมสำหรับยึดติดเข้าไปในเพดานหรือฝ้า คือ ดวงโคมที่ติดตั้งแล้วจะต้องยึดติดลึกเข้าไปในส่วนของเพดาน อาจจะมีส่วนที่เป็นฝาครอบพลาสติกปิดหน้าของดวงโคมหรือเป็นตะแกรงอลูมิเนียมปิดอยู่ด้านหน้า โดยอาจจะมีส่วนที่ยื่นจากเพดานหรือไม่มีก็ได้ มีลักษณะดังรูปที่ 3.6-6 ส่วนใหญ่แล้วจะใช้สำหรับบริเวณที่มีความสูงจากพื้นฐานถึงเพดานไม่สูงนัก เหมาะสำหรับจะติดตั้งในสำนักงาน ตามห้างสรรพสินค้าหรือห้องอาหาร เป็นต้น



รูปที่ 3.6-6 ลักษณะดวงโคมของหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดติดยึดเข้าไปในเพดานหรือฝ้า

3.6.2.2 พิจารณาตามลักษณะของการนำไปใช้งาน ชนิดของโคมไฟออกตามลักษณะการนำไปใช้งาน ดังรูปที่ 3.6-7 เช่น โคมไฟสำหรับงานอุตสาหกรรม โคมไฟสำหรับบ้าน โคมไฟประดับ โคมไฟถนน นอกจากนี้ยังมีโคมไฟที่ออกแบบสำหรับงานพิเศษเฉพาะอย่าง เช่น โคมกันระเบิด ที่ใช้ในที่อาจติดไฟได้ง่าย โคมกันน้ำกันฝุ่น เป็นต้น

รูปที่ 3.6-7 ลักษณะของดวงโคมตามลักษณะการนำไปใช้งานสำหรับไฟถนนบริเวณโรงงานที่มีสารเคมี

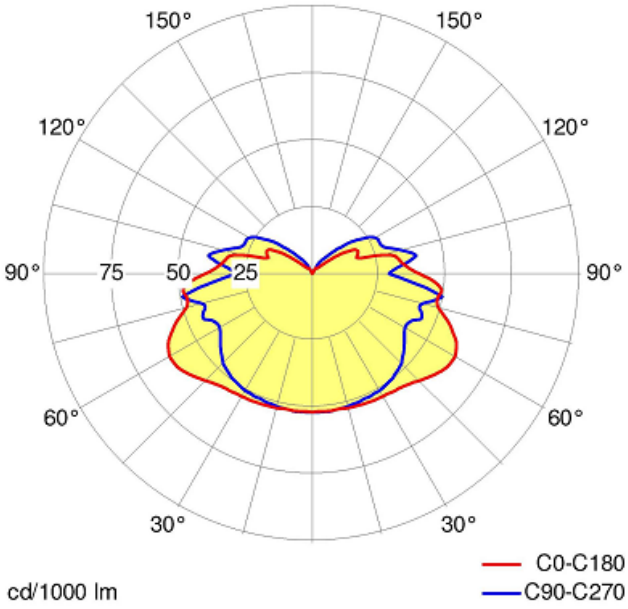
3.6.2.3 พิจารณาตามลักษณะของหลอดไฟ หลอดไฟที่ใช้อยู่ในปัจจุบันจะมีรูปร่าง ตลอดจนคุณลักษณะเฉพาะตัวเช่นกำลังไฟฟ้าที่ใช้ต่างกันออก ดังนั้นโคมไฟต้องถูกออกแบบเพื่อให้เหมาะสมกับลักษณะของหลอดและความปลอดภัยเมื่อนำมาใช้งาน หากแบ่งโคมไฟตามประเภทของหลอดอาจแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภทใหญ่ๆได้แก่ โคมไฟที่ใช้กับหลอดอินแคนเดสเซนต์ โคมไฟที่ใช้กับหลอดฟลูออเรสเซนต์ และโคมไฟที่ใช้กับหลอด HID ดังรูปที่ 3.6-8

โคมไฟสำหรับหลอดอินแคนเดสเซนต์ โคมไฟสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ โคมไฟสำหรับหลอดประเภท HID

รูปที่ 3.6-8 ลักษณะของดวงโคมที่พิจารณาตามลักษณะของหลอดไฟชนิดต่าง ๆ

3.6.2.4 พิจารณาตามลักษณะการกระจายแสงสว่างของดวงโคม

3.6.2.4.1 การกระจายกำลังการส่องสว่างของแสงสว่างของดวงโคม ดวงโคมแต่ละประเภท ที่ถูกสร้างขึ้นมาจะต้องมีการทดสอบหาค่าการกระจายกำลังการส่องสว่างของแสงสว่างของดวงโคมหรือหลอดไฟ (Candle Power Distribution) ซึ่งหมายถึงกราฟแสดงการกระจายแสงสว่างในหน่วยของกำลังเทียน โดยปกติแล้วหน้าที่โดยตรงของดวงโคมจะเป็นตัวควบคุมการกระจายแสงสว่างให้ไปตกลงบนพื้นที่ที่เราต้องการส่องสว่าง และดวงโคมแต่ละแบบแต่ละชนิดจะมีลักษณะการกระจายแสงสว่างไม่เหมือนกัน ซึ่งสามารถที่จะหารูปร่างลักษณะการกระจายกำลังการส่องสว่างของแสงสว่างของดวงโคมแต่ละดวงโคมนั้น ณ มุมต่าง ๆ รอบดวงโคมโดยให้อยู่ในแนวรัศมีเดียวกัน แล้วนำมาบันทึกลงในกระดาษกราฟในระบบพิกัดเชิงขั้วระยะเดียวกัน (Polar Coordinate) อาจจะได้เส้นโค้งการกระจายกำลังการส่องสว่างของแสงสว่างของดวงโคมออกมาดังรูป 3.6-9



รูปที่ 3.6-9 กราฟเส้นโค้งการกระจายความเข้มการส่องสว่างของดวงโคม

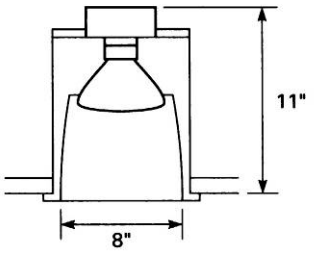
โดยปกติแล้วเส้นโค้งการกระจายกำลังการส่องสว่างของแสงสว่างของดวงโคมนี้จะมีลักษณะที่แตกต่างกันออกไปอีกหลายแบบ แล้วแต่ชนิดของดวงโคมที่เรานำมาทดสอบหรือแล้วแต่ชนิดของหลอดไฟที่มีรูปร่างแตกต่างกันออกไป

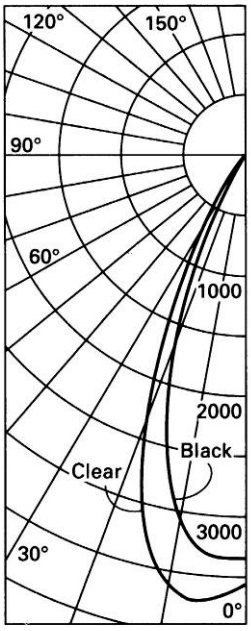
ประโยชน์จากเส้นโค้งการกระจายกำลังการส่องของแสงสว่างของดวงโคมนี้คือ ทำให้ทราบถึงลักษณะการกระจายแสงสว่างที่ออกจากดวงโคมแบบต่าง ๆ เพื่อให้สามารถเลือกใช้ดวงโคมได้เหมาะสมกับประเภทของงาน และค่าที่อ่านได้จากเส้นโค้งการกระจายกำลังการส่องสว่างของแสงสว่างของดวงโคมนี้เป็นค่าเฉพาะจุดใดจุดหนึ่งเท่านั้น ไม่ใช่ค่าเฉลี่ยทั่วพื้นที่บริเวณที่ต้องการคำนวณ บางครั้งดวงโคมสองชุดอาจจะมีค่าปริมาณจำนวนเส้นแรงของแสงสว่างรวมเท่ากัน แต่ก็ไม่จำเป็นที่ลักษณะของการกระจายแสงสว่างที่ออกจากดวงโคมจะต้องเหมือนกัน หรือบางครั้งโรงงานผู้ผลิตดวงโคมอาจจะจัดทำตารางแสดงค่าของการกระจายแสงสว่างที่มุมต่าง ๆ มาให้ ดังรูปที่ 3.6-10 ทำให้สามารถคำนวณหรือบอกได้ว่าดวงโคมที่เห็นอยู่นั้นเป็นดวงโคมที่มีการกระจายแสงสว่างแบบใด

DESCRIPTION:
Recessed incandescent down-light with a black low-bright-ness cone
Report No. 10700

Angle	Candlepower Black*	Clear+
0	3330	3700
5	3328	3800
10	3050	3660
15	2490	3070
20	1580	2150
25	720	980
30	230	620
35	60	100
40	15	70
45	0	0
50	0	0
55		
60		
65		
70		
75		
80		
85		
90		

*Black—150PAR38/FL with black cone.
+Clear—150PAR38/FL with clear cone.

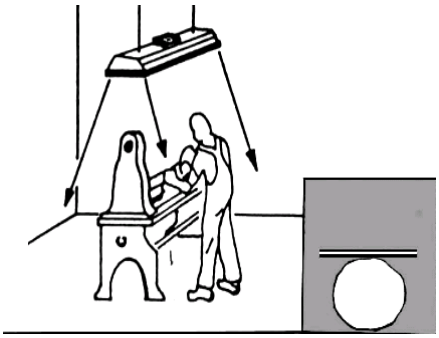


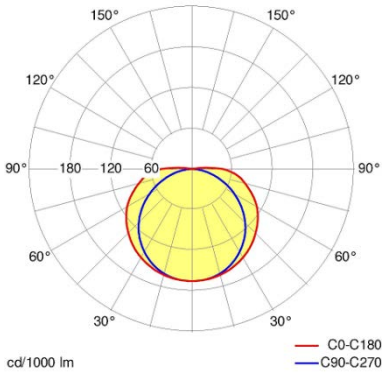


รูปที่ 3.6-10 ข้อมูลการกระจายแสงของดวงโคมดาวน์ไลน์

3.6.2.4.2 ลักษณะการกระจายแสงของดวงโคมประเภทต่างๆ ดวงโคมที่สร้างขึ้นมามีลักษณะของการกระจายแสงสว่างต่าง ๆ กันออกไป ขึ้นอยู่กับความต้องการของงานประเภทนั้น ๆ เมื่อมีการกระจายแสงสว่างออกเป็นหลาย ๆ ลักษณะ ก็จำเป็นจะต้องมีการจัดหมวดหมู่หรือจำแนกประเภทของการกระจายแสงสว่างของดวงโคมนั้นออกไป โดยใช้หลักการของการกระจายแสงสว่างในแนวดิ่งของดวงโคม โดยพิจารณาจากอัตราส่วนของปริมาณพลักซ์การส่องสว่างที่พุ่งออกมาจากดวงโคมที่ลงสู่พื้นต่อปริมาณของแสงสว่างที่กระจายออกจากดวงโคมขึ้นสู่เพดาน ซึ่งสามารถแบ่งประเภทของดวงโคมตามลักษณะของการกระจายแสงสว่างได้ 6 ชนิด คือ

1) ดวงโคมแบบกระจายแสงสว่างลงด้านล่าง (Direct Luminaire) ดวงโคมประเภทนี้เป็นดวงโคมที่มีการกระจายแสงสว่างส่วนใหญ่ประมาณ 90 – 100 % ของแสงสว่างทั้งหมดลงสู่พื้น และส่วนที่เหลือประมาณ 0 – 10 % จะกระจายแสงสว่างขึ้นสู่เพดาน ดังรูปที่ 3.6-11

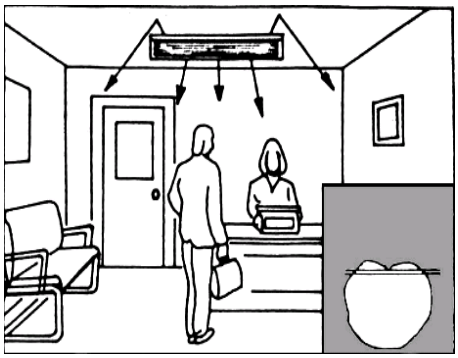


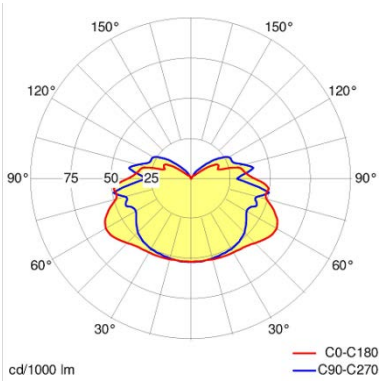


รูปที่ 3.6-11 ลักษณะการกระจายแสงสว่างของดวงโคมแบบกระจายแสงสว่างลงด้านล่าง (Direct Luminaire)

ดวงโคมประเภทนี้มีข้อดีอยู่ที่ว่า เราสามารถที่จะควบคุมทิศทางของการกระจายแสงสว่างให้ไปตกลงพื้นงานที่ต้องการได้ง่าย แต่มีข้อควรระวังเวลาใช้ดวงโคมประเภทนี้คือ จะต้องจัดระยะห่างระหว่างดวงโคมให้เหมาะสม มิฉะนั้นอาจจะทำให้เกิดเงาขึ้นได้ระหว่างจุดกึ่งกลางของดวงโคมที่ใช้ในการติดตั้งและอีกประการหนึ่ง ก็คือ ความแตกต่างระหว่างความจ้าของแสงสว่างที่สะท้อนออกจากตัวดวงโคมกับผนังเพดานจะมีมาก จะต้องทำการแก้ไขโดยอาจจะใช้วิธีทาสีเข้าช่วย หรือติดตั้งอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่มีเปอร์เซ็นต์ในการสะท้อนแสงสว่างสูงเข้าช่วย

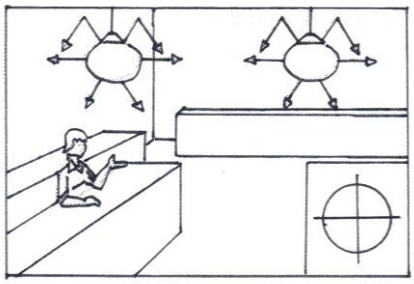
2) ดวงโคมแบบกึ่งกระจายแสงสว่างลงด้านล่าง (Semi – direct Luminaire) ดวงโคมประเภทนี้เป็นดวงโคมที่มีการกระจายแสงสว่างส่วนใหญ่ประมาณ 60 – 90 % ของแสงสว่างทั้งหมดลงสู่พื้น และที่เหลือ 10 – 40 % จะกระจายแสงสว่างขึ้นไปบนเพดาน ดังรูปที่ 3.6-12 ดวงโคมประเภทนี้มีข้อดีอยู่ที่มันสามารถลดความจ้าของแสงสว่างที่สะท้อนระหว่างดวงโคมและเพดานได้ดีกว่าแบบแรกและมีข้อควรระวังคือ เมื่อติดตั้งดวงโคมประเภทนี้แล้วจะต้องจัดระยะห่างระหว่างดวงโคมให้เหมาะสม เพราะอาจจะทำให้เกิดเงาขึ้นได้ระหว่างจุดกึ่งกลางของดวงโคมที่ใช้ในการติดตั้ง





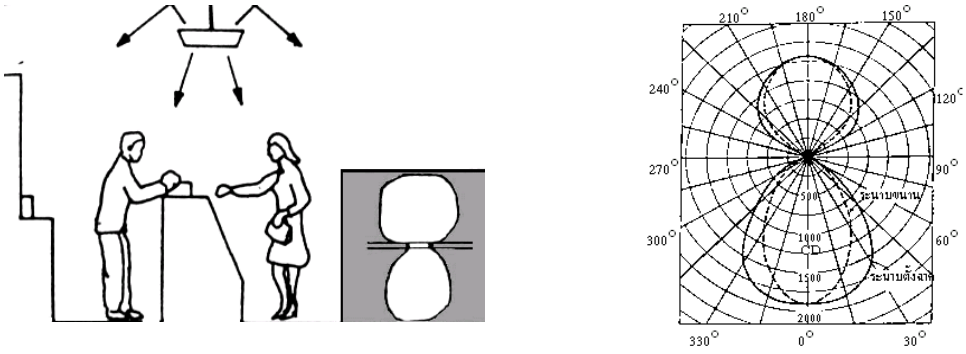
รูปที่ 3.6-12 ลักษณะของการกระจายแสงสว่างของดวงโคมแบบกึ่งกระจายแสงสว่างลงด้านล่าง (Semi – direct Luminaire)

3) ดวงโคมแบบกระจายแสงสว่างรอบด้าน (General Diffuse Luminaire) ดวงโคมประเภทนี้เป็นดวงโคมที่มีการกระจายแสงสว่างไฟฟ้ารอบดวงโคมทุกทิศทาง คือ มีการกระจายแสงสว่างลงสู่พื้น กระจายแสงสว่างขึ้นสู่เพดานและกระจายแสงสว่างตามแนวระดับของดวงโคมพอๆ กัน ดังรูปที่ 3.6-13 ดวงโคมประเภทนี้มีข้อดีคือ ค่าความจ้าของแสงสว่างจะสม่ำเสมอกันทั่วทั้งห้องและดูสบายกว่าสองแบบแรก แต่มีข้อเสีย คือ ค่าสัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์จะมีค่าต่ำกว่าสองแบบแรก เพราะการควบคุมแสงสว่างให้ไปตกในบริเวณที่ต้องการได้ยากกว่า



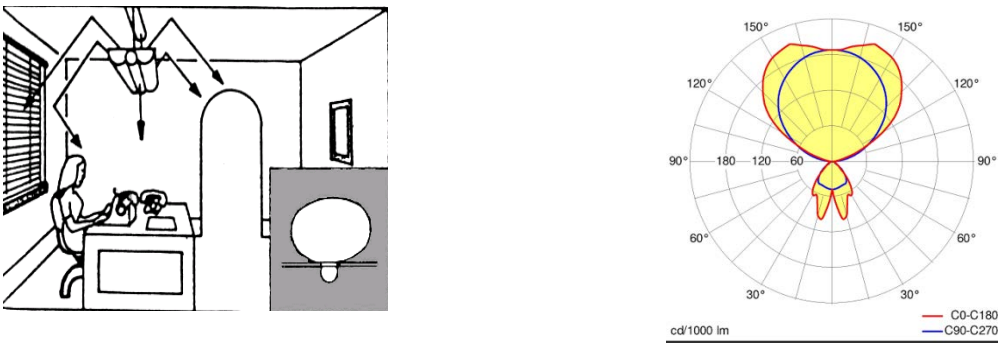
รูปที่ 3.6-13 ลักษณะของการกระจายแสงสว่างของดวงโคมแบบกระจายแสงสว่างรอบด้าน (General Diffuse Luminaire)

4) ดวงโคมแบบกระจายแสงสว่างขึ้นด้านบนและลงด้านล่าง (Direct – Indirect Luminaire) ดวงโคมประเภทนี้เป็นดวงโคมที่มีการกระจายแสงสว่างขึ้นสู่เพดานและกระจายแสงสว่างลงสู่พื้นเท่ากัน ไม่กระจายแสงสว่างสู่แนวระดับ ดังรูปที่ 3.6-14 ดวงโคมประเภทนี้มีข้อดีคือ ค่าความจ้าของแสงสว่างจะสม่ำเสมอกันทั่วทั้งห้องและดูสบายตาดีกว่าสองแบบแรก แต่มีข้อเสีย คือ ค่าสัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์มีค่าต่ำกว่าสองแบบแรกและการควบคุมแสงสว่างให้ไปตกในบริเวณที่ต้องการทำได้ยากกว่า



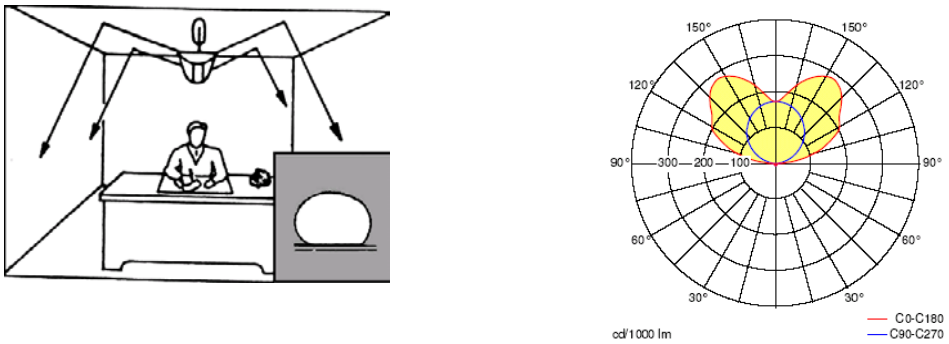
รูปที่ 3.6-14 ลักษณะของการกระจายแสงสว่างของดวงโคมแบบกระจายแสงสว่างขึ้นด้านบนและลงด้านล่าง (Direct – Indirect Luminaire)

5) ดวงโคมแบบกึ่งกระจายแสงสว่างขึ้นด้านบน (Semi – Indirect Luminaire) ดวงโคมประเภทนี้เป็นดวงโคมที่มีการกระจายแสงสว่างส่วนใหญ่ประมาณ 60 - 90 % ของแสงสว่างทั้งหมดขึ้นสู่เพดานและที่เหลือ 10 - 40 % กระจายแสงสว่างลงสู่พื้น ดังรูปที่ 3.6-15 ดวงโคมประเภทนี้มีข้อดีคือ สามารถลดการแยงตาของแสงสว่างได้ดี เหมาะที่จะติดตั้งในบริเวณที่ไม่ต้องการให้มีการแยงตาของแสงสว่าง เนื่องจากดวงโคมประเภทนี้มีการกระจายแสงสว่างส่วนใหญ่ขึ้นสู่เพดานมากกว่าลงบนพื้นงาน จึงดูเหมือนว่าเพดานจะทำหน้าที่คล้ายแหล่งกำเนิดแสงสว่างขนาดใหญ่แหล่งหนึ่ง และจะสะท้อนแสงสว่างลงสู่พื้นงาน เมื่อเป็นเช่นนี้ความสามารถในการสะท้อนแสงสว่างของเพดานจะต้องมีความสามารถในการสะท้อนแสงสว่างสูงมาก และค่าความจ้าของแสงสว่างที่สะท้อนแสงสว่างออกมาระหว่างเพดานกับดวงโคมจะต้องไม่แตกต่างกันมากนัก จึงจะทำให้ความจ้าของแสงสว่างที่สะท้อนแสงสว่างออกมาพอใกล้เคียงกัน และระยะห่างระหว่างดวงโคมกับเพดานจะต้องติดตั้งดวงโคมห่างจากเพดานพอสมควร



รูปที่ 3.6-15 ลักษณะของการกระจายแสงสว่างของดวงโคมแบบกึ่งกระจายแสงสว่างขึ้นด้านบน (Semi – Indirect Luminaire)

6) ดวงโคมแบบกระจายแสงสว่างขึ้นด้านบน (Indirect Luminaire) ดวงโคมประเภทนี้เป็นดวงโคมที่มีการกระจายแสงสว่างส่วนใหญ่ 90 – 100 % ขึ้นสู่เพดาน และที่เหลือ 0 – 10 % จะกระจายแสงสว่างลงสู่พื้น ดังรูปที่ 3.6-16 ดวงโคมประเภทนี้มีข้อดี คือ สามารถลดหรือควบคุมการแยงตาของแสงสว่างได้ดีมากและความจ้าของแสงสว่างภายในห้องดูจะสม่ำเสมอเกือบจะเท่ากันทั้งห้อง ข้อเสีย คือ การติดตั้งจะต้องติดตั้งดวงโคมให้อยู่ต่ำกว่าเพดานอย่างพอเหมาะจึงจะทำให้แสงสว่างสะท้อนออกจากเพดานลงมาบนพื้นได้สม่ำเสมอ และดวงโคมประเภทนี้จะมีค่าสัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์น้อยที่สุดในบรรดาประเภทของดวงโคมทั้งหมด



รูปที่ 3.6-16 ลักษณะของการกระจายแสงสว่างของดวงโคมแบบกระจายแสงสว่างขึ้นด้านบน (Indirect Luminaire)

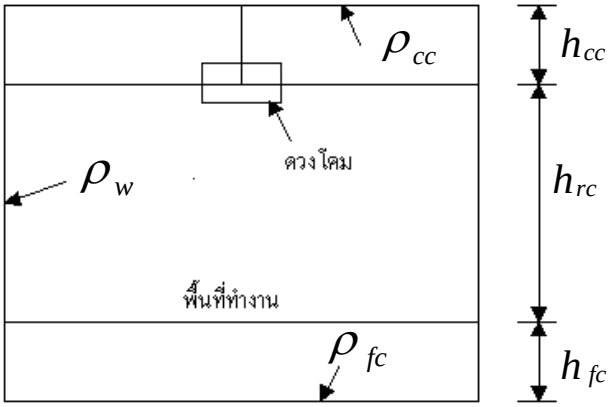
3.6.2.4.3 ประสิทธิผลในการกระจายแสงของโคมไฟ ในการพิจารณาความประสิทธิผลการกระจายแสงของโคมนั้น สามารถพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์ของดวงโคม (Coefficient of Utilization: CU) ตามแนวทางของ Illumination Engineering Society, IES) หรือ พิจารณาจากค่าตัวประกอบการใช้ประโยชน์ (Utilization factor, UF) ตามแนวทางของ CIE ซึ่งทั้งสองค่านี้มีความหมายเหมือนกันแสดงอัตราส่วนของฟลักซ์การส่องสว่างตกบนพื้นที่งานต่อฟลักซ์แสงสว่างทั้งหมดที่ออกจากโคม

ค่าสัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์นั้นขึ้นอยู่กับลักษณะการกระจายแสงสว่างของดวงโคม สัดส่วนของห้อง ความสูงของห้อง การสะท้อนแสงสว่างของเพดาน การสะท้อนแสงสว่างของผนัง และการสะท้อนแสงสว่างของพื้นที่ที่ต้องการส่องสว่าง โดยทั่วไปแล้วค่าสัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์นั้น โรงงานผู้ผลิตดวงโคมจะเป็นผู้จัดทำตารางค่าสัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์กำกับมาให้ และสามารถขอรายละเอียดจากบริษัทผู้ผลิตหรือตัวแทนจำหน่ายได้

1) การหาสัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์ของดวงโคม (CU) ด้วยวิธีลูเมนโซนัลคาวิตี (Zonal Cavity) การหาสัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์ของดวงโคมด้วยวิธีลูเมนโซนัลคาวิตี เป็นการคำนวณแสงสว่างของสมาคมวิศวกรรมแสงสว่างสหรัฐอเมริกา (Illumination Engineering Society) หรือ IES เป็นการหาอัตราส่วนคาวิตี รูปห้องที่ใช้ในการพิจารณาจะเป็นห้องสี่เหลี่ยม ซึ่งสามารถหาได้จากรูปที่ 3.6-17

อัตราส่วนคาวิตีห้อง (Room Cavity Ratio) หรือ RCR สามารถคำนวณได้จาก

$$RCR = \frac{5 \times h_{rc}(W + L)}{W \times L} \qquad (3.3)$$



h_{cc} คือ ความสูงคาวิตีเพดาน

h_{rc} คือ ความสูงคาวิตีห้อง

h_{fc} คือ ความสูงคาวิตีพื้น

ρ_{cc} คือ ค่าการสะท้อนแสงเพดาน

ρ_w คือ ค่าการสะท้อนแสงผนัง

ρ_{fc} คือ ค่าการสะท้อนแสงพื้น

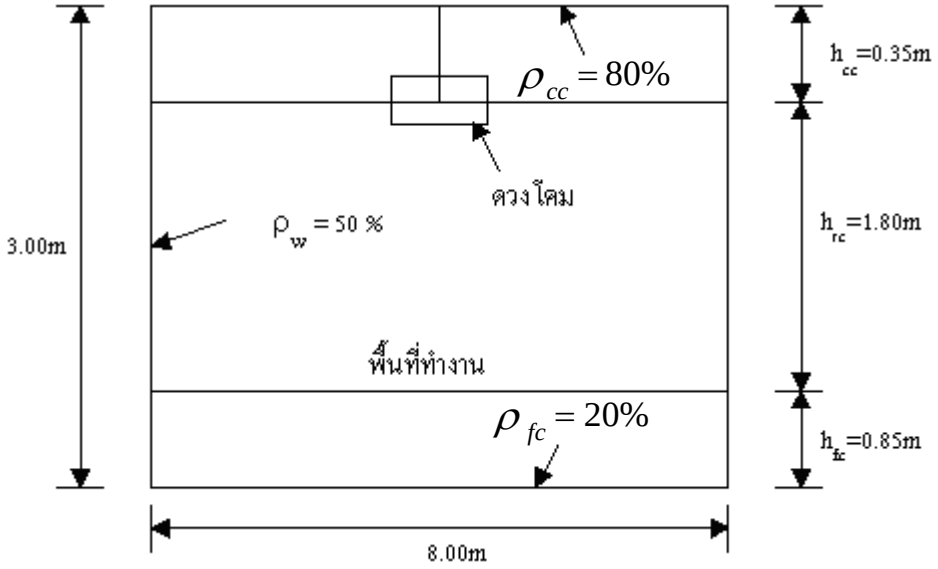
โดยปกติ hfc จะอยู่ระหว่าง 0.76-0.85

รูปที่ 3.6-17 คำศัพท์เฉพาะทางแสงวิธีโซนัลคาวิตี

ตัวอย่างที่ 1 ห้องขนาดกว้าง 8 เมตร ยาว 10 เมตร สูง 3 เมตร พื้นที่ทำงานสูงจากพื้น 0.85 เมตร ตามรูปที่ 3.6-18 โคมไฟแขวนจากเพดานลงมา 0.35 เมตร ถ้าค่าการสะท้อนแสงเพดาน (ρ_{cc}) 80% การสะท้อนแสงผนัง (ρ_w) 50% ค่าการสะท้อนแสงพื้น (ρ_{fc}) 20% จงคำนวณหาค่า RCR

วิธีทำ จากสมการที่ 3.3 $RCR = \frac{5 \times h_{rc}(W + L)}{W \times L}$

$$RCR = \frac{5 \times 1.8(8 + 10)}{8 \times 10} = 2$$



รูปที่ 3.6-18 การหาค่า RCR และค่า CU

ตัวอย่างที่ 2 ห้องตามตัวอย่างที่ 1 เมื่อค่า RCR = 2 ถ้าค่าการสะท้อนแสงเพดาน (ρ_{cc}) 80% การสะท้อนแสงผนัง (ρ_w) 50% ค่าการสะท้อนแสงพื้น (ρ_{fc}) 20% จงหาค่า CU

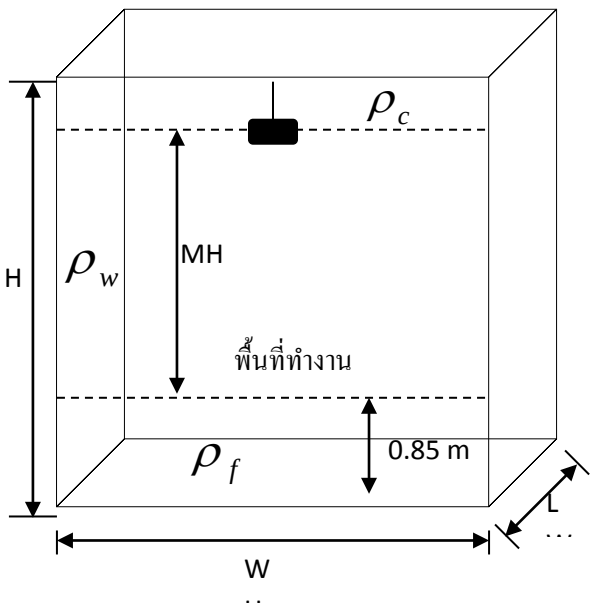
วิธีทำ โดยเลือกดวงโคมที่มีการแสดงค่า CU ตามตาราง จะสามารถอ่านค่า CU ได้เท่ากับ 0.66

IESNA Coefficient of Utilisation Table – Zonal Cavity Method.

Spacing Criterion C 0° is 1.77 : 1 C 90° is 1.12 : 1
pfc = 20%

pcc %	80	80	80	80	70	70	70	70	50	50	50	30	30	30	10	10	10	0
pw %	70	50	30	10	70	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10	0
RCR																		
0	84	84	84	84	82	82	82	82	79	79	79	75	75	75	72	72	72	71
1	78	75	72	69	76	73	70	68	70	68	66	67	66	64	65	63	62	61
2	71	66	61	57	69	64	60	57	62	58	55	60	57	54	57	55	53	52
3	65	58	53	48	63	57	52	48	55	51	47	53	49	46	51	48	45	44
4	60	52	46	41	58	51	45	41	49	44	40	47	43	40	45	42	39	38
5	55	46	40	36	53	45	40	35	44	39	35	43	38	35	41	37	34	33
6	51	42	35	31	49	41	35	31	40	35	31	39	34	30	37	33	30	29
7	47	38	32	27	46	37	31	27	36	31	27	35	30	27	34	30	27	25
8	44	34	28	24	43	34	28	24	33	28	24	32	27	24	31	27	24	23
9	41	31	26	22	40	31	26	22	30	25	22	29	25	22	29	25	21	20
10	38	29	23	20	37	29	23	20	28	23	20	27	23	20	27	22	19	18

2) การหาสัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์ของดวงโคม (CU) ด้วยวิธีลูเมน ดัชนีห้อง (room index) ดังรูปที่ 3.6-19



H คือ ความสูงห้อง

W คือ ความกว้างห้อง

L คือ ความยาวห้อง

MH คือ ความสูงของดวงโคม เหนือพื้นที่ทำงาน

ρc คือ ค่าการสะท้อนแสงเพดาน

ρw คือ ค่าการสะท้อนแสงผนัง

ρf คือ ค่าการสะท้อนแสงพื้น

รูปที่ 3.6-19 คำศัพท์เฉพาะของการหาดัชนีห้อง

ดังนั้นการพิจารณาหาค่าดัชนีของห้อง (Room index: K) สามารถคำนวณได้สมการดังนี้เพื่อหาค่า CU ดังสมการที่ 3.4

$$K = \frac{W \times L}{MH(W + L)} \qquad (3.4)$$

จากสมการที่ 3.3 และ 3.4 จะเห็นว่า RCR และ K มีความสัมพันธ์กัน แสดงได้เป็น

$$(RCR)(K) = 5 \qquad (3.5)$$

สำหรับรูปที่ 3.6-20 เป็นตัวอย่างข้อมูลดวงโคม เมื่อคำนวนหาค่าดัชนีห้องก็สามารถนำไปหาค่า CU จากตาราง ซึ่งจะต้องทราบค่าการสะท้อนแสงเพดาน (ρ_c) การสะท้อนแสงผนัง (ρ_w) และการสะท้อนแสงพื้น (ρ_f) ซึ่งจากตัวอย่างในตารางจะเขียนเปอร์เซนต์การสะท้อนเป็นสามค่าเช่น 851 จะหมายถึง การสะท้อนแสงเพดาน (ρ_c) 80% การสะท้อนแสงผนัง (ρ_w) 50 % ค่าการสะท้อนแสงพื้น (ρf) 10 %

TBS 300 236 M1
C.I.E. FLUX CODE : 60 91 98 100 70
DIMENSIONS LUMINOUS AREA : L = 1.175 M W = 0.260 M

γ	INTENSITY PER 1000 LUMEN CD 0-180	90-270	LUMINANCE PER 1000 LUMEN CD/M2 0-180	90-270	ZONAL FLUX IN % 0-γ
0	254	254	830	830	0
5	257	252	843	826	6
10	270	246	896	816	24
15	295	236	1000	800	55
20	324	225	1130	782	99
25	349	210	1260	757	157
30	352	196	1330	734	228
35	327	177	1308	706	309
40	284	158	1213	676	394
45	204	138	942	637	475
50	116	118	592	601	546
55	42	96	237	546	600
60	14	75	90	491	637
65	7	54	57	414	660
70	5	36	47	341	674
75	3	24	35	298	685
80	1	15	26	275	692
85	1	6	26	229	696

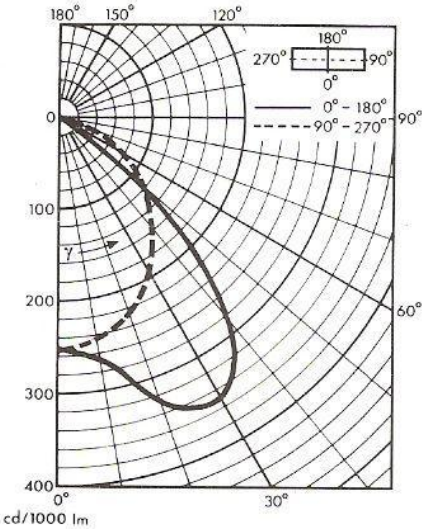
LIGHT OUTPUT RATIO
SERVICE UPWARD = 0.00
SERVICE DOWNWARD = 0.70
TOTAL = 0.70
OPTICAL TOTAL = 0.72

TABLES OF REDUCED UTILIZATION FACTORS FOR THE CALCULATION OF AVERAGE ILLUMINANCES
LUMINAIRE ARRANGEMENTS : C.I.E. REFERENCE ARRANGEMENT

(REDUCED) WORKING PLANE UTILIZATION FACTOR

room index	reflectances : 751	731	711	551	531	511	331	311	753	733	713	553	533	513	333	313	871	851	831	873	853	833	000
0.60	.36	.32	.29	.36	.31	.28	.31	.28	.38	.33	.29	.37	.32	.29	.32	.29	.44	.37	.32	.48	.39	.33	.27
0.80	.43	.39	.35	.42	.38	.35	.38	.35	.46	.40	.36	.44	.39	.36	.39	.35	.51	.44	.39	.56	.47	.41	.34
1.00	.49	.44	.41	.48	.44	.41	.43	.41	.52	.46	.42	.50	.45	.42	.44	.41	.55	.49	.45	.62	.53	.47	.39
1.25	.53	.49	.46	.52	.49	.46	.48	.46	.58	.52	.48	.55	.51	.47	.50	.47	.60	.54	.50	.67	.59	.53	.44
1.50	.57	.53	.50	.56	.52	.50	.52	.49	.62	.57	.53	.59	.55	.52	.53	.51	.62	.57	.53	.71	.63	.58	.48
2.00	.61	.59	.56	.60	.58	.55	.57	.55	.68	.63	.60	.65	.61	.58	.59	.56	.66	.62	.59	.76	.70	.65	.53
2.50	.64	.62	.60	.63	.61	.59	.60	.58	.72	.68	.64	.68	.65	.62	.62	.60	.68	.65	.62	.79	.74	.69	.57
3.00	.66	.64	.62	.65	.63	.61	.62	.61	.74	.71	.68	.70	.68	.65	.65	.63	.70	.67	.65	.81	.76	.72	.59
4.00	.68	.67	.65	.67	.65	.64	.64	.63	.77	.74	.72	.73	.71	.69	.67	.66	.71	.69	.67	.84	.80	.76	.61
5.00	.69	.68	.67	.68	.67	.66	.66	.65	.79	.77	.74	.75	.73	.71	.69	.68	.72	.70	.69	.85	.82	.79	.63

Luminous intensity diagram

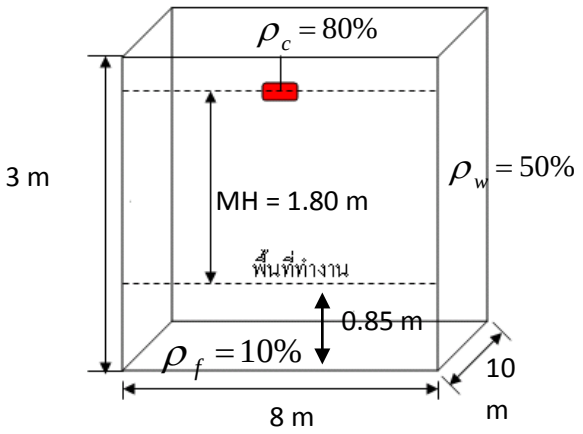


รูปที่ 3.6-20 ตัวอย่างตารางแสดงค่า Utilization factor ของโคมประเภทหนึ่ง

ตัวอย่างที่ 3 ห้องขนาดกว้าง 8 เมตร ยาว 10 เมตร สูง 3 เมตร พื้นที่ทำงานสูงจากพื้น 0.85 เมตร ตามรูปที่ 3.6-21 ถ้าค่าการสะท้อนแสงเพดาน (ρ_c) 80 % การสะท้อนแสงผนัง (ρ_w) 50 % ค่าการสะท้อนแสงพื้น (ρ_f) 10 % จงคำนวณหาค่า K

วิธีทำ

$$K = \frac{W \times L}{MH(W+L)} = \frac{8 \times 10}{1.8(8+10)} = 2.47 \cong 2.5$$



รูปที่ 3.6-21 คำศัพท์เฉพาะของการหาดัชนีห้อง

ตัวอย่างที่ 4 ห้องตามตัวอย่างที่ 3 เมื่อค่า K = 2.5 ถ้าค่าการสะท้อนแสงเพดาน (ρ_c) 80 % การสะท้อนแสงผนัง (ρ_w) 50 % ค่าการสะท้อนแสงพื้น (ρ_f) 10 % โดยเลือกดวงโคมที่มีข้อมูลแสดงค่า Utilization factor ตามตาราง จงหาค่า CU

วิธีทำ

จากตาราง เมื่อ K = 2.5 ρ_{cc} 80 % ρ_{w} 50 % ρ_{fc} 10 % (851) UF = 0.65

(REDUCED) WORKING PLANE UTILIZATION FACTOR

room index	reflectances : 751	731	711	551	531	511	331	311	753	733	713	553	533	513	333	313	871	851	831	873	853	833	000
0.60	.37	.33	.30	.36	.32	.29	.32	.29	.39	.34	.30	.38	.33	.30	.33	.30	.45	.37	.33	.48	.39	.34	.28
0.80	.44	.40	.36	.43	.39	.36	.39	.36	.46	.41	.37	.45	.40	.37	.40	.37	.51	.44	.40	.56	.47	.41	.35
1.00	.49	.45	.42	.48	.45	.42	.44	.42	.53	.47	.43	.51	.46	.43	.45	.42	.56	.50	.45	.62	.53	.48	.40
1.25	.54	.50	.47	.53	.50	.47	.49	.47	.58	.53	.49	.56	.52	.48	.50	.48	.59	.54	.50	.67	.59	.54	.45
1.50	.57	.54	.51	.56	.53	.51	.52	.50	.62	.57	.54	.60	.56	.52	.54	.51	.62	.58	.54	.70	.63	.58	.49
2.00	.62	.59	.57	.60	.58	.56	.57	.55	.68	.64	.60	.65	.62	.59	.59	.57	.66	.62	.59	.75	.70	.65	.54
2.50	.64	.62	.60	.63	.61	.59	.60	.59	.71	.68	.65	.68	.65	.63	.63	.61	.68	.65	.62	.78	.73	.69	.57
3.00	.66	.64	.62	.65	.63	.61	.62	.61	.74	.71	.68	.70	.68	.65	.65	.63	.69	.67	.64	.80	.76	.72	.59
4.00	.68	.66	.65	.66	.65	.64	.64	.63	.77	.74	.72	.73	.70	.69	.67	.66	.70	.68	.67	.83	.79	.76	.61
5.00	.69	.67	.66	.67	.66	.65	.65	.64	.78	.76	.74	.74	.72	.70	.69	.67	.71	.70	.68	.84	.81	.78	.63

3.7 มาตรฐานระดับความส่องสว่าง

ค่าระดับความส่องสว่างเป็นสิ่งที่สำคัญยิ่งในการออกแบบระบบไฟฟ้าแสงสว่างเพื่อให้เกิดการประหยัดพลังงาน หากผู้ออกแบบใช้ค่าความส่องสว่างสูงเกินความจำเป็นจะทำให้เกิดการสิ้นเปลืองพลังงานโดยเปล่าประโยชน์ แต่ในทางกลับกันหากผู้ออกแบบใช้ค่าความส่องสว่างต่ำกว่าที่ควรจะเป็น จะทำให้สภาพการมองเห็นลดลงกว่าที่ควรจะเป็น ซึ่งจะส่งผลถึงประสิทธิภาพในการทำงานอีกด้วย ดังนั้นค่าความส่องสว่างจึงควรอยู่ในระดับที่เหมาะสม ซึ่งสมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทยได้จัดทำข้อแนะนำระดับความส่องสว่างสำหรับพื้นที่และกิจกรรมต่างๆ ภายในอาคารไว้ โดยได้แบ่งประเภทของพื้นที่และกิจกรรมไว้ทั้งหมด 31 ประเภทดังนี้ (มาตรฐานระดับความส่องสว่างสำหรับพื้นที่ต่างๆ แสดงไว้ในภาคผนวก ก. ท้ายบท)

ประเภทของพื้นที่และกิจกรรม		
1) พื้นที่ภายในอาคารทั่วไป	2) อาคารสำนักงาน	3) ร้านค้าปลีก
4) ห้องอาหาร และโรงแรม	5) ห้องสมุด	6) อาคารสถาบันการศึกษา โรงเรียน
7) พื้นที่จอดรถภายในอาคารทั่วไป	8) โรงพยาบาล	9) ร้านแต่งผม
10) พื้นที่สำหรับการแสดงและการบันเทิง	11) อุตสาหกรรมอาหาร	12) อุตสาหกรรมทำขนม เบเกอรี่
13) อุตสาหกรรมด้านการเกษตร ปศุสัตว์	14) อุตสาหกรรมซีเมนต์ คอนกรีต และอิฐ	15) อุตสาหกรรมเซรามิกและแก้ว
16) อุตสาหกรรมเคมี พลาสติก ยาง	17) อุตสาหกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์	18) อุตสาหกรรมหล่อหลอมโลหะ
19) อุตสาหกรรมเพชรพลอย	20) อุตสาหกรรมซัก อบ รีด	21) อุตสาหกรรมเครื่องหนัง
22) อุตสาหกรรมแปรรูปโลหะ	23) อุตสาหกรรมกระดาษ	24) อุตสาหกรรมผลิตไฟฟ้า
25) อุตสาหกรรมการพิมพ์	26) อุตสาหกรรมหลอมเหล็ก	27) อุตสาหกรรมทอผ้า
28) อุตสาหกรรมรถยนต์	29) อุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์และไม้	30) สนามบิน
31) วัด โบสถ์		

3.8 วิธีการวัดค่าความส่องสว่างของพื้นที่ทำงาน

ในการวัดค่าความส่องสว่าง (E) ของพื้นที่ทำงานเป็นสิ่งที่สำคัญอย่างยิ่ง เมื่อเราต้องการประหยัดพลังงาน เพราะเนื่องจากบางครั้งเราอาจละเลยว่าการเปลี่ยนอุปกรณ์ต่างๆ ที่ประหยัดพลังงาน เช่น หลอดไฟ บัลลาสต์ โคมไฟ ซึ่งอาจสามารถลดการใช้พลังงานได้จริง แต่ระดับความส่องสว่างพื้นที่ทำงานอาจลดลงไปด้วย นั่นหมายถึงอาจมีผลต่อความปลอดภัยในการปฏิบัติงานหรือใช้งานพื้นที่นั้นๆ

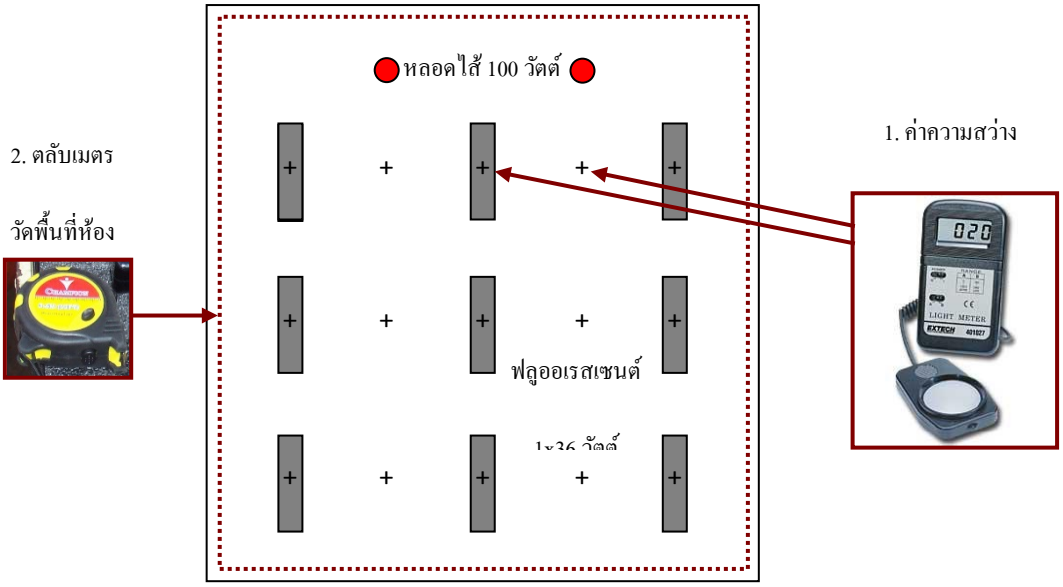
การวัดค่าความส่องสว่างพื้นที่ทำงาน ควรกระทำทั้งก่อนและหลังการปรับปรุงระบบแสงสว่างเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน ซึ่งควรวัดและตรวจสอบค่าความส่องสว่างให้เป็นตามมาตรฐานในแต่ละพื้นที่ดัง**ภาคผนวก ก** โดยกำหนดเป็นขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนการวัดค่าความส่องสว่างของพื้นที่ทำงาน
1. เลือกเครื่องมือวัด
ควรเลือกเครื่องมือวัดที่มีย่านวัดที่เหมาะสม เช่น หากเราต้องการตรวจสอบความส่องสว่างในอาคาร ก็ควรใช้ลักซ์มิเตอร์ (Lux meter) ที่มีย่านสูงสุดมากกว่า 2,000 Lux ขึ้นไป แต่ถ้าต้องการตรวจสอบระดับความส่องสว่างพื้นที่จากแสงธรรมชาติในอาคาร ควรเลือกครื่องวัดที่มีย่านสูงสุด 20,000 Lux ขึ้นไป และถ้าต้องการตรวจสอบระดับความส่องสว่างพื้นที่จากแสงธรรมชาติเวลากลางวันนอกอาคาร ควรเลือก เครื่องวัดที่มีย่านสูงสุด 100,000 Lux ขึ้นไป และควรเลือกเครื่องที่มีมาตรฐานรับรองด้วย
2. กำหนดพื้นที่ห้องที่ต้องการวัด
เช่น ตีตารางกำหนดพื้นที่ในห้องหรือบริเวณที่ต้องการวัดความส่องสว่างทุกๆ 1 ตารางเมตร หรือถ้าพื้นที่ใหญ่มาก อาจกำหนด เป็นทุกๆ 2 หรือ 5 ตารางเมตรก็ได้ ซึ่งถ้ายิ่งกำหนดจุดวัดมากเท่าใด ความละเอียดก็จะสูงขึ้นตามด้วย ควรกำหนดจุดวัดอยู่ตำแหน่งกลางของพื้นที่ด้วย
3. ตำแหน่งการตั้งเครื่องมือวัด
เครื่องมือวัดความส่องสว่างเพื่อตรวจสอบค่าความส่องสว่างพื้นที่นั้น จะวัดความส่องสว่างแนวระนาบหรือแนวนอนขนานไปกับพื้น และหงายเซนเซอร์รับแสงขึ้นด้านบน (เนื่องจากต้องการตรวจสอบแสงที่ตกกระทบลงพื้นที่ทำงาน) และตั้งเครื่องวัดอยู่ระดับพื้นที่ทำงานในห้องนั้น เช่น ถ้าทำงานบนโต๊ะ (ความสูงโต๊ะมาตรฐาน 0.85 เมตร) ก็ตั้งเครื่องวัดระดับโต๊ะทำงาน และควรระวังเรื่องเงาของผู้ทำการวัด เนื่องจากบางครั้งอาจบังเงาแหล่งกำเนิดแสงที่เข้าสู่เซนเซอร์รับแสง ดังนั้นเครื่องวัดบางรุ่นจะมีสายต่อแยกเซนเซอร์รับแสงแยกออกจากตัวเครื่องวัดเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว
4. จัดทำตารางบันทึกค่าจากการตรวจวัด
ควรจัดทำตารางบันทึกค่า E ทุก ตำแหน่งต่าง ๆ ดังที่ได้กำหนดจุดวัดในพื้นที่ไว้

5. คำนวณค่าความส่องสว่างเฉลี่ย (Average illuminance, E_{AV})
เราสามารถหาค่าความส่องสว่างเฉลี่ย จากการนำค่าความส่องสว่างของจุด P แต่ละจุด (E_P) หารด้วยจำนวนจุดที่สนใจ (n) ดังสมการที่ 3.6 และสำหรับความสม่ำเสมอของแสง (U) หาจากความส่องสว่างต่ำสุดจากจุด P ที่สนใจ (E_{min}) ต่อค่าความส่องสว่างเฉลี่ย $$E_{av} = \frac{\sum E_P}{n} \quad (3.6)$$
6. ตรวจสอบค่าความส่องสว่างเฉลี่ย
เมื่อคำนวณค่าความส่องสว่างเฉลี่ยเสร็จสิ้นแล้ว ทำการตรวจสอบค่าความส่องสว่างเฉลี่ยเทียบกับตารางภาคผนวก ก ตามลักษณะพื้นที่ใช้งาน ค่าที่วัดได้ไม่ควรต่ำกว่าค่ามาตรฐานหลังจากมีการปรับปรุงระบบแสงสว่างเพื่อการอนุรักษ์พลังงานแล้ว
7. ความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง (U)
หาจากความส่องสว่างต่ำสุดจากจุด P ที่สนใจ (E_{min}) ต่อค่าความส่องสว่างเฉลี่ย (E_{av}) ค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง (U) ที่เหมาะสมสำหรับการส่องสว่างภายในอาคาร ควรมีค่าไม่น้อยกว่า 0.8

3.8.1 ตัวอย่างการตรวจวัด

ค่าดัชนีชี้วัดของระบบแสงสว่างแบ่งออกได้ 2 ลักษณะ คือ ค่าพลังไฟฟ้าติดตั้งต่อพื้นที่ ซึ่งบอกถึงระดับพลังไฟฟ้าติดตั้งใช้งานและประสิทธิภาพของอุปกรณ์ในระบบของส่วนงานนั้นๆ ส่วน ค่าความสว่าง (LUX) ของพื้นที่นั้นๆ (ตามลักษณะงานที่ใช้สอยพื้นที่นั้น) ซึ่งบอกถึงระดับความสว่างที่เหมาะสม โดยในแต่ละส่วนงานจะมีมาตรฐานของค่าความสว่างที่แตกต่างกันไป เช่น บริเวณทางเดินค่าความสว่างจะน้อยกว่าบริเวณพื้นที่สำนักงาน ฯลฯ ในการวัดค่าความสว่างเฉลี่ยของพื้นที่นั้นๆ ควรต้องทำการวัดหลายจุด ทั้งบริเวณใต้โคมและระหว่างโคม ซึ่งหากตรวจวัดค่าความสว่างได้มากกว่ามาตรฐานกำหนดแสดงว่ามีการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่างสูงเกินจำเป็น



<u>เครื่องมือที่ใช้ตรวจวัด</u>

1. เครื่องมือวัดค่าความสว่าง (LUX Meter)
2. ตลับเมตร

3.9 การคำนวณความส่องสว่างแบบลูเมน (Lumen Method)

วิธีนี้เหมาะสำหรับการออกแบบระบบไฟฟ้าแสงสว่างในบริเวณที่ต้องการความสม่ำเสมอของแสงทั่วทั้งพื้นที่ เช่น สำนักงาน สถาบันการศึกษา หรือโรงเรียน เป็นต้น ซึ่งการคำนวณแบบลูเมนนี้จะรวมผลของการสะท้อนแสงของเพดาน กำแพง และพื้นด้วย ซึ่งสามารถคำนวณได้จาก

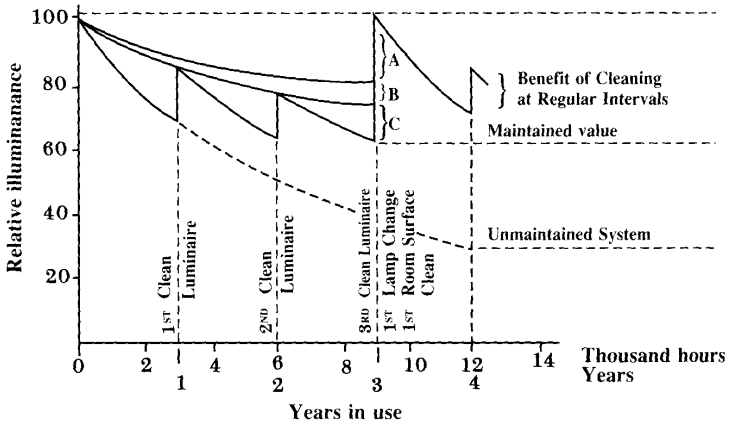
$$E = \frac{N \times \phi_L \times UF \times MF}{A} \qquad (3.7)$$

โดยที่

E	คือ	ค่าความส่องสว่างเฉลี่ย (lux)
N	คือ	จำนวนโคม
ϕ_L	คือ	ฟลักซ์การส่องสว่างของหลอดต่อโคม (lm)
MF	คือ	ตัวประกอบการบำรุงรักษา (Maintenance Factor)
UF	คือ	ตัวประกอบการใช้งานของโคม (Utilization Factor)
A	คือ	พื้นที่ (m^2)

ค่าตัวประกอบการบำรุงรักษา เป็นค่าที่ขึ้นอยู่กับการบำรุงรักษาหลอดไฟฟ้า หลอดไฟที่ไม่ได้ทำความสะอาดจะมีฝุ่นละอองมาเกาะ มีผลทำให้แสงที่ออกมาจากโคมมีปริมาณลดน้อยลง นอกจากนี้แล้วปริมาณแสงที่ลดลงขึ้นอยู่กับความเสื่อมของหลอดไฟ (Lamp Lumen Depreciation: LLD) และเนื่องมาจากความสกปรกของโคมไฟ (Luminaire Dirt Depreciation: LDD) อีกด้วย ดังแสดงในรูปที่ 3.9-1

ความสกปรกของหลอดไฟและโคมไฟก่อให้เกิดการสูญเสียแสงอย่างมาก ส่วนใหญ่เกิดจากความสกปรกเนื่องจากการสะสมของฝุ่นละอองบนหลอดไฟหรือบริเวณผิวหน้าของโคมไฟ โคมไฟที่มีลักษณะเปิดกว้างและติดตั้งอยู่บนที่สูงจะมีโอกาสเกิดการสะสมของฝุ่นละอองมากกว่าโคมไฟที่ติดตั้งในที่มีการระบายอากาศที่ดี ความสกปรกของห้องมีส่วนทำให้เกิดการสูญเสียทางแสงได้เช่นกัน เนื่องจากฝุ่นละอองที่สะสมอยู่บนเพดานและผนังห้องจะทำให้ประสิทธิภาพของการสะท้อนแสงลดลง สำหรับความเสื่อมของหลอดไฟ มีสาเหตุมาจากการที่ความส่องสว่างที่ได้จากหลอดไฟทั้งหมดจะลดลงตามอายุการใช้งาน ซึ่งอัตราการลดลงจะขึ้นอยู่กับชนิดของหลอดไฟ ค่าตัวประกอบการบำรุงรักษาที่เหมาะสมซึ่งขึ้นอยู่กับประเภทของห้องแสดงดังตารางที่ 3.9-1



รูปที่ 3.9-1 การสูญเสียทางแสงอันเนื่องมาจากการเสื่อมของหลอดไฟและโคมไฟ

ตารางที่ 3.9-1 ตัวประกอบการบำรุงรักษา

ประเภทของห้อง	ค่าตัวประกอบการบำรุงรักษา
สะอาด	0.8
ปานกลาง	0.7
สกปรก	0.6

ตัวประกอบการใช้งานของโคม หมายถึงอัตราส่วนปริมาณแสงที่ออกมาจากดวงโคมและสะท้อนเพดาน กำแพง และพื้น ก่อนจะตกลงมาที่ระนาบใช้งาน ต่อปริมาณแสงที่ออกจากหลอด โดยผู้ผลิตโคมจะเป็นผู้กำหนดค่าตัวประกอบการใช้งานของโคม

จากสมการที่ 3.7 สามารถหาจำนวนของดวงโคมได้จาก

$$N = \frac{E \times A}{\phi_L \times MF \times UF} \qquad (3.8)$$

ค่าความส่องสว่างเฉลี่ยยังคงได้มาตรฐานตามที่กำหนดไว้ ปัจจัยที่สามารถช่วยให้ดวงโคมมีจำนวนที่ลดลงได้แก่

1) ใช้หลอดไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพสูง

2) ใช้ดวงโคมที่มีประสิทธิภาพสูง

3) หมั่นทำความสะอาดตัวหลอดไฟ ดวงโคม เพดาน กำแพง และผนังของห้อง อย่างสม่ำเสมอ

3.10 การอนุรักษ์พลังงานในระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

3.10.1 ข้อกำหนดเพื่อการอนุรักษ์พลังงานในระบบไฟฟ้าแสงสว่างของอาคารควบคุมตามกฎกระทรวงว่าด้วยการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน

กฎกระทรวงกำหนดประเภท หรือขนาดของอาคาร และมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. ๒๕๕๒ ได้กำหนดเกณฑ์กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการส่องสว่างในอาคาร ในกรณีที่มีการส่องสว่างด้วยไฟฟ้าในอาคารโดยไม่รวมพื้นที่ที่จอดรถว่าจะต้องมีการออกแบบตามหลักและวิธีการที่ยอมรับได้ทางด้านวิศวกรรมให้ได้ระดับความส่องสว่างสำหรับงานแต่ละประเภทอย่างเพียงพอโดยที่อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ติดตั้งสำหรับใช้ส่องสว่างภายในอาคารแต่ละประเภท จะต้องใช้กำลังไฟฟ้าไม่เกินค่าที่กำหนดไว้ตามตารางที่ 3.10-1

ตารางที่ 3.10-1 ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุดสำหรับอาคารประเภทต่างๆ

ประเภทอาคาร[1]	ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุด, วัตต์/ตร.ม. (Wm^{-2}) ของพื้นที่ใช้งาน
(ก) สำนักงาน สถานศึกษา	14
(ข) โรงแรม โรงพยาบาล/ สถานพักฟื้น	12
(ค) ร้านค้าย่อย ห้างสรรพสินค้า ศูนย์การค้า หรือ ซุปเปอร์สโตร์ [2]	18

หมายเหตุ (1) สำหรับอาคารที่มีการใช้งานพื้นที่หลายลักษณะ พื้นที่แต่ละส่วนจะต้องใช้ค่าในตารางตามลักษณะการใช้งานของพื้นที่ส่วนนั้นๆ

(2) รวมถึงไฟฟ้าแสงสว่างทั่วไปที่ใช้ในการโฆษณาเผยแพร่สินค้า ยกเว้นที่ใช้ในตู้กระจกแสดงสินค้าและที่ไม่ได้ติดตั้งอย่างถาวร

3.10.2 ข้อแนะนำของการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าแสงสว่างในอาคารตามมาตรฐาน IES

ข้อแนะนำของการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าแสงสว่างในอาคารตามมาตรฐาน IES
1) ออกแบบแสงสว่างให้เหมาะกับกิจกรรมการทำงาน (แสงสว่างที่ชิ้นงาน, แสงสว่างโดยรอบที่ไม่ใช่พื้นที่ทำงาน) โดยการออกแบบให้ระดับแสงสว่างทั่ว ๆ ไปต่ำกว่า ส่วนแสงสว่างที่พื้นที่ทำงานจะสูงกว่า ทั้งนี้จะเน้นการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน จำเป็นต้องทราบตำแหน่งพื้นที่ทำงาน เพื่อที่จะจัดหาระดับแสงสว่างที่เหมาะสมที่ตำแหน่งของพื้นที่ทำงาน
2) ออกแบบดวงโคมที่ให้มีประสิทธิภาพสูง ดวงโคมและระบบการออกแบบติดตั้ง ควรจะมีประสิทธิภาพสูงที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ โดยปราศจากแสงบาดตา
3) ใช้หลอดไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพสูง (ค่าลูเมน/วัตต์สูง) ในบางครั้งการเลือกใช้หลอดไฟฟ้าจะไม่ดูแค่ค่าลูเมนต่อวัตต์สูงเพียงอย่างเดียว แต่อาจจะดูเพิ่มเติมถึงอายุการใช้งาน ราคา และสีแสงที่เปล่งออกมา สีของแสงก็มีความสำคัญเท่ากับปัจจัยอื่น ๆ เนื่องจากสีมีผลโดยตรงต่อจิตใจและพฤติกรรมมนุษย์ย่อมมีผลต่อประสิทธิภาพการทำงานและอารมณ์
4) ใช้ดวงโคมประสิทธิภาพสูง ประสิทธิภาพของดวงโคม จะเป็นการเพิ่มสัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์ นอกจากนี้ยังรวมถึงการทำความสะอาด และความสะดวกในการเปลี่ยนหลอดไฟ
5) ใช้ดวงโคมที่ควบคุมความร้อน เพื่อลดความร้อนที่เกิดจากหลอดไฟ
6) ใช้สีอ่อนกับอาคาร การดูดกลืนแสงสว่างอันเนื่องมาจากการสะท้อนแสงต่ำ จะเป็นการลดประสิทธิภาพแสงสว่าง จึงจำเป็นต้องใช้หลอดไฟเพิ่มขึ้น
7) ใช้หลอดอินแคนเดสเซนต์ที่มีประสิทธิภาพสูง ถ้ามีความประสงค์ที่จะต้องใช้หลอดอินแคนเดสเซนต์ควรเลือกใช้หลอดขนาดวัตต์สูง ซึ่งมีประสิทธิภาพดีกว่าและควรใช้คู่กับเครื่องหรี่ไฟ
8) ปิดไฟเมื่อไม่ใช้ ปิดไฟเมื่อไม่ใช้จะช่วยประหยัดพลังงานและลดต้นทุน
9) ควบคุมแสงบาดตาที่หน้าต่าง แสงบาดตาที่เข้าจากหน้าต่างมายังสายตาจะส่งผลต่อความสบายตาและความสามารถในการมองเห็น อาจจะลดความสามารถในการทำงานลง
10) แสงธรรมชาติ ประสิทธิผลของแสงธรรมชาติขึ้นอยู่กับการผสมระหว่างแสงธรรมชาติ และแสงจากหลอดไฟฟ้า ขึ้นอยู่กับออกแบบควบคุมแสงสว่างอย่างเหมาะสม
11) การบำรุงรักษา การบำรุงรักษาดี จะใช้จำนวนดวงโคมน้อยกว่า แต่ให้แสงสว่างเท่าเดิม การบำรุงรักษาจะรวมทั้งการเปลี่ยนหลอดไฟ และการทำความสะอาดดวงโคมตามกำหนด
12) ปฏิบัติตามคู่มือการใช้งาน และการบำรุงรักษา การออกแบบแสงสว่างที่ดีและประหยัดผู้ออกแบบแสงสว่างควรจะติดป้ายบอกวิธีใช้งานไว้ด้วย พลังงานจะสูญเปล่าถ้าผู้ใช้อาคารไม่รู้จักการบำรุงรักษา

3.11 การตรวจวินิจฉัยเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน

สิ่งผิดปกติที่เกิดขึ้นในระบบไฟฟ้าแสงสว่างนั้น เหตุของการสูญเสียพลังงาน ดังนั้นควรทำการตรวจวินิจฉัยเพื่อหาสิ่งผิดปกติ เพื่อทำการแก้ไขอย่างสม่ำเสมอดังตาราง

รายการตรวจ	เกณฑ์พิจารณา	แนวทางปฏิบัติที่ดี
1. ตรวจสอบการทำความสะอาดหลอดโคมไฟฟ้า	หลอดและโคมไฟฟ้าสกปรกจะส่งผลให้ปริมาณแสงสว่างลดลง	• หลอดและโคมที่อยู่นอกห้องปรับอากาศควรทำความสะอาดทุกเดือนหรือตามสภาพ • หลอดและโคมที่อยู่ในห้องปรับอากาศควรทำความสะอาดทุก 6 เดือนหรือตามสภาพ
2. ตรวจวัดค่าความส่องสว่าง (Lux)	ค่าความสว่างในแต่ละพื้นที่ไม่ควรเกินมาตรฐาน	• ลดจำนวนหลอดลง 1 หลอดต่อโคม • ติดตั้งแผ่นสะท้อนแสงและลดหลอด • ติดตั้งอุปกรณ์หรี่แสง • ลดขนาดของหลอดไฟฟ้า
3. ตรวจสอบจำนวนสวิตซ์ควบคุม	จำนวนสวิตซ์ควบคุมจะต้องมีจำนวนเหมาะสมในการใช้งาน	• ติดตั้งสวิตซ์เพิ่ม • ติดตั้งสวิตซ์กระตุกให้กับหลอดไฟที่สามารถปิดได้ • ย้ายตำแหน่งสวิตซ์ให้อยู่ในจุดที่ใช้งานได้สะดวก
4. ตรวจสอบการเปิดไฟฟ้าแล้วไม่เกิดประโยชน์	หลอดไฟฟ้าทุกหลอดจะต้องได้ประโยชน์เมื่อเปิดใช้งาน	• รณรงค์ให้แต่ละพื้นที่ปิดเมื่อไม่เกิดประโยชน์ • ออกข้อกำหนดให้ปิดไฟในช่วงเวลาพัก • ติดป้ายชี้บ่งและสติกเกอร์สีที่สวิตซ์
5. ตรวจสอบระดับความสูงในการติดตั้งหลอดฟลูออเรสเซนต์	หลอดฟลูออเรสเซนต์ควรติดตั้งที่ความสูงไม่เกิน 4 เมตร	• ลดระดับความสูงให้ใกล้กับจุดใช้งานให้มากที่สุด แล้วลดจำนวนหลอดไฟฟ้า

รายการตรวจ	เกณฑ์พิจารณา	แนวทางปฏิบัติที่ดี
6. ตรวจสอบตำแหน่งโคมไฟฟ้าตรงกับจุดใช้งาน	โคมไฟฟ้าควรจะตรงกับจุดใช้งาน	• ย้ายตำแหน่งโคมไฟฟ้าให้ตรงกับจุดใช้งาน • จัดผังการทำงานให้ตรงกับโคมไฟฟ้า • ใช้หลอดไฟฟ้าเฉพาะจุดแทนหลอดไฟฟ้าที่ไม่ตรงจุดใช้งาน
7. ตรวจสอบการให้แสงสว่างจากแบบรวมเป็นแบบเฉพาะจุด	การให้แสงสว่างแบบรวมจะสิ้นเปลืองพลังงานมากกว่าการให้แสงสว่างเฉพาะจุด	• ติดตั้งแสงสว่างเฉพาะจุดแล้วทำการลดแสงสว่าง แบบรวม
8. ตรวจสอบขนาดของหลอดไฟฟ้า	ขนาดหลอดไฟฟ้าควรเหมาะสมกับการใช้งาน	• ลดขนาดหลอดฟลูออเรสเซนต์จาก 40 W เป็น 36 W หรือ 18 W • ลดขนาดหลอดแสงจันทร์จาก 400 W เป็น 250 W • ลดขนาดหลอดฮาโลเจน
9. ตรวจสอบชนิดของหลอดให้เหมาะสมกับการใช้งาน	ชนิดหลอดที่ติดตั้งไม่เหมาะสมกับการใช้งานจริง	• เปลี่ยนจากหลอดแสงจันทร์เป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์หรือเมทัลฮาไลต์ • เปลี่ยนหลอดอินแคนเดสเซนต์ เป็นหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์
10. ตรวจสอบการใช้แสงสว่างจากธรรมชาติแทนแสงประดิษฐ์	ใช้แสงธรรมชาติให้มากที่สุด	• ติดตั้งแผ่นโปร่งแสงที่ผนัง • ติดตั้งแผ่นโปร่งแสงบนหลังคาโดยใช้แผ่นโปร่งแสงที่กัน UV และความร้อน

รายการตรวจ	เกณฑ์พิจารณา	แนวทางปฏิบัติที่ดี
11. ตรวจสอบการใช้แสงสว่างภายนอกอาคาร	ไม่ควรติดตั้งไฟที่ถนนและรั้วเกินความจำเป็น	• เลือกใช้หลอดไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพแสงสูง • ใช้โซลาร์เซลล์ • ลดขนาดของหลอดไฟ • ติดตั้ง Timer หรือ Sensor วัดแสง • ติดตั้งอุปกรณ์หรี่แสงอัตโนมัติ
12. ตรวจสอบชนิดบัลลาสต์	บัลลาสต์แกนเหล็กธรรมดามีการสูญเสียประมาณ 10 W บัลลาสต์แกนเหล็กสูญเสียต่ำมีการสูญเสียประมาณ 5.5 W บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์มีการสูญเสียประมาณ 1 W	• เปลี่ยนบัลลาสต์จากแกนเหล็กธรรมดาเป็นบัลลาต์แกนเหล็กสูญเสียต่ำ • เปลี่ยนบัลลาสต์แกนเหล็กธรรมดาเป็นบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์
13. ตรวจสอบชนิดโคมไฟฟ้า	โคมไฟฟ้าประสิทธิภาพต่ำมีค่าการสะท้อนแสงต่ำ	• ติดตั้งแผ่นสะท้อนแสงแล้วลดจำนวนหลอดไฟฟ้าต่อโคม • เปลี่ยนโคมไฟฟ้าใหม่ที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้นแล้วลดจำนวนหลอดต่อโคม

3.12 แบบตรวจสอบศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน

แบบตรวจสอบศักยภาพการอนุรักษ์พลังงานนี้มีประโยชน์ในการค้นหาแนวทางในการอนุรักษ์พลังงานก่อนที่จะดำเนินการตรวจวิเคราะห์เชิงลึก เพื่อหาผลการอนุรักษ์พลังงานต่อไป

รายการศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน	ผลการตรวจสอบศักยภาพ		
	ดำเนินการแล้ว	พร้อมดำเนินการ	ไม่พร้อมดำเนินการ
1. การลดจำนวนหลอดไฟฟ้าที่เกินความจำเป็น			เพราะ...
2. การเพิ่มสวิทช์ไฟฟ้าเพื่อให้ปิดไฟบริเวณไม่ใช้งานได้			เพราะ...
3. การปิดไฟฟ้าแสงสว่างในพื้นที่ที่ไม่ใช้งาน			เพราะ...
4. การใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์แทนหลอดแสงจันทร์			เพราะ...
5. การใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์แทนหลอดอินแคนเดสเซนต์			เพราะ...
6. การใช้หลอดโลหะฮาไลด์แทนหลอดฮาโลเจน			เพราะ...
7. การใช้หลอดโลหะฮาไลด์แทนหลอดแสงจันทร์			เพราะ...
8. การลดขนาดหลอดแสงจันทร์และหลอดอื่นๆ			เพราะ...
9. การใช้หลอด T5 แทนหลอด T8			เพราะ...
10. การใช้หลอด LED แทนหลอดชนิดอื่น			เพราะ...
11. การใช้บัลลาสต์แกนเหล็กสูญเสียต่ำ			เพราะ...
12. การใช้บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์			เพราะ...
13. การใช้โคมไฟฟ้าประสิทธิภาพสูง			เพราะ...
14. การใช้แผ่นสะท้อนแสงที่โคมเดิม			เพราะ...
15. การใช้อุปกรณ์หรี่แสงสว่างอัตโนมัติ			เพราะ...
16. การใช้โฟโต้สวิทช์กับหลอดภายนอกโรงงาน			เพราะ...
17. การใช้แสงธรรมชาติแทนแสงประดิษฐ์			เพราะ...
18. การใช้โซล่าเซลกับระบบแสงสว่าง			เพราะ...
19. การให้ความสว่างเฉพาะจุดแทนความสว่างแบบทั่วบริเวณ			เพราะ...
20. การติดตั้งสวิทช์กระตุกกับโคมไฟฟ้าที่สามารถปิดได้			เพราะ...
21. การใช้ระบบรีโหมดเพื่อปิด/เปิดไฟฟ้าแสงสว่าง			เพราะ...
22. การใช้ Light pipe เพื่อนำแสงธรรมชาติมาใช้งาน			เพราะ...

3.13 โปรแกรมวิเคราะห์มาตรการอนุรักษ์พลังงาน

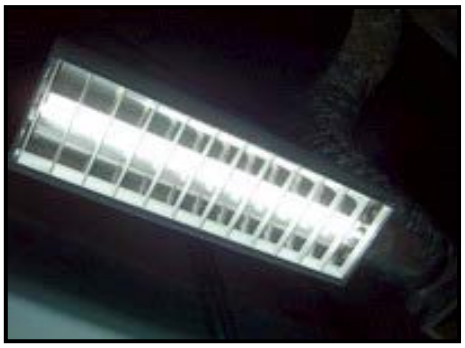
เพื่อลดความยุ่งยากซับซ้อนในการวิเคราะห์ผลการอนุรักษ์พลังงาน จึงทำเป็นโปรแกรม Microsoft Excel โดยผู้ใช้นำข้อมูลเบื้องต้น และข้อมูลตรวจวัดกรอกลงในช่องว่าง โปรแกรมจะคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงานที่ถูกต้องได้ทันที

มาตรการ 1 การลดหลอดโดยใช้โคมสะท้อนแสง

1. หลักการและเหตุผล

โรงงานแห่งหนึ่งติดตั้งหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์ จำนวน 100 หลอดในพื้นที่การผลิต เพื่อให้เกิดการประหยัดพลังงาน ทางโรงงานต้องการติดตั้งโคมสะท้อนแสงที่มีประสิทธิภาพในการลดหลอดไฟฟ้าลงครึ่งหนึ่ง เพื่อใช้งานในการผลิต 10 ชั่วโมงต่อวัน 300 วันต่อปี อัตราค่าไฟฟ้า 3 บาทต่อหน่วย จากการสำรวจพบว่า สามารถลดหลอดไฟฟ้าได้ 50 หลอดโดยการปรับปรุงนี้ไม่ก่อผลกระทบต่อกระบวนการผลิตและผู้ทำงาน

รูปโคมก่อนปรังปรุง



รูปโคมที่นำมาใช้

2. สมการที่ใช้ในการวิเคราะห์

2.1 สมการที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางเทคนิค

2.1.1 พลังงานไฟฟ้าที่หลอดไฟฟ้ารวมบัลลาสต์ใช้

= กำลังไฟฟ้าต่อชุด (kW) x จำนวนชุด x ชั่วโมงใช้งานต่อปี x เปอร์เซ็นต์การใช้งาน

2.2 สมการที่ใช้ในการวิเคราะห์การลงทุน

2.2.1 ระยะเวลาคืนทุน (y)

PB = เงินลงทุน (฿) / ค่าพลังงานไฟฟ้าลดลง (฿/y)

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

ใช้โปรแกรม excel ในการวิเคราะห์ข้อมูล โดยป้อนข้อมูลเบื้องต้นและข้อมูลตรวจวัดลงในช่องสีฟ้า

รายละเอียด	หน่วย	ตัวย่อ	ปริมาณ	แหล่งข้อมูล
1. ข้อมูลเบื้องต้น				
1.1ชั่วโมงการเปิดใช้งานใน 1 ปี	h/y	h	3,000.00	การใช้งาน
1.2 เปอร์เซ็นต์การใช้งาน	%	LF	100.00	การใช้งาน
1.3 ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วย	฿/kWh	C_E	3.00	บิลไฟฟ้า
1.4 ค่าใช้จ่ายในการปรับปรุง	บาท	CI	10,000.00	ประเมิน
2. ข้อมูลตรวจวัด				
2.1 พลังไฟฟ้าจากหลอดและบัลลาสต์ ก่อนปรับปรุงต่อหลอด	kW	P_O	0.05	จากหลอดไฟ
2.2 จำนวนหลอดก่อนปรับปรุง	หลอด	n_O	100.00	สำรวจ
2.3 จำนวนหลอดหลังปรับปรุง	หลอด	n_N	50.00	สำรวจ
3.การวิเคราะห์ทางเทคนิค				
3.1 พลังงานไฟฟ้าเดิมก่อนปรับปรุง $E_o = Po \times n_O \times h \times LF$	kWh/y	E_O	13,800.00	
3.2 พลังงานไฟฟ้าหลังใส่แผ่นสะท้อนแสง $E_N = Po \times n_N \times h \times LF$	kWh/y	E_N	6,900.00	
พลังงานไฟฟ้าที่ลดลง $E_S = E_O - E_N$	kWh/y	E_S	6,900.00	
ค่าพลังงานไฟฟ้าลดลง $S_E = E_S \times C_E$	฿/y	S_E	20,700.00	
4.การลงทุน				
4.1 ระยะเวลาคืนทุน $P_B = C_I/S_E$	y	P_B	0.48	
5. สรุปผลที่ได้จากการวิเคราะห์				
5.1 พลังงานไฟฟ้าที่ลดลง	kWh/y	E_S	6,900.00	
5.2 ค่าพลังงานไฟฟ้าลดลง	฿/y	S_E	20,700.00	
5.3 ระยะเวลาคืนทุน	y	P_B	0.48	

มาตรการที่ 2 การใช้บัลลาสต์แกนเหล็กสูญเสียต่ำ

1. หลักการและเหตุผล

โรงงานแห่งหนึ่งติดตั้งหลอดฟลูออเรสเซ็นต์ขนาด 36 วัตต์ จำนวน 100 หลอดในพื้นที่การผลิตซึ่งบัลลาสต์เป็นแบบแกนเหล็กธรรมดาขนาด 10 วัตต์ ทางโรงงานต้องการเปลี่ยนไปใช้บัลลาสต์แกนเหล็ก สูญเสียต่ำ 6 วัตต์ เพื่อใช้งานใน10 ชั่วโมงต่อวัน 300 วันต่อปี อัตราค่าไฟฟ้า 3 บาทต่อหน่วย

รูปบัลลาสต์ก่อนปรับปรุง

รูปบัลลาสต์ที่นำมาใช้

2. สมการที่ใช้ในการวิเคราะห์

2.1 สมการที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางเทคนิค

2.1.1 พลังงานไฟฟ้าที่บัลลาสต์ใช้

= กำลังไฟฟ้าต่อหลอด (kW) x จำนวนบัลลาสต์ x ชั่วโมงใช้งานต่อปี x เปอร์เซนต์การใช้งาน

2.2 สมการที่ใช้ในการวิเคราะห์การลงทุน

2.2.1 ระยะเวลาคืนทุน (y)

PB = เงินลงทุน (฿) / ค่าพลังงานไฟฟ้าลดลง (฿/y)

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

ใช้โปรแกรม excel ในการวิเคราะห์ข้อมูล โดยป้อนข้อมูลเบื้องต้นและข้อมูลตรวจวัดใส่ในช่องสีฟ้า

รายละเอียด	หน่วย	ตัวย่อ	ปริมาณ	แหล่งที่มาข้อมูล
1.ข้อมูลเบื้องต้น				
1.1 ชั่วโมงการเปิดใช้งานใน 1 ปี	h/y	h	3,000.00	การใช้งานจริง
1.2 เปอร์เซ็นต์การใช้งาน	%	LF	100.00	การใช้งานจริง
1.3 ค่าพลังไฟฟ้าต่อหน่วย	฿/kWh	C_E	3.00	บิลไฟฟ้า
1.4 ค่าใช้จ่ายในการปรับปรุง	บาท	C_I	10,000.00	ประเมิน
2. ข้อมูลตรวจวัด				
2.1 พลังไฟฟ้าจากบัลลาสต์เดิม	kW	P_O	0.010	ข้อมูลบัลลาสต์
2.2 พลังไฟฟ้าจากบัลลาสต์ใหม่	kW	P_N	0.006	ข้อมูลบัลลาสต์
2.3 จำนวนบัลลาสต์ที่จะเปลี่ยน		n	100.00	การสำรวจ
3. การวิเคราะห์ทางเทคนิค				
3.1 พลังงานไฟฟ้าเดิมก่อนปรับปรุง				
$E_O = P_O x\ n\ x\ h\ x\ LF$	kWh/y	E_O	3,000.00	
3.2 พลังงานไฟฟ้าหลังติดตั้งบัลลาสต์ใหม่				
$EN = P_N x\ n\ x\ h\ x\ LF$	kWh/y	E_N	1,800.00	
3.3 พลังงานไฟฟ้าที่ลดลง $E_S = E_O - E_N$	kWh/y	E_S	1,200.00	
3.4 ค่าพลังงานไฟฟ้าลดลง $S_E = E_S \times C_E$	฿/y	S_E	3,600.00	
4. การวิเคราะห์การลงทุน				
4.1 ระยะเวลาคืนทุน $P_B = C_T/S_T$	y	P_B	2.78	
5. สรุปผลที่ได้จากการวิเคราะห์				
5.1 พลังงานไฟฟ้าที่ลดลง	kWh/y	E_S	1,200.00	
5.2 ค่าพลังงานไฟฟ้าลดลง	฿/y	S_E	3,600.00	
5.3 ระยะเวลาคืนทุน	y	P_B	2.78	

มาตรการที่ 3 การเปลี่ยนหลอดแสงจันทร์เป็นหลอดเมทัลฮาไลน์

1. หลักการและเหตุผล

โรงงานแห่งหนึ่งติดตั้งหลอดแสงจันทร์ขนาด 400 วัตต์ จำนวน 10 หลอดในพื้นที่การผลิต เพื่อให้เกิดการประหยัดพลังงาน ทางโรงงานต้องการเปลี่ยนไปใช้หลอดเมทัลฮาไลด์ขนาด 250 วัตต์จำนวน 12 หลอด เพื่อใช้งานใน 10 ชั่วโมงต่อวัน 300 วันต่อปี อัตราค่าไฟฟ้า 3 บาทต่อหน่วย โดยการปรับปรุงนี้ไม่ก่อผลกระทบต่อกระบวนการผลิตและผู้ทำงาน

รูปหลอดก่อนปรับปรุง

รูปหลอดที่นำมาใช้

2. สมการที่ใช้ในการวิเคราะห์

2.1 สมการที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางเทคนิค

2.1.1 พลังงานไฟฟ้าที่หลอดไฟฟ้าใช้

= กำลังไฟฟ้าต่อหลอด(kW) x จำนวนหลอด x ชั่วโมงใช้งานต่อปี x เปอร์เซนต์การใช้งาน

2.2 สมการที่ใช้วิเคราะห์การลงทุน

2.2.1 ระยะเวลาการคืนทุน (y)

PB = เงินลงทุน (฿) / ค่าพลังงานไฟฟ้าลดลง (฿/y)

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

ใช้โปรแกรม excel ในการวิเคราะห์ข้อมูล โดยป้อนข้อมูลเบื้องต้นและข้อมูลตรวจวัดใส่ในช่องสีฟ้า

รายละเอียด	หน่วย	สัญลักษณ์	ข้อมูล	แหล่งที่มาของข้อมูล
1.ข้อมูลเบื้องต้น				
1.1 ชั่วโมงการเปิดใช้งานต่อปี	h/y	h	3,000.00	การใช้งานจริง
1.2 เปอร์เซ็นต์การใช้งาน	%	UF	100.00	การใช้งานจริง
1.3 ราคาพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วย	บาท/kWh	CE	3.00	บิลไฟฟ้า
1.4 ค่าใช้จ่ายในการปรับปรุง	บาท	C_I	20,000.00	ประเมิน
2. ข้อมูลตรวจวัด				
2.1 จำนวนหลอดแสงจันทร์	หลอด	n1	10.00	สำรวจ
2.2 พลังไฟฟ้าต่อหลอดแสงจันทร์	W	W1	400.00	ข้อมูลหลอดไฟ
2.3 พลังไฟฟ้าจากหลอดเมทัลฮาไลด์	W	W2	250.00	ข้อมูลหลอดไฟ
2.4 จำนวนหลอดเมทัลฮาไลด์	หลอด	n2	12.00	สำรวจ
3. การวิเคราะห์ทางเทคนิค				
3.1 พลังงานไฟฟ้าเดิมก่อนปรับปรุง	kWh/y	E_O	12,000.00	
3.2 พลังงานไฟฟ้าหลังปรับปรุง	kWh/y	E_N	9,000.00	
3.3 พลังงานไฟฟ้าที่ลดลง	kWh/y	Es	3,000.00	
Es = Eo – En				
3.4 ราคาพลังงานไฟฟ้าที่ลดลง	B/y	S_C	9,000.00	
Sc = Es x CE				
4. การลงทุน				
4.1 ระยะเวลาคืนทุน	y	PB	2.22	
$PB = C_I / S_C$				
5. สรุปผลที่ได้จากการวิเคราะห์				
5.1 พลังงานไฟฟ้าที่ลดลง	E_S	kWh/y	3,000.00	
5.2 ค่าพลังงานไฟฟ้าลดลง	S_C	บาท/ปี	9,000.00	
5.3 ระยะเวลาคืนทุน	PB	y	2.22	

3.14 กรณีศึกษา

กรณีศึกษาถือเป็นต้นแบบของมาตรการอนุรักษ์พลังงานที่ประสบผลสำเร็จในการอนุรักษ์พลังงานที่โรงงานสามารถนำไปประยุกต์ใช้ให้เกิดผลการอนุรักษ์พลังงานที่เป็นรูปธรรมต่อไป

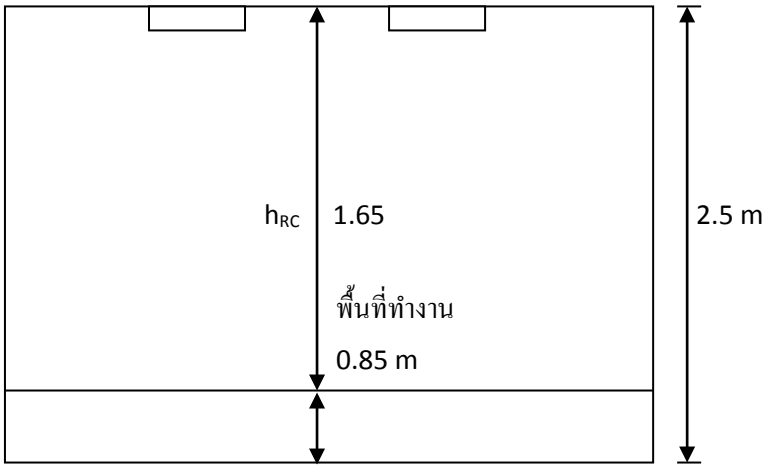
กรณีศึกษาที่ 1: การเลือกใช้อุปกรณ์ประสิทธิภาพสูงโดยเน้นให้ค่าวัตต์ต่อตารางเมตรต่ำ

1.ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

สำนักงานแห่งหนึ่งมีพื้นที่ใช้งาน $10 \times 12 m^2$ ต้องการความส่องสว่าง 500 lux มีเปอร์เซนต์การสะท้อนแสง 80/50/20% ($\rho cc / \rho w / \rho fc$) ค่าMF 0.70 โดยต้องการใช้อุปกรณ์ที่มีค่าวัตต์ต่อตารางเมตรต่ำ

$$RCR = \frac{5h_{RC}(W + L)}{W \times L}$$

$$RCR = \frac{5 \times 1.65 \times (10 + 12)}{10 \times 12} = 1.5$$



รูปที่ 3.14-1 ข้อมูลและขนาดห้อง 10 x 12 ตารางเมตร

2. ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

การออกแบบระบบไฟฟ้าแสงสว่างเพื่อให้ได้ค่าความส่องสว่างเหมาะสมกับการใช้งานและมีค่าวัตต์ต่อตารางเมตรต่ำที่สุด จะส่งผลให้ลดการใช้พลังงานในขณะใช้งาน

3. แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินงาน

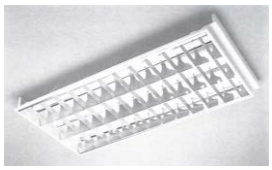
ทำการออกแบบโดยการเลือกโคมไฟฟ้าและหลอดไฟฟ้าแต่ละชนิดเพื่อเปรียบเทียบค่าวัตต์ต่อตารางเมตร และวิเคราะห์ผลการประหยัดพลังงานก่อนเลือกใช้งาน

4. สภาพก่อนปรับปรุง

คัดเลือกโคมไฟฟ้า หลอดไฟฟ้าและบัลลาสต์แต่ละชนิด เพื่อวิเคราะห์ค่าวัตต์ต่อตารางเมตร ดังนี้

ก) กรณีเลือกใช้โคมธรรมดา 3×36 *W* RCR = 1.5 หลอดธรรมดา 36 W ฟลักซ์แสงสว่าง 2600 lm ตารางแสดงตัวอย่างข้อมูลโคมธรรมดา แผ่นสะท้อนแสงอลูมิเนียมอโนไดซ์ ประสิทธิภาพดวงโคม 68.9% เมื่อ

ห้องมีเปอร์เซนต์การสะท้อนแสง 80/50/20% ($\rho cc / \rho w / \rho fc$) $RCR = 1.5$



3×36 W

IESNA Coefficient of Utilisation Table – Zonal Cavity Method.

Spacing Criterion C O° IS 1.37 : 1 C 90° is 1.28 : 1
Pfc = 20%

pcc %	80	80	80	80	70	70	70	70	50	50	50	30	30	30	10	10	10	0
pw %	70	50	30	10	70	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10	0
RCR																		
0	82	82	82	82	80	80	80	80	77	77	77	74	74	74	71	71	71	69
1	77	74	72	69	75	73	70	68	70	68	66	67	66	64	65	63	62	61
2	71	66	62	59	69	65	61	58	63	60	57	60	58	56	58	56	55	53
3	66	59	55	51	64	58	54	50	56	53	50	55	51	49	53	50	48	47
4	61	54	48	44	59	53	48	44	51	47	43	50	46	43	48	45	42	41
5	56	49	43	39	55	48	43	39	46	42	38	45	41	38	44	40	38	36
6	52	44	39	35	51	44	38	34	42	38	34	41	37	34	40	37	34	32
7	49	40	35	31	48	40	35	31	39	34	31	38	38	30	37	33	30	29
8	46	37	32	28	45	37	31	28	36	31	28	35	34	28	34	30	27	26
9	43	34	29	25	42	34	29	25	33	28	25	32	28	25	32	28	25	24
10	40	32	27	23	39	31	26	23	31	26	23	30	26	23	29	26	23	22

จากตาราง เมื่อค่า RCR = 1.5 ดังนั้น ค่า CU อยู่ระหว่าง $\left(\frac{0.74+0.66}{2}\right)$ $CU = 0.70$

$$N = \frac{E \times A}{\phi_L \times n \times CU \times MF}$$

$$= \frac{500\text{lux} \times 10\text{m} \times 12\text{m}}{2600\text{lm} \times 3 \times 0.70 \times 0.70} = 15.7 \text{ โคม}$$

เลือกใช้ = 16 โคม

$$E = \frac{N \times \phi_L \times n \times CU \times MF}{A}$$

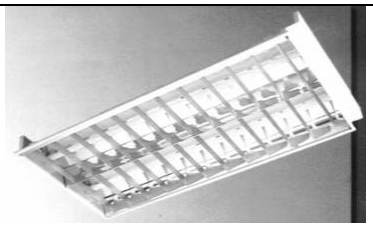
$$= \frac{16 \text{ โคม} \times 2600\text{lm} \times 3 \times 0.70 \times 0.70}{10\text{m} \times 12\text{m}} = 509 \text{ lux}$$

$$W/m^2 = \frac{E}{\text{lm/W} \times CU \times MF}$$

$$= \frac{509 \text{ lux}}{56 \text{ lm/W} \times 0.70 \times 0.70} = 18.57 \text{ W/m}^2$$

ข) ถ้าเลือกโคมประสิทธิภาพสูงและหลอดลูเมนสูง ฟลักซ์แสงสว่าง 3450 lm ใช้บัลลาสต์แบบธรรมดามีการสูญเสีย 10 W ต่อหลอด ประสิทธภาพ = 3450/46 =75 lm/W

ตารางแสดงตัวอย่างข้อมูลโคม แผ่นสะท้อนแสงอลูมิเนียมประสิทธิภาพสูง ประสิทธิภาพดวงโคม 80.51% เมื่อห้องมีเปอร์เซนต์การสะท้อนแสง 80/50/20% ($\rho_{cc} / \rho_w / \rho_{fc}$) $RCR = 1.5$



2 X 36 W

Light Output Ratio
Luminaire: **80.51%**

DLOR (L) : 80.51%
ULDR(L) 0.0%

IESNA Coefficient of Utilisation Table - Zonal Cavity Method.

Pfc = 20%

pcc %	80	80	80	70	70	70	50	50	50	30	30	30	10	10	10	0
pw %	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10	0
RCR																
0	.959	.959	.959	.936	.936	.936	.895	.895	.895	.857	.857	.857	.822	.822	.822	.805
1	.862	.834	.809	.844	.819	.796	.811	.790	.771	.780	.763	.748	.752	.738	.726	.710
2	.774	.729	.691	.759	.718	.638	.732	.697	.668	.706	.678	.653	.682	.660	.639	.623
3	.694	.639	.594	.682	.631	.589	.659	.615	.579	.638	.601	.570	.618	.587	.560	.545
4	.622	.560	.513	.612	.554	.510	.592	.542	.503	.574	.531	.496	.558	.521	.490	.474
5	.554	.489	.441	.546	.484	.438	.529	.475	.434	.514	.466	.429	.500	.458	.425	.409
6	.497	.431	.383	.490	.427	.381	.476	.420	.378	.463	.413	.375	.451	.406	.372	.356
7	.445	.378	.331	.439	.375	.330	.427	.369	.328	.415	.364	.325	.405	.358	.323	.308
8	.396	.330	.284	.391	.327	.283	.380	.322	.281	.370	.318	.280	.361	.313	.278	.263
9	.352	.286	.242	.347	.284	.241	.338	.280	.241	.329	.276	.238	.321	.273	.237	.223
10	.317	.253	.210	.313	.251	.210	.305	.248	.209	.297	.245	.208	.290	.242	.207	.193

จากตาราง เมื่อค่า RCR = 1.5 ดังนั้น ค่า CU อยู่ระหว่าง $\left(\frac{0.834+0.729}{2}\right)$ $CU = 0.82$

$$N = \frac{E \times A}{\phi_L \times n \times CU \times MF}$$

$$= \frac{500\text{lux} \times 10\text{m} \times 12\text{m}}{3450\text{lm} \times 2 \times 0.82 \times 0.70} = 15 \text{ โคม}$$

เลือกใช้ = 16 โคม

$$E = \frac{N \times \phi_L \times n \times CU \times MF}{A}$$

$$= \frac{16 \text{ โคม} \times 3450\text{lm} \times 2 \times 0.82 \times 0.70}{10\text{m} \times 12\text{m}} = 528 \text{ lux}$$

$$W/m^2 = \frac{E}{\text{lm/W} \times CU \times MF}$$

$$= \frac{528 \text{ lux}}{75 \text{ lm/W} \times 0.82 \times 0.70} = 12.27 \text{ W/m}^2$$

ค) กรณีเลือกใช้โคมประสิทธิภาพสูง,หลอดลูเมนสูงและบัลลาสต์การสูญเสียต่ำ หลอดลูเมนสูง 36 W ฟลักซ์แสงสว่าง 3450 lm บัลลาสต์สูญเสียต่ำ จะมีการสูญเสีย 6 W ต่อหลอด

$$\text{lm/W จะมีค่า} = \frac{3450 \text{ lm}}{(36+6)\text{W}} = \frac{3450 \text{ lm}}{42 \text{ W}} = 82 \text{ lm/W}$$

$$\text{ดังนั้น } W/m^2 = \frac{528 \text{ lux}}{82 \text{ lm/W} \times 0.82 \times 0.70} = 11.22 \text{ W/m}^2$$

ง) กรณีใช้โคมประสิทธิภาพสูง, หลอดลูเมนสูง และบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ หลอด $1 \times 36\text{W}$ ถ้าใช้บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์จะมีกำลังไฟฟ้าอินพุทเท่ากับ 36 W

lm / W จะมีค่า $= \frac{3450\ lm}{36\ W} = 95\ lm/W$

ดังนั้น $\text{W/m}^2 = \frac{528\ \text{lux}}{95\ \text{lm/W} \times 0.82 \times 0.70} = 9.68\ \text{W/m}^2$

5) วิเคราะห์ค่าใช้จ่ายและจุดคุ้มทุนก่อนตัดสินใจเลือกใช้

การวิเคราะห์จุดคุ้มทุนของการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าประสิทธิภาพสูงเพื่อเปรียบเทียบก่อนตัดสินใจดังนี้

ตารางที่ 3.14-1 การเปรียบเทียบการประหยัดพลังงานของสถานที่ทำงานขนาด $10 \times 12\text{m}^2$ เปอร์เซนต์การสะท้อนแสง 80/50/20% ($\rho cc / \rho w / \rho fc$)

ข้อมูลเปรียบเทียบ	โคมทั่วไป	โคมประสิทธิภาพสูง	
	$T8-3\times36W$	$T8-2\times36W$	$T8-2\times36W$
จำนวนหลอดต่อโคม	$3\times36W$	$2\times36W$	$2\times36W$
ขนาดพื้นที่ใช้งาน(m^2)	10×12	10×12	10×12
ความส่องสว่างที่ได้ (lux)	509	528	528
ข้อมูลบัลลาสต์	ธรรมดา	สูญเสียต่ำ	อิเล็กทรอนิกส์
กำลังสูญเสียบัลลาสต์ (W)	10	6	0
ข้อมูลหลอดไฟ T8 ขนาด 36 W	ธรรมดา	ลูเมนสูง	ลูเมนสูง
ฟลักซ์แสงสว่างต่อหลอด (lm)	2600	3450	3450
ฟลักซ์แสงสว่างต่อโคม (lm)	$3\times2600 = 7800$	$2\times3450 = 6900$	$2\times3450 = 6900$
กำลังไฟฟ้าหลอด (W)	36	36	36
กำลังไฟฟ้าอินพุตต่อหลอด (W)	10+36=46	6+36=42	36+0=36
กำลังไฟฟ้าหลอดต่อโคม (W)	$3\times36=108$	$2\times36=72$	$2\times36=72$
กำลังไฟฟ้าอินพุตต่อโคม (W)	$3\times46=138$	$2\times42=84$	$2\times36=72$
ประสิทธิภาพแสงสว่างหลอด (lm/W)	2600/36 = 56	3450/36 = 95	3450/36 = 107
ประสิทธิภาพแสงสว่างรวมบัลลาสต์ (lm/W)	2600/46 = 56	3450/42 = 82	3450/36 = 95
อายุการใช้งาน (h)	13,000	16,000	20,000
ข้อมูลหลอดไฟ T8 ขนาด 36 W	ธรรมดา	ลูเมนสูง	ลูเมนสูง
ความถูกต้องของสี (CRI)	77	85	85
ราคาหลอด (บาท)	41	55	55
ราคาหลอดต่อโคม (บาท)	$3\times41=123$	$2\times55=110$	110
ข้อมูลดวงโคม			

ประสิทธิภาพดวงโคม (%)	68.9%	80.5%	80.5%
CU (%)	0.70	0.82	0.82
MF (%)	0.70	0.70	0.70
จำนวนโคมทั้งหมด (โคม)	16	16	16
กำลังไฟฟ้าเพื่อประหยัดพลังงาน (วัตต์/ตารางเมตร)	18.57	11.22	9.68

$$\text{ค่าไฟฟ้า (บาท/ปี)} = \frac{\text{กำลังไฟฟ้าอินพุต (W)} \times \text{จำนวนโคม} \times \text{ชั่วโมงทำงาน} \times \text{ค่าไฟต่อหน่วย}}{1{,}000}$$

ก) โคมธรรมดา 3 x 36 W และบัลลาสต์ธรรมดา กำลังไฟฟ้าต่อโคม 138 วัตต์ 16 โคม ใช้งาน 12 ชั่วโมงต่อวัน 7 วันต่อสัปดาห์ และใน 1 ปี จะมี 52 สัปดาห์

∴ จำนวนชั่วโมงทำงานทั้งหมดต่อปี = $12 \times 7 \times 52 = 4368$ ชั่วโมง/ปี

ถ้าการไฟฟ้าคิดค่าไฟหน่วยละ = 3 บาท

$$\text{ค่าไฟฟ้า (บาท/ปี)} = \frac{138\text{W} \times 16\text{โคม} \times 4{,}368\text{ชั่วโมง} \times 3\text{บาท}}{1{,}000} = 28{,}934 \text{ บาท}$$

∴ ใน 1 ปี ต้องเสียค่าไฟ = 28,934 บาท

ข) โคมประสิทธิภาพสูงและบัลลาสต์การสูญเสียต่ำ

$$\text{ค่าไฟฟ้า (บาท/ปี)} = \frac{84\text{W} \times 16\text{โคม} \times 4{,}368\text{ชั่วโมง} \times 3\text{บาท}}{1{,}000} = 17{,}612 \text{ บาท}$$

∴ ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ต่อปี = 28,934 – 17,612 = 11,322 บาท

ค) ค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนหลอด T8 ธรรมดา เมื่อหมดอายุ โดยหลอด T8 ธรรมดา 3×36 W มีอายุการใช้งาน 13,000 ชั่วโมง และใช้งาน 4,368 ชั่วโมงต่อปี ราคาหลอด T8 ธรรมดา 41 บาท

$$\text{ค่าใช้จ่ายเปลี่ยนหลอด (บาท/ปี)} = \frac{\text{จำนวนหลอดต่อโคม} \times \text{จำนวนโคม} \times \text{ราคาหลอด} \times \text{ชั่วโมง}}{\text{อายุหลอด}}$$

$$\text{ค่าใช้จ่ายเปลี่ยนหลอด (บาท/ปี)} = \frac{3\text{ หลอด/ โคม} \times 16\text{ โคม} \times 41\text{ บาท} \times 4{,}368\text{ ชั่วโมง}}{13{,}000\text{ ชั่วโมง}}$$

∴ ค่าเปลี่ยนหลอดทั้งหมดต่อปี = 661 บาท/ปี

ง) รวมค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนหลอด เมื่อหลอดหมดอายุ เป็นการรวมค่าใช้จ่ายทั้งหมดทั้งปี

= (28934+661)-(17612+480) = 29595-18092 = 11,503 บาท ดังตารางที่ 3.14-2

∴ ค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่ประหยัดได้ = 11,503 บาท

จ) ถ้าต้องการเปลี่ยนเป็นโคมประสิทธิภาพสูง 2 x 36W เปลี่ยนบัลลาสต์เป็นชนิดการสูญเสียต่ำ และเปลี่ยนมาใช้หลอด T8 ลูเมนสูง ถ้าราคาโคม/ชุด ประมาณ 1,610 บาท

$\therefore$ ราคาโคมทั้งหมด $=16\times1610=25{,}760$ บาท

$\therefore$ ระยะเวลาคืนทุน $=25{,}760/11{,}503=2.24$ ปี (ดังตารางที่ 3.14-2)

ตารางที่ 3.14-2 การเปรียบเทียบเพื่อคำนวณค่าใช้จ่าย และจุดคุ้มทุนของสถานที่ทำงานขนาด $10\times12\text{m}^2$

ข้อมูลเปรียบเทียบ	โคมทั่วไป	โคมประสิทธิภาพสูง	
	T8 (3×36W)	T8 (2×36W)	T8 (2×36W)
จำนวนหลอดต่อโคม	3×36W	2×36W	2×36W
กำลังไฟฟ้าอินพุตต่อโคม (W)	138	84	72
ราคาหลอดไฟ (บาท)	41	55	55
บัลลาสต์	ธรรมดา	สูญเสียต่ำ	อิเล็กทรอนิกส์
อายุการใช้งาน (ชั่วโมง)	13,000	16,000	20,000
การหาค่าใช้จ่ายและจุดคุ้มทุน			
จำนวนโคม	16	16	16
กำลังไฟฟ้าอินพุตทั้งหมด (W)	138×16 = 2,208	84×16 = 1,344	72×16 = 1,152
ค่าไฟฟ้าต่อหน่วย (บาท/kWh)	3	3	3
ชั่วโมงการทำงานต่อวัน	12	12	12
วันทำงานต่อสัปดาห์	7	7	7
สัปดาห์ทำงานต่อปี	52	52	52
จำนวนชั่วโมงทำงานทั้งหมดต่อปี	4,368	4,368	4,368
ค่าไฟฟ้าต่อปี (บาท)	28,934	17,612	15,096
ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ต่อปี (บาท)	-	11,322	13,838
ค่าเปลี่ยนหลอดไฟทั้งหมดต่อปี (บาท)	661	480	384
ค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมด (บาท)	29,595	18,092	15,480
ค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่ประหยัดได้ (บาท)	-	11,503	14,115
เปลี่ยนโคมและเปลี่ยนอุปกรณ์ใหม่ (16 โคม)			
ราคาโคมและอุปกรณ์ต่อโคม	-	1,610	1,870
ราคารวมทั้งหมด (บาท)	-	25,760	29,920

กรณีศึกษาที่ 2: การลดโคมไฟแสงสว่างที่ไม่จำเป็น

1.ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

จากการสำรวจพบว่าในโรงงานมีช่องแสงที่นำแสงสว่างธรรมชาติจากภายนอกเข้ามาใช้ให้ความสว่างแก่พื้นที่และมีการติดตั้งหลอดฟลูออเรสเซนต์ในบริเวณพื้นที่ใช้งาน ดังนั้นการเปิดใช้งานหลอด HID ขนาด 400 วัตต์ ซึ่งติดตั้งไว้สูงมากจึงไม่เกิดประโยชน์ในการใช้งาน

2. ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

การเปิดใช้งานระบบไฟฟ้าแสงสว่างที่มากเกินความจำเป็น โดนมีค่าความส่องสว่างมากเกินกว่ามาตรฐานการใช้งานที่กำหนดและไม่เหมาะสมกับการใช้งานส่งผลให้สิ้นเปลืองพลังงานโดยไม่เกิดประโยชน์

3. แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินงาน

ทำการวัดค่าความสว่างเปรียบเทียบก่อนและหลังปิด ถ้าไม่มีผลกระทบต่อมาตรฐานค่าความสว่างที่ควบคุม ให้ออกเป็นข้อกำหนดการเปิดใช้งานและแจ้งให้ผู้ใช้ถือปฏิบัติซึ่งจะส่งผลให้ลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน

4. สภาพก่อนปรับปรุง

หลอด HID ขนาด 400 วัตต์ จำนวน 4 หลอด ใช้กำลังไฟฟ้ารวมบัลลาสต์ 438 วัตต์/หลอด มีการเปิดทิ้งไว้ 8 ชั่วโมง/วัน 365 วัน/ปี

รูปที่ 3.14-2 หลอด HID ขนาด 400 วัตต์ เปิดทิ้งไว้โดยไม่เกิดประโยชน์

5. สภาพหลังปรับปรุง

ปิดหลอดไฟจำนวน 4 หลอด โดยไม่ส่งผลต่อมาตรฐานความสว่าง

รูปที่ 3.14-3 หลอด HID ขนาด 400 วัตต์ ที่ปิดในช่วงเวลากลางวัน

6. การวิเคราะห์ทางเทคนิค			
จำนวนหลอด HID ที่ปิดได้ (N)	=	4	หลอด
กำลังไฟฟ้าของหลอด HID รวมบัลลาสต์ (P)	=	438	W/หลอด
จำนวนชั่วโมงใช้งานที่ปิดได้ (h)	=	8	h/d
จำนวนวันทำงาน (D)	=	365	d/y
ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย (C_E)	=	2.90	฿/kWh
กำลังไฟฟ้าที่ประหยัดได้ (P_{save})	=	(P x N) / 1,000	
	=	1.752	kW
พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ (E_{save})	=	P_{save} x h x D	
	=	5,115.84	kWh/y
ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ (M_{save})	=	E_{save} x C_E	
	=	**14,835.94**	฿/y
7. การวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุน			
เงินลงทุน	=	-	บาท
ผลประหยัดที่ได้	=	**14,835.94**	บาท/ปี
ระยะเวลาคืนทุน	=	-	ปี

กรณีศึกษาที่ 3: การแยกสวิตช์หลอดไฟ
1. ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน
โรงอาหารของสถานประกอบการมีการเปิดใช้ไฟฟ้าแสงสว่างเต็มพื้นที่ตลอด 24 ชั่วโมงในช่วงเวลากลางวัน พื้นที่โรงอาหารด้านที่ติดกับหน้าต่างจะมีแสงสว่างจากธรรมชาติเข้ามาอย่างเพียงพอโดยไม่จำเป็นต้องเปิดไฟฟ้าแสงสว่าง แต่ไม่สามารถปิดได้เนื่องจากสวิทช์พ่วงกันกับบริเวณอื่น อีกทั้งสวิทช์ที่ติดตั้งอยู่ในบริเวณห้องครัวทำให้ไม่สามารถปิดได้โดยสะดวก
2. ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง
หลอดไฟฟ้าบริเวณริมหน้าต่างไม่สามรถปิดได้เนื่องจากสวิทช์ไฟฟ้าพ่วงกับบริเวณอื่น
3. แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินงาน
ทำการแยกสวิตช์ควบคุมหลอดไฟฟ้าแสงสว่างกลุ่มที่อยู่ริมหน้าต่างออกมาจากกลุ่มเดิมที่อยู่รวมกันภายในห้องครัว และย้ายสวิทช์ให้ไปอยู่ในจุดที่ใช้งานได้สะดวก ซึ่งจะสามารถควบคุมการเปิดปิดในเวลากลางวันได้ง่ายและประหยัดพลังงาน โดยทำการตรวจวัดค่าความสว่างหลังจากปิดเทียบกับมาตรฐานที่ควบคุม
4. สภาพก่อนปรับปรุง
มีการเปิดไฟฟ้าแสงสว่างบริเวณริมหน้าต่างในช่วงเวลากลางวันในขณะที่มีแสงสว่างจากภายนอกส่องผ่านกระจกเข้ามาในอาคาร ส่งผลให้สิ้นเปลืองพลังงาน

รูปที่ 3.14-4 เปิดไฟฟ้าแสงสว่างในขณะที่มีแสงสว่างจากภายนอก

5. สภาพหลังปรับปรุง

ดำเนินการแยกสวิตช์ควบคุมหลอดไฟฟ้าแสงสว่างขนาด 36 วัตต์ จำนวน 43 หลอด บริเวณริมหน้าต่างออกมาจากสวิทช์เดิม โดยเมื่อปิดแล้วค่าความส่องสว่างยังได้มาตรฐาน

รูปที่ 3.14-5 ปิดไฟฟ้าแสงสว่างบริเวณริมหน้าต่างในช่วงเวลากลางวัน

6. การวิเคราะห์ทางเทคนิค

จำนวนหลอดฟลูออเรสเซนต์	(n)	=	43	หลอด
กำลังไฟฟ้าของหลอดที่วัดได้	(P)	=	49	W
เปอร์เซ็นต์การใช้งานเฉลี่ย	(%)	=	100	%
ชั่วโมงการทำงานที่ลดได้	(h)	=	8	h/d
จำนวนวันทำงาน	(D)	=	313	d/y
ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย	(C_E)	=	2.60	฿/kWh
กำลังไฟฟ้าที่ลดลง	(P_{save})	=	(P x n)/1,000	kW
		=	2.11	kW
พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้	(E_{save})	=	P_{save} x (%/100) x h x D	kWh/y
		=	5,275.93	kWh/y
ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้	(M_{save})	=	C_E x E_{save}	฿/y
		=	13,717.42	฿/y

7. การวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุน			
เงินลงทุน	=	-	บาท
ผลประหยัดที่ได้	=	**13,717.42**	บาท/ปี
ระยะเวลาคืนทุน	=	-	ปี

กรณีศึกษาที่ 4: การติดตั้งแผ่นสะท้อนแสงประสิทธิภาพสูงและลดจำนวนหลอดไฟฟ้า

1. ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

สถานประกอบการมีการติดตั้งใช้งานโคมแบบฝังฝ้าทีบาร์ ขนาด 4 x 36W จำนวน 17 โคม และขนาด 3 x 36 W จำนวน 381 โคม โดยมีการเปิดใช้งาน 9 ชั่วโมง/วัน 300 วันต่อปี ซึ่งโคมทั้งหมดใช้ฝาครอบพลาสติกสีขาวขุ่นทำให้ปริมาณความสว่างที่ได้ลดลง

2. ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

โคมที่ใช้ฝาครอบพลาสติกสีขาวขุ่นจะทำให้แสงสว่างที่ออกจากหลอดไฟฟ้าส่งลงไปยังพื้นที่ใช้งานได้น้อยลง ส่งผลให้ต้องใช้หลอดไฟฟ้าในจำนวนที่มากขึ้น

3. แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินงาน

ทำการติดตั้งแผ่นสะท้อนแสงประสิทธิภาพสูงแบบอลูมิเนียม ซึ่งมีประสิทธิภาพการสะท้อนแสง 95 % และลดจำนวนหลอดไฟฟ้าโคมละ 1 หลอด ซึ่งทำให้มีการใช้งานหลอดฟูลออเรสเซนต์และบัลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ลดลงจำนวนรวม 398 ชุด โดยได้ค่าความส่องสว่างใกล้เคียงกับค่าเดิมและไม่เกิดผลกระทบต่อการใช้งาน โดยทำการปรับปรุงโคม 2 ชนิดดังนี้

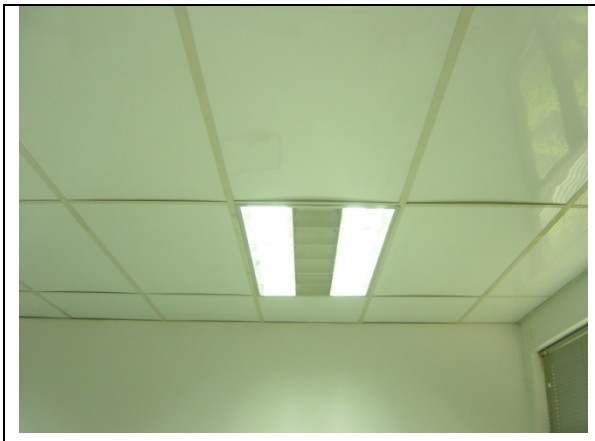
- โคม 4 x 36 W จาก 4 หลอดต่อโคมเหลือ 3 หลอดต่อโคม จำนวน 17 โคม
- โคม 3 x 36 W จาก 3 หลอดต่อโคมเหลือ 2 หลอดต่อโคม จำนวน 381 โคม

4. สภาพก่อนปรับปรุง

ทำการวัดกำลังไฟฟ้าที่ใช้ได้ผลดังนี้ โคมขนาด 4 x 36 วัตต์ ใช้กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยต่อโคม 137.03 วัตต์ โคมขนาด 3 x 36 วัตต์ ใช้กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยต่อโคม 108.05 วัตต์ และวัดค่าความส่องสว่างได้ดังนี้ อาคารสำนักงาน 426 LUX และ อาคารโรงงาน 498 LUX

5. สภาพหลังปรับปรุง

ทำการวัดกำลังไฟฟ้าที่ใช้กับโคมใหม่หลังจากติดตั้งแผ่นสะท้อนแสงและลดจำนวนหลอดไฟลงโคมละ 1 หลอดได้ผลดังนี้ โคมขนาด 3 x 36 วัตต์ ใช้กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยต่อโคม 103.83 วัตต์ โคมขนาด 2 x 36 วัตต์ ใช้กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยต่อโคม 64.99 วัตต์ และวัดค่าความส่องสว่างได้ดังนี้ อาคารสำนักงาน 518 LUX และ อาคารโรงงาน 581 LUX ซึ่งสูงกว่าเดิม



รูปที่ 3.14-6 โคมไฟฟ้า 3 x 36 วัตต์ ที่ปรับปรุงเป็น 2 x 36 วัตต์

รูปที่ 3.14-7 โคมไฟฟ้า 4 x 36 วัตต์ ที่ปรับปรุงเป็น 3 x 36 วัตต์

6. การวิเคราะห์ทางเทคนิค

1) การปรับปรุงโคม 4 x 36 วัตต์ เป็น 3 x 36 วัตต์ จำนวน 17 โคม

กำลังไฟฟ้าต่อโคมเฉลี่ยก่อนปรับปรุง	=	137.03	วัตต์/โคม
กำลังไฟฟ้าต่อโคมเฉลี่ยหลังปรับปรุง	=	103.83	วัตต์/โคม
กำลังไฟฟ้าลดลงเฉลี่ยต่อโคม	=	137.03 – 103.83	= 33.2 วัตต์/โคม
	=	0.0332	กิโลวัตต์/โคม
ประหยัดพลังงานไฟฟ้า	=	0.0332 x 17 x 2,700	
	=	1,523.88	kWh/ปี

2) การปรับปรุงโคม 3 x 36 วัตต์ เป็น 2 x 36 วัตต์ จำนวน 381 โคม

กำลังไฟฟ้าต่อโคมเฉลี่ยก่อนปรับปรุง	=	108.05	วัตต์/โคม
กำลังไฟฟ้าต่อโคมเฉลี่ยหลังปรับปรุง	=	64.99	วัตต์/โคม
กำลังไฟฟ้าต่อโคมเฉลี่ยลดลง	=	108.05 – 64.99	= 43.06 วัตต์/โคม
	=	0.04306	กิโลวัตต์/โคม

ประหยัดพลังงานไฟฟ้า	=	0.04306 x 381 x 2,700	
	=	44,295.82	kWh/ปี
ประหยัดพลังงานไฟฟ้ารวม	=	1,523.88 + 44,295.82	
	=	45,819.70	kWh/ปี
ค่าพลังงานไฟฟ้าลดลง	=	45,817.9 x 2.81	
	=	**128,748.30**	บาท
7. การวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุน			
เงินลงทุน	=	**335,124**	บาท
ผลประหยัดที่ได้	=	**128,748.30**	บาท/ปี
ระยะเวลาคืนทุน	=	**2.60**	ปี

กรณีศึกษาที่ 5 : การลดจำนวนการใช้งานหลอดแสงจันทร์และหลอดฟลูออเรสเซนต์

1. ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

สถานประกอบการผลิตชิ้นส่วนพลาสติกภายในรถยนต์ มีการใช้ไฟฟ้าแสงสว่างจำนวนมาก ประกอบด้วยหลอดแสงจันทร์และหลอดฟลูออเรสเซนต์ซึ่งมีการเปิดใช้งานต่อเนื่องตลอดเวลา

2. ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

จากการตรวจวัดระดับความเข้มของแสงสว่างในพื้นที่ต่างๆ พบว่ามีระดับความเข้มของแสงที่มากเกินความจำเป็น รวมถึงตำแหน่งการติดตั้งหลอดมีระดับที่สูงเกินไป

รูปที่ 3.14-8 หลอดแสงจันทร์และหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่จะลด

3. แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินงาน

ดำเนินการปรับปรุงโดยลดจำนวนหลอดแสงจันทร์ในบางพื้นที่โดยใช้เครื่องมือวัดความเข้มของแสงตรวจวัดระดับความเข้มแสงให้เพียงพอและเป็นไปตามมาตรฐาน รวมถึงการลดจำนวนหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่มีจำนวนมากเกินความจำเป็น และในบางพื้นที่มีการเปลี่ยนตำแหน่งโคมให้มีความเหมาะสมมากขึ้นทำให้สามารถลดจำนวนหลอดฟลูออเรสเซนต์ได้เพิ่มมากขึ้น โดยสามารถลดจำนวนหลอดแสงจันทร์ขนาด 400 วัตต์ ได้จำนวน 30 หลอด และลดจำนวนหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์ ได้จำนวน 568 หลอด การลดหลอดแสงจันทร์และหลอดฟลูออเรสเซนต์เป็นการลดแบบถาวร โดยการปลดหลอดและตัดวงจรด้านจ่ายออกจากระบบ

4. สภาพหลังปรับปรุง

หลังปรับปรุงสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ 336,629 kWh / y

รูปที่ 3.14- 9 หลอดแสงจันทร์และหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ยกเลิกการใช้งาน

5. การวิเคราะห์ทางเทคนิค

การยกเลิกการใช้หลอดแสงจันทร์และหลอดฟลูออเรสเซนต์

รายละเอียด	หน่วย	ตัวย่อ	ข้อมูลที่ใช้	แหล่งข้อมูล
ข้อมูล				
จำนวนหลอดแสงจันทร์	หลอด	n1	30	สำรวจ
กำลังไฟฟ้าต่อหลอดแสงจันทร์ + บัลลาสต์	W	W1	410	ตรวจวัด
จำนวนหลอดฟลูออเรสเซนต์	หลอด	n2	568	สำรวจ
กำลังไฟฟ้าต่อหลอดฟลูออเรสเซนต์ + บัลลาสต์	W	W2	46	ประเมิน
ชั่วโมงการเปิดใช้งานต่อวัน	h/d	h	24	ประเมิน
จำนวนวันทำงานต่อปี	d/y	d	365	ประเมิน
เปอร์เซ็นต์การใช้งาน	%	UF	100	ประเมิน
ราคาพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วย	B/kWh	CE	2.87	บิลไฟฟ้า
การคำนวณ				
พลังงานไฟฟ้าเดิมก่อนปรับปรุง	kWh/y	E_O	336,629	
พลังงานไฟฟ้าที่ลดลง	kWh/y	Es	336,629	
ราคาพลังงานไฟฟ้าที่ลดลง Ec = Es x CE	B/y	S_E	966,126	
เทียบเท่าน้ำมันดิบ	ktoe		0.0287	

กรณีศึกษาที่ 6 : การเปลี่ยนชนิดหลอดไฟฟ้าถนน

1. ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

สถานประกอบการผลิตสายไฟสำหรับรถยนต์ มีการใช้หลอดไฟฟ้าจำนวนมากและมีหลายชนิดในพื้นที่สำหรับให้แสงสว่างในการทำงาน

2. ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

จากการเดินสำรวจพบว่าภายในโรงงานมี ค่าความส่องสว่างสูงเกินมาตรฐาน จึงทำการปรับลดกำลังไฟฟ้าส่องสว่างในบางพื้นที่

รูปที่ 3.14-10 หลอดโซเดียมความดันสุงขนาด 300 วัตต์

รูปที่ 3.14-11 หลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 92 วัตต์

3. แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินงาน

โรงงานทำการเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าจากโซเดียมความดันสูงขนาด 300 วัตต์ที่มีค่าส่องสว่าง 9000 ลูเมน เป็นฟลูออเรสเซนต์ขนาด 92 วัตต์ที่ส่องสว่าง 5000 ลูเมนจำนวน 25 ชุดและยังได้ค่าความสว่างตามเกณฑ์มาตรฐาน

4. สภาพหลังปรับปรุง

หลังปรับปรุงสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ 13,208 kWh/y

5. การวิเคราะห์ทางเทคนิค

การเปลี่ยนจากหลอดโซเดียมความดันสูงเป็นฟลูออเรสเซนต์

รายการ	หน่วย	ตัวย่อ	ข้อมูลที่ใช้	แหล่งข้อมูล
ข้อมูล				
ชั่วโมงการใช้งานเหลอดไฟฟ้าต่อวัน	h/d	h	10	ประเมิน
จำนวนวันทำงานต่อปี	d/y	d	254	ประเมิน
กำลังไฟฟ้าหลอดโซเดียมความดันสูง	kW	kW	0.3	spect
กำลังไฟฟ้าของหลอดฟลูออเรสเซนต์	kW	kW	0.092	spect
จำนวนชุดที่เปลี่ยน	ชุด	n	25	
เปอร์เซนต์การใช้งาน	%	LF	100	ประเมิน
อัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วย	฿/kWh	C_E	3.13	บิลไฟฟ้า
การลงทุน	บาท	C	65,000	
การคำนวณ				
พลังงานไฟฟ้าที่ลดลงจากการดำเนินมาตรการ	kWh/y	E_O	13,208	
ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ $S_E = E_0 \times C_E$	฿/y	S_E	41,341	

6. การวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุน

เงินลงทุน	=	**65,000**	บาท
ผลประหยัดที่ได้	=	**41,341**	บาท/ปี
ระยะเวลาคืนทุน	=	65,000/41,341	
	=	**1.57**	ปี

กรณีศึกษาที่ 7: การควบคุมการใช้งานระบบแสงสว่างและการติดตั้งแผ่นหลังคาแบบโปร่งใส

1. ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

โรงงานจะมีการใช้งานหลอดไฟฟ้าประเภท “หลอดแสงจันทร์” ขนาด 400 วัตต์จำนวน 187 หลอด โดยสภาพอาคารมีแผ่นหลังคาแบบโปร่งใสบ้างบางส่วน และในระหว่างการผลิตก็จะมีหมอกควันจากการหลอมเหล็ก จึงทำให้โรงงานจำเป็นต้องเปิดไฟแสงสว่างตลอดเวลาเพื่อให้ความสว่าง

รูปที่ 3.14-12 ระดับความเข้มแสงสว่างก่อนการปรับปรุง

2. ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

เนื่องจากภายในโรงงานมีการเปิดไฟฟ้าแสงสว่างตลอดเวลาโดยไม่มีการควบคุมเวลาการเปิด-ปิด บางบริเวณ เช่น บริเวณหลอมเหล็ก มีควันฟุ้งกระจาย และสภาพแผ่นหลังคาแบบโปร่งใส (Skylight) ค่อนข้างเก่า อีกทั้งระยะห่างระหว่างแผ่น Skylight ประมาณ 12 m ทำให้แสงสว่างจากภายนอกส่องเข้ามาได้น้อย จึงจำเป็นต้องเปิดไฟแสงสว่างช่วย ทำให้สูญเสียพลังงานค่อนข้างมาก ดังนั้นโรงงานต้องการที่จะลดการใช้พลังงานในส่วนนี้โดยการปรับปรุงแผ่น Skylight และกำหนดเวลาบริเวณที่จะใช้งานระบบแสงสว่าง

3. แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินงาน

- ตรวจสภาพปัจจุบันของโรงงาน และตรวจสอบเวลาการใช้งานแสงสว่าง
- กำหนดเวลาการใช้งานว่าพื้นที่บริเวณไหนสามารถที่จะลดการใช้ไฟในช่วงกลางวัน และจำเป็นต้องใช้ในเวลากลางคืน
- หลังจากปรับปรุงเสร็จแล้วให้ตรวจสอบค่าความเข้มแสงสว่าง โดยต้องไม่ต่ำกว่าค่ามาตรฐาน
- วิเคราะห์ผลการประหยัดพลังงานที่ได้

4. สภาพหลังปรับปรุง

รูปที่ 3.14-13 ระดับความเข้มแสงสว่างหลังการปรับปรุงแผ่นหลังคาแบบโปร่งแสง

5. การวิเคราะห์ทางเทคนิค

Fl.	Area	Lamp	Set	Ballast Loss (W)	%Use	Day/Yr.	Power (kW)	Before		After	
								Hr./Day	Energy (kWh)	Hr./Day	Energy (kWh)
	Zone AE										
1	บริเวณเครื่องอัด MA	1 x 400	6	25	70%	312	1.79	24	13,403.52	0	0.00
1		1 x 400	6	25	70%	312	1.79	24	13,403.52	14	7,818.72
1	บริเวณงานรอซัด MA	1 x 400	6	25	70%	312	1.79	24	13,403.52	0	0.00
1		1 x 400	6	25	70%	312	1.79	24	13,403.52	14	7,818.72
1	บริเวณ S/P MA&MB	1 x 400	4	25	70%	312	1.19	24	8,910.72	0	0.00
1		1 x 400	2	25	70%	312	0.60	24	4,492.80	14	2,620.80
1	บริเวณเครื่องปั๊มและเทเหล็ก MB	1 x 400	12	25	70%	312	3.57	24	26,732.16	0	0.00
1		1 x 400	16	25	70%	312	4.76	24	35,642.88	14	20,791.68
1	หลังเตา MB	1 x 400	2	25	70%	312	0.60	24	4,492.80	0	0.00
1		1 x 400	4	25	70%	312	1.19	24	8,910.72	14	5,197.92
	Zone EF										
1	บริเวณพื้นที่วางงานรอส่งลูกค้า	1 x 400	6	25	70%	312	1.79	24	13,403.52	0	0.00
1		1 x 400	6	25	70%	312	1.79	24	13,403.52	14	7,818.72
1	บริเวณชุด CHARGE MA	1 x 400	6	25	70%	312	1.79	24	13,403.52	14	7,818.72
1	บริเวณเทเหล็ก MA	1 x 400	8	25	70%	312	2.38	24	17,821.44	0	0.00
1		1 x 400	10	25	70%	312	2.98	24	22,314.24	14	13,016.64
1	บริเวณเครื่องปั๊มและด้านหน้าเครื่องปั๊ม MA	1 x 400	23	25	70%	312	6.84	24	51,217.92	0	0.00
1		1 x 400	19	25	70%	312	5.65	24	42,307.20	14	24,679.20
	Zone FK										
1	บริเวณพื้นที่วางงานรอส่งลูกค้า	1 x 400	8	25	70%	312	2.38	24	17,821.44	0	0.00
1		1 x 400	8	25	70%	312	2.38	24	17,821.44	14	10,395.84
1	บริเวณมุ่งเก็บเศษเหล็ก MA	1 x 400	2	25	70%	312	0.60	24	4,492.80	0	0.00
1		1 x 400	2	25	70%	312	0.60	24	4,492.80	14	2,620.80
1	LINE MACHINE	1 x 400	8	25	70%	312	2.38	24	17,821.44	0	0.00
1		1 x 400	8	25	70%	312	2.38	24	17,821.44	14	10,395.84
1	พื้นที่ซ่อม	1 x 400	4	25	70%	312	1.19	24	8,910.72	0	0.00
1		1 x 400	5	25	70%	312	1.49	24	11,157.12	14	6,508.32
	Total	-	187	-	-	-	55.69	-	417,007	-	127,502

ผลประหยัด = 289,505 kWh/ปี

% Safety Factor = 70 %

ผลประหยัดจริง = 202,654 kWh/ปี

ราคาพลังงาน = 2.59 บาท/kWh

ผลประหยัดที่ได้ = 524,874 บาท/ปี

หมายเหตุ

1. กำหนด %Use = 70% เนื่องจากสภาพเดิมอาจจะไม่ได้เปิดไฟครบทุกหลอดหรืออาจจะมีบางหลอดชำรุด

2. ก่อนปรับปรุงใช้งานแสงสว่าง 24 Hr./Day โดยหลังปรับปรุงมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- ช่วงกลางวัน (8:00 - 18:00) : สามารถปิดไฟได้ตลอดเวลา

- ช่วงกลางคืน (18:00 - 8:00) : จะเปิดไฟเป็นบางบริเวณ

3. กำหนด %Safety Factor = 70% เนื่องจากอาจจะมีบางวันไม่สามารถปิดไฟช่วงกลางวันได้เช่น วันฝนตก

6.การวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุน

เงินลงทุน = 1,198,560 บาท

ระยะเวลาคืนทุน = 2.28 ปี

กรณีศึกษาที่ 8: การใช้ Photo Switch ควบคุมการเปิด-ปิดระบบแสงสว่างรอบๆโรงงาน

1. ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

ในบริเวณรอบๆโรงงานและลานจอดรถมีการติดตั้งระบบแสงสว่าง เพื่อให้ความสว่างช่วงเวลากลางคืน โดยมอบหมายหน้าที่การเปิด-ปิด ให้กับเจ้าหน้าที่รักษาความปลอดภัยของโรงงาน

2. ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

เนื่องจากการเปิด-ปิด ระบบแสงสว่างเป็นแบบ Manual ซึ่งบางครั้งอาจจะลืมปิดไฟในตอนเช้าดังนั้นโรงงานต้องการที่จะลดความสูญเสียนี้ลง โดยการติดตั้ง Photo Switch ควบคุมการทางานซึ่งจะส่งผลให้สามารถลดเวลาการใช้งานที่เกินความจาเป็นได้โดยเฉลี่ยประมาณวันละ 2 ชั่วโมง

3. แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินงาน

- สำรวจบริเวณที่จะติดตั้ง Photo Switch
- ดำเนินการติดตั้ง และวัดกำลังไฟฟ้าที่ใช้งาน
- คำนวณผลประหยัด

4. สภาพหลังปรับปรุง

รูปที่ 3.14-14 การติดตั้ง Photo Switch เพื่อควบคุมแสงสว่างภายนอกอาคาร

5. การวิเคราะห์ทางเทคนิค

Area	Lamp	Set	Hr./Day	Day/Yr.	Before		Save
					Power (kW)	Energy (kWh)	Energy (kWh)
โคมถนนด้านข้าง Boiler Rm.	1 x 400	3	14	365	1.190	6,081	869
โรงจอดรถ	2 x 36	4	14	365	0.362	1,850	264
ไฟรั้ว	1 x 23	14	14	365	0.317	1,618	231
ป้อมยาม 2	1 x 400	2	14	365	0.793	4,054	579
ป้อมยาม 2	1 x 400	1	14	365	0.397	2,027	290
ป้อมยาม 2	1 x 250	1	14	365	0.280	1,433	205
ทางเข้า Office	1 x 250	1	14	365	0.289	1,477	211
โรงจอดรถ หน้าทางเข้า Office	2 x 36	15	14	365	1.580	8,074	1,153
Air Comp. Rm.	2 x 36	9	14	365	0.855	4,369	624
Air Comp. Rm.	1 x 400	2	14	365	0.911	4,655	665
โรงจอดรถ (ป้อมยามทางเข้า)	2 x 36	9	14	365	0.920	4,701	672
ไฟรั้ว	1 x 23	21	14	365	0.456	2,330	333
ไฟส่องป้าย	1 x 250	2	14	365	0.538	2,749	393
โรงจอดรถ Canteen	2 x 36	26	14	365	1.970	10,067	1,438
Total	-	-	-	-	10.858	55,484	7,926

1. กำหนดให้หลังปรับปรุงสามารถการใช้งานลงได้ 2 hr./พื้นที่/วัน

2. กำหนด Safety Factor เท่ากับ 80% เนื่องจากอาจมีบางวันที่จาเป็นต้องเปิดไฟเวลากลางวัน เช่น วันที่ฝนตก

พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ = 7,926 k Wh/ปี

กำหนด Safety Factor = 80 %

พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้จริง = 7,926 x 80% kWh/ปี

= 6,341 kWh/ปี

ต้นทุนค่าพลังงานไฟฟ้า = 2.85 บาท/kWh

ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ = 2.85 x 6,341 บาท/ปี

= 18,072 บาท/ปี

6.การวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุน

เงินลงทุน = 16,678 บาท

ระยะเวลาคืนทุน = 16,678 / 18,072

= 0.92 ปี

กรณีศึกษาที่ 9: การเปลี่ยนหลอดฟลูออเรสเซ็นต์เป็นหลอด LED

1. ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

ระบบแสงสว่างในพื้นที่เดิมใช้หลอดฟลูออเรสเซ็นต์ขนาด 110 W โดยติดตั้ง 2 หลอด ต่อ 1 โคม เปิดใช้งานตั้งแต่เวลา 9:00 น. – 23:00 น. หรือ 14 ชม. ต่อวัน 365 วันต่อปี

2. ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

เนื่องจากหลอดฟลูออเรสเซ็นต์เดิมมีการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงและสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายด้านไฟฟ้า

3. แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินงาน

เพื่อให้เกิดการประหยัดพลังงานในระบบแสงสว่างทางคณะกรรมการอนุรักษ์พลังงานจึงมีแนวคิดที่จะเปลี่ยนเป็นหลอด LED ขนาด 43 W ทั้งหมด โดยมีขั้นตอนในการดาเนินการดังนี้

- สำรวจจำนวนโคมไฟฟ้าที่สามารถปรับปรุงได้
- วิเคราะห์ผลประหยัดและขออนุมัติงบประมาณจากผู้บริหาร
- ดำเนินการปรับปรุง

4. สภาพหลังปรับปรุง

หลังปรับปรุงพื้นที่มีปริมาณความเข้มแสงสว่างเพิ่มขึ้น

รูปที่ 3.14-15 การติดตั้ง LED

5. การวิเคราะห์ทางเทคนิค

ก่อนปรับปรุง

ชนิด	ขนาด	จำนวน	%Use	กำลังไฟฟ้า (kW)	ชั่วโมงทำงาน/วัน	วันทำงาน/ปี	พลังงานไฟฟ้า (kWh)
หลอด FL.	110	2,000	70%	154	14	365	786,940

หลังปรับปรุง

ชนิด	ขนาด	จำนวน	%Use	กำลังไฟฟ้า (kW)	ชั่วโมงทำงาน/วัน	วันทำงาน/ปี	พลังงานไฟฟ้า (kWh)
หลอด LED.	43	2,000	100%	86	14	365	439,460

พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ = 347,480 kWh/ปี

กำหนด Safety Factor = 80 %

พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้จริง	=	347,480 x 80%	kWh/ปี
	=	277,984	kWh/ปี
ต้นทุนค่าพลังงานไฟฟ้า	=	4.00	บาท/kWh
ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้	=	4.00 x 277,984	บาท/ปี
	=	1,111,936	บาท/ปี
6.การวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุน			
เงินลงทุน	=	3,000,000	บาท
ระยะเวลาคืนทุน	=	3,000,000 / 1,111,936	
	=	2.70	ปี

กรณีศึกษาที่ 10 : ติดตั้ง Timer ควบคุมการเปิด – ปิด ไฟบริเวณ Loading Station

1. ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

พื้นที่บริเวณขนส่งของ (Loading Station) ในส่วนของโรงงานมีการใช้ไฟฟ้าแสงสว่างโดยใช้หลอดไฟ High Pressure Sodium ขนาด 400 W ในการส่องสว่างภายในตัวอาคาร เปิดใช้งานเป็นเวลา 24 ชั่วโมงต่อวัน

2. ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

พื้นที่บริเวณขนส่งของ มีหลอดไฟชนิด High Pressure Sodium เปิดใช้งาน จำนวน 8 หลอด ทางทีมอนุรักษ์พลังงานของทางโรงงานเห็นว่าตรงจุดนี้สามารถปิดได้ในช่วงกลางวัน เนื่องจากมีแสงสว่างเพียงพอ จึงเห็นสมควรติดตั้ง Timer ไว้สำหรับควบคุมเวลาการเปิด – ปิด ไฟแบบอัตโนมัติในบริเวณดังกล่าว

3. แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินงาน

1. สำรวจไฟฟ้าแสงสว่างบริเวณ Loading Station
2. สำรวจเวลาที่สามารถปิด - เปิดได้บริเวณดังกล่าว
3. นำเสนอมาตรการปิดไฟบริเวณ Loading Station
4. ดำเนินการปิดไฟบริเวณ Loading Station
5. สรุปและติดตามผล

4. สภาพหลังปรับปรุง

ทำการปิดไฟแสงจันทร์ขนาด 400 W จำนวน 8 หลอดบริเวณ Loading Station โดยใช้ Timer กำหนดเวลาเปิด – ปิด ตั้งแต่เวลา 6.00 – 18.00 น. สามารถช่วยประหยัดพลังงานได้ 14,826 kWh/ปี

5. การวิเคราะห์ทางเทคนิค

หลอดไฟแสงจันทร์ขนาด 400 W. จำนวน 8 หลอด

พลังงานของหลอดไฟรวมบัลลาสต์ = 423 W

<u>ก่อนปรับปรุง</u>

เปิดใช้งานตลอด 24 ชั่วโมง

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ = 0.423 kW x 24 ชม./วัน x 365 วัน/ปี x 8 หลอด

= 29,648 kWh / ปี

<u>หลังปรับปรุง</u>

เปิดใช้งานเวลา 6.00 – 18.00 น. รวมเป็นเวลา 12 ชั่วโมง

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ = 0.423 kW x 12 ชม./วัน x 365 วัน/ปี x 8 หลอด

= 14,822 kWh / ปี

พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ = ก่อนปรับปรุง – หลังปรับปรุง

= 29,648 – 14,822

= 14,826 kWh / ปี

อัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ย = 2.57 บาท / kWh

ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ = 14,826 x 2.57 บาท / ปี

= 38,103 บาท / ปี

6.การวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุน

เงินลงทุน = 22,578 บาท

ระยะเวลาคืนทุน = 0.59 ปี

กรณีศึกษาที่ 11 : การเปลี่ยนหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์ เป็นหลอด LED ขนาด 18 วัตต์

1. ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

พื้นที่ส่วนการผลิตและสำนักงานติดตั้งหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์ จำนวน 500 หลอด โดยควบคุมค่าการส่องสว่างที่ 450-500 ลักซ์ เปิดใช้งานเป็นเวลา 11 ชั่วโมงต่อวัน 300 วันต่อปี

2. ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

หลอดฟลูออเรสเซนต์ มีประสิทธิภาพต่ำและมีอายุการใช้งานสั้น จึงเปลี่ยนเป็นหลอด LED ขนาด 18 วัตต์ มีอายุการใช้งานมากกว่า 40,000 ชั่วโมงต่อปี ส่งผลให้เกิดการประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้มากโดยค่าความสว่างยังคงเท่าเดิม

รูปก่อนการเปลี่ยนหลอดไฟฟ้า

3. แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินงาน

ทำการเปลี่ยนหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์ เป็นหลอด LED ขนาด 18 วัตต์ จำนวน 500 หลอด บริเวณออฟฟิสและในโรงงาน

4. สภาพหลังปรับปรุง

ติดตั้งหลอด LED ขนาด 18 วัตต์ จำนวน 500 หลอด

รูปหลังการเปลี่ยนหลอดไฟฟ้า

5. การวิเคราะห์ทางเทคนิค

หลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 W. จำนวน 500 หลอด

พลังงานของหลอดไฟรวมบัลลาสต์ = 46 W

ก่อนปรับปรุง

เปิดใช้งานวันละ 11 ชั่วโมง 300 วัน/ปี

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ = 0.046 kW x 11 ชม./วัน x 300 วัน/ปี x 500 หลอด

= 75,900 kWh / ปี

หลังปรับปรุง

เปิดใช้งานวันละ 11 ชั่วโมง 300 วัน/ปี

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ = 0.018 kW x 11 ชม./วัน x 300 วัน/ปี x 500 หลอด

= 29,700 kWh / ปี

พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ = ก่อนปรับปรุง – หลังปรับปรุง

= 75,900 – 29,700

= 46,200 kWh / ปี

อัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ย = 3.5 บาท / kWh

ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ = 46,200 x 3.5 บาท / ปี

= 161,700 บาท / ปี

6.การวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุน

เงินลงทุน = 550,000 บาท

ระยะเวลาคืนทุน = 3.4 ปี

สรุปเนื้อหาวิชา

1. "แสงสว่าง"

แสงเป็นพลังงานในรูปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ตามนุษย์สามารถมองเห็นได้ ช่วงความยาวคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ถูกจัดเป็นแสงนั้นมีความยาวคลื่นอยู่ระหว่าง 380 – 780 นาโนเมตร

2. นิยามศัพท์ที่สำคัญเกี่ยวกับปริมาณแสง

1) ความเข้มการส่องสว่าง (Luminous Intensity : I) หรือกำลังส่องสว่าง (Candle power) เป็นค่าแสดงระดับกำลังงานของแหล่งกำเนิดแสง มีหน่วยวัดเป็น แคนเดลา (Candela **)**

2) ฟลักซ์การส่องสว่าง (Luminous Flux : Φ) เป็นปริมาณแสงทั้งหมดที่ปลดปล่อยออกจากแหล่งกำเนิดแสงมีหน่วยเป็น ลูเมน (lumen : lm) ซึ่งมีค่าเท่ากับปริมาณแสงที่ตกลงพื้นที่ 1 ตารางหน่วย ที่ห่างจากจุดกำเนิดแสง 1 แคนเดลลาเป็นระยะทาง 1 หน่วย

3) ความสว่าง (Illuminance : E) เป็นปริมาณแสงที่ตกกระทบตั้งฉากกับพื้นที่ขนาด 1 ตารางเมตร โดยทั่วไปเรียกว่า ระดับความสว่าง (Lighting level) มีหน่วยเป็น ลูเมนต่อตารางเมตร (lm/m^2) หรือลักซ์ (Lux) ค่าความสว่างจะแปรโดยตรงกับความเข้มการส่องสว่าง และแปรผกผันกับระยะทางกำลังสองระหว่างแหล่งกำเนิดแสงและพื้นที่รับแสง ซึ่งสามารถเขียนความสัมพันธ์ได้เป็น

$$\text{Illuminance} = \frac{\text{Luminous intensity}}{(\text{distance})^2}$$

4) ประสิทธิผลการส่องสว่าง (Efficacy) คือ อัตราส่วนของปริมาณแสงที่ออกมาจากแหล่งกำเนิดแสงต่อกำลังไฟฟ้า (วัตต์) ที่ป้อนให้แก่หลอด มีหน่วยเป็นลูเมนต่อวัตต์ซึ่งคำนวณได้จาก

$$\text{Efficacy} = \frac{\phi}{\text{P}}$$

3. อุปกรณ์สำคัญในระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

3.1 หลอดไฟฟ้า

หลอดไฟฟ้าแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิดใหญ่ๆ คือ หลอดอินแคนเดสเซนต์ (Incandescent lamp) หลอดปล่อยประจุก๊าซหรือหลอดดีสชาร์จ (Discharge Lamp) และหลอดประเภทเรืองแสงในตัว (Luminescence Lamps)

3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ร่วมกับหลอดไฟฟ้าที่มีผลต่อประสิทธิภาพพลังงาน

1. บัลลาสต์

บัลลาสต์เป็นอุปกรณ์ที่จำเป็นสำหรับการใช้งานควบคุมการทำงานของหลอดก๊าซดีสชาร์จ นอกจาก จะช่วยในการทำงานของวงจรไฟฟ้าแสงสว่างให้สมบูรณ์แล้ว ยังมีผลต่อการควบคุมฟลักซ์การส่องสว่าง อายุการใช้งานของหลอด และการใช้พลังงานไฟฟ้าในวงจรด้วยบัลลาสต์มีหน้าที่หลักที่สำคัญ 2 ประการ คือ

ก) ประการแรก ช่วยสร้างให้เกิดแรงดันเพียงพอในการจุดหลอดก๊าซดีสชาร์จให้ติดควบคุมปริมาณกระแสไฟฟ้าผ่านหลอดขณะสตาร์ตและทำงาน

ข) ประการที่สอง จ่ายกำลังไฟฟ้าให้หลอดอย่างเหมาะสม นอกจากนั้นอาจมีหน้าที่อื่นๆเช่น การปรับหรี่แสงสว่าง เป็นต้น

1.1 บัลลาสต์แกนเหล็กทั่วไป (Conventional ballast) ในการทำงานบัลลาสต์ซึ่งเป็นขดลวดพันอยู่รอบแกนเหล็กเพื่อสร้างค่าความเหนี่ยวนำสูง ซึ่งมีผลทำให้มีค่าความต้านทานสูงเกิดกำลังสูญเสียมากตามไปด้วยโดยมีค่ากำลังสูญเสียประมาณ 8 – 12 วัตต์ สำหรับบัลลาสต์ที่ใช้กับหลอด 36 หรือ 40 วัตต์ และหลอด 18 หรือ 20 วัตต์ การสูญเสียดังกล่าวจะเปลี่ยนไปในรูปของความร้อน ทำให้อุณหภูมิบัลลาสต์ขณะใช้งานอาจสูงถึง 75 – 90 °C จะทำให้ฉนวนที่เคลือบขดลวดค่อยๆ เสื่อมสภาพและเสื่อมอายุการใช้งานตามเวลา โดยทั่วไปบัลลาสต์แกนเหล็กแบบทั่วไปตามมาตรฐาน มอก. มีอายุการใช้งานประมาณ 10 ปีใช้งาน (หากใช้งานไม่ตลอด 24 ชม. ต่อวัน ก็อาจใช้งานได้นานถึง 30 ปี ตลอดอายุอาคาร)

1.2 บัลลาสต์แกนเหล็กแบบกำลังสูญเสียต่ำ (low loss ballast) เป็นบัลลาสต์แกนเหล็กประสิทธิภาพสูง ที่ลดการสูญเสียพลังงานในบัลลาสต์เหลือเพียงประมาณ 5 – 6 วัตต์ โดยการใช้เส้นลวดที่มีขนาดใหญ่ขึ้นและใช้แกนเหล็กที่มีคุณภาพดี

1.3 บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ (Electronic ballast) การทำงานของบัลลาสต์ชนิดนี้เหมือน บัลลาสต์แกนเหล็กมีโช้กทำหน้าที่หลักทั้ง 2 ประการของบัลลาสต์ แต่การจะลดการสูญเสียกำลังไฟฟ้าในโช้กได้โดยการลดขนาดโช้กให้เล็กลงนั้น จำเป็นต้องใช้วงจรอิเล็กทรอนิกส์ทำการเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายปกติความถี่ 50 Hz เป็นความถี่สูงไม่น้อยกว่า 20,000 Hz (เกณฑ์ 20 kHz เป็นความถี่สูงขั้นต่ำ ที่หูคนทั่วไปจะไม่ได้ยินเสียงการทำงาน) ซึ่งการใช้ความถี่สูงก็จะทำให้สามารถลดขนาดโช้กของบัลลาสต์ให้มีขนาดเล็ก น้ำหนักเบา มีการสูญเสียต่ำและประหยัดไฟได้มากกว่าบัลลาสต์แกนเหล็กได้

บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์โดยทั่วไปแล้วจะมีค่าตัวประกอบกำลังต่ำจึงต้องใช้อุปกรณ์ปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลัง อุปกรณ์ปรับปรุงตัวประกอบกำลังจะถูกต่อระหว่างแหล่งจ่ายไฟและบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ อุปกรณ์ปรับปรุงตัวประกอบกำลังถูกออกแบบให้อยู่ในรูปขดลวดเหนี่ยวนำหรือวงจรอิเล็กทรอนิกส์ก็ได้ในขณะที่อุปกรณ์ปรับปรุงตัวประกอบกำลังชนิดวงจรอิเล็กทรอนิกส์มักจะประกอบเข้าเป็นส่วนหนึ่งของบัลลาสต์

ข้อดี-ข้อเสีย ของบัลลาสต์แกนเหล็ก

ข้อดี	ข้อเสีย
• ราคาต่ำ และอายุใช้งานยาวนานมาก (20 ปี) • ทนต่อสภาพแวดล้อม เช่น แรงดันไม่คงที่ อุณหภูมิสูง • ช่างติดตั้งได้อย่างคุ้นเคย และหาซื้อได้ทั่วไป	• มีการสูญเสียพลังงานสูงประมาณ 20% (6-10W) • เกิดความร้อนสู่สภาพแวดล้อมสูง มีเสียงฮัม • มีค่าตัวประกอบกำลังต่ำ (PF = 0.27 – 0.52) • ใช้เวลาประมาณ 2 - 3 วินาทีจึงให้แสงสว่างและมีการกระเพื่อม • มีการกระพริบเมื่อหลอดไฟฟ้า บัลลาสต์ หรือสตาร์ทเตอร์เสื่อม ซึ่งนอกจากเปลืองไฟแล้ว ยังอาจทำให้เกิดไฟไหม้ได้

ข้อดี-ข้อเสีย ของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

ข้อดี	ข้อเสีย
• ลดสูญเสียพลังงานประมาณ 20 % • ลดความร้อนสู่สภาพแวดล้อม และลดเสียงคราง • มีตัวประกอบกำลังสูง (โดยทั่วไป PF >0.96) • ให้แสงสว่างทันที และไม่มีการกระเพื่อม • มีวงจรควบคุมตัดการจ่ายกระแสไฟฟ้าเมื่อผิดปกติ • ความเสื่อมของหลอดไฟลดลง อายุใช้งานนานขึ้น • ใช้ไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูงได้ และหรี่แสงได้ • สามารถใช้กับหลอดไฟฟ้าได้ 3 – 4 หลอด • น้ำหนักเบา และไม่ต้องใช้สตาร์ทเตอร์ภายนอก	• ราคาสูง และอายุใช้งานสั้น • มีข้อจำกัดในการใช้งานในสถานที่มีอุณหภูมิสูง • มีฝุ่นละออง น้ำ ไอน้ำ หรือแรงดันไม่คงที่ • มีข้อที่ต้องระมัดระวังในการเลือกซื้อ และการเลือกใช้ให้เหมาะสมต่อลักษณะการใช้งาน

2. โคมไฟส่องสว่าง (Luminaries)

โคมไฟส่องสว่างเป็นอุปกรณ์ทำหน้าที่บังคับทิศทางของแสงจากหลอดไฟ ให้กระจายไปในทิศทางต่าง ๆ โคมไฟแต่ละชนิดจึงเหมาะสมกับงานที่แตกต่างกันไป การเลือกใช้โคมไฟจึงต้องพิจารณาปัจจัยต่าง ๆ ให้เหมาะสมกับสภาพการใช้งาน และความต้องการในเรื่องความสวยงามไปพร้อม ๆ กันด้วย

การแบ่งดวงโคมประเภทต่างๆ ดวงโคมที่มีใช้กันอยู่ในปัจจุบันนี้จะมีอยู่หลายประเภท หลายขนาด และมีรูปร่างแตกต่างกันออกไป ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการนำไปใช้งานของดวงโคมแต่ละประเภท แต่ละสถานที่ ดวงโคมสามารถแยกประเภทได้ตามลักษณะการพิจารณา ดังนี้

- พิจารณาตามลักษณะประเภทและการติดตั้งดวงโคม
- พิจารณาตามลักษณะของการนำไปใช้งานของดวงโคม
- พิจารณาตามลักษณะของหลอดไฟที่จะใช้กับดวงโคม
- พิจารณาตามลักษณะของการกระจายแสงสว่างของดวงโคม

การกระจายกำลังการส่องสว่างของแสงสว่างของดวงโคม

โดยปกติแล้วเส้นโค้งการกระจายกำลังการส่องสว่างของแสงสว่างของดวงโคมนี้จะมีลักษณะที่แตกต่างกันออกไปอีกหลายแบบ แล้วแต่ชนิดของดวงโคมที่เรานำมาทดสอบหรือแล้วแต่ชนิดของหลอดไฟที่มีรูปร่างแตกต่างกันออกไป

ประโยชน์จากเส้นโค้งการกระจายกำลังการส่องของแสงสว่างของดวงโคมนี้คือ ทำให้ทราบถึงลักษณะการกระจายแสงสว่างที่ออกจากดวงโคมแบบต่าง ๆ เพื่อให้สามารถเลือกใช้ดวงโคมได้เหมาะสมกับประเภทของงาน และค่าที่อ่านได้จากเส้นโค้งการกระจายกำลังการส่องสว่างของแสงสว่างของดวงโคมนี้เป็นค่าเฉพาะจุดใดจุดหนึ่งเท่านั้น ไม่ใช่ค่าเฉลี่ยทั่วพื้นที่บริเวณที่ต้องการคำนวณ บางครั้งดวงโคมสองชุดอาจจะมีค่าปริมาณจำนวนเส้นแรงของแสงสว่างรวมเท่ากัน แต่ก็ไม่จำเป็นที่ลักษณะของการกระจายแสงสว่างที่ออกจากดวงโคม

จะต้องเหมือนกัน หรือบางครั้งโรงงานผู้ผลิตดวงโคมอาจจะจัดทำตารางแสดงค่าของการกระจายแสงสว่างที่มุมต่าง ๆ มาให้

ลักษณะการกระจายแสงของดวงโคมประเภทต่างๆ ดวงโคมที่สร้างขึ้นมามีลักษณะของการกระจายแสงสว่างต่างๆ กันออกไป ขึ้นอยู่กับความต้องการของงานประเภทนั้น ๆ เมื่อมีการกระจายแสงสว่างออกเป็นหลาย ๆ ลักษณะ ก็จำเป็นจะต้องมีการจัดหมวดหมู่หรือจำแนกประเภทของการกระจายแสงสว่างของดวงโคมนั้นออกไป โดยใช้หลักการของการกระจายแสงสว่างในแนวดิ่งของดวงโคม โดยพิจารณาจากอัตราส่วนของปริมาณพลักซ์การส่องสว่างที่พุ่งออกมาจากดวงโคมที่ลงสู่พื้นต่อปริมาณของแสงสว่างที่กระจายออกจากดวงโคมขึ้นสู่เพดาน ซึ่งสามารถแบ่งประเภทของดวงโคมตามลักษณะของการกระจายแสงสว่างได้ 6 ชนิด คือ

1) ดวงโคมแบบกระจายแสงสว่างลงด้านล่าง (Direct Luminaire) ดวงโคมประเภทนี้เป็นดวงโคมที่มีการกระจายแสงสว่างส่วนใหญ่ประมาณ 90 – 100 % ของแสงสว่างทั้งหมดลงสู่พื้น และส่วนที่เหลือประมาณ 0 – 10 % จะกระจายแสงสว่างขึ้นสู่เพดาน

2) ดวงโคมแบบกึ่งกระจายแสงสว่างลงด้านล่าง (Semi – direct Luminaire) ดวงโคมประเภทนี้เป็นดวงโคมที่มีการกระจายแสงสว่างส่วนใหญ่ประมาณ 60 – 90 % ของแสงสว่างทั้งหมดลงสู่พื้น และที่เหลือ 10 – 40 % จะกระจายแสงสว่างขึ้นไปบนเพดาน

3) ดวงโคมแบบกระจายแสงสว่างรอบด้าน (General Diffuse Luminaire) ดวงโคมประเภทนี้เป็นดวงโคมที่มีการกระจายแสงสว่างไฟฟ้ารอบดวงโคมทุกทิศทาง คือ มีการกระจายแสงสว่างลงสู่พื้น กระจายแสงสว่างขึ้นสู่เพดานและกระจายแสงสว่างตามแนวระดับของดวงโคมพอๆ กัน

4) ดวงโคมแบบกระจายแสงสว่างขึ้นด้านบนและลงด้านล่าง (Direct – Indirect Luminaire) ดวงโคมประเภทนี้เป็นดวงโคมที่มีการกระจายแสงสว่างขึ้นสู่เพดานและกระจายแสงสว่างลงสู่พื้นเท่ากัน ไม่กระจายแสงสว่างสู่แนวระดับ

5) ดวงโคมแบบกึ่งกระจายแสงสว่างขึ้นด้านบน (Semi – Indirect Luminaire) ดวงโคมประเภทนี้เป็นดวงโคมที่มีการกระจายแสงสว่างส่วนใหญ่ประมาณ 60 - 90 % ของแสงสว่างทั้งหมดขึ้นสู่เพดานและที่เหลือ 10 - 40 % กระจายแสงสว่างลงสู่พื้น

6) ดวงโคมแบบกระจายแสงสว่างขึ้นด้านบน (Indirect Luminaire) ดวงโคมประเภทนี้เป็นดวงโคมที่มีการกระจายแสงสว่างส่วนใหญ่ 90 – 100 % ขึ้นสู่เพดาน และที่เหลือ 0 – 10 % จะกระจายแสงสว่างลงสู่พื้น

4. การคำนวณความส่องสว่างแบบลูเมน (Lumen Method)

วิธีนี้เหมาะสำหรับการออกแบบระบบไฟฟ้าแสงสว่างในบริเวณที่ต้องการความสม่ำเสมอของแสงทั่วทั้งพื้นที่ เช่น สำนักงาน สถาบันการศึกษา หรือโรงเรียน เป็นต้น ซึ่งการคำนวณแบบลูเมนนี้จะรวมผลของการสะท้อนแสงของเพดาน กำแพง และพื้นด้วย ซึ่งสามารถคำนวณได้จาก

$$E = \frac{N \times \phi_L \times UF \times MF}{A}$$

โดยที่

E	คือ	ค่าความส่องสว่างเฉลี่ย (lux)
N	คือ	จำนวนโคม
ϕ_L	คือ	ฟลักซ์การส่องสว่างของหลอดต่อโคม (lm)
MF	คือ	ตัวประกอบการบำรุงรักษา (Maintenance Factor)
UF	คือ	ตัวประกอบการใช้งานของโคม (Utilization Factor)
A	คือ	พื้นที่ (m^2)

การที่จะประหยัดพลังงานในระบบไฟฟ้าแสงสว่าง จำนวนดวงโคมที่คำนวณได้ควรจะให้มีค่าน้อยที่สุด โดยที่ค่าความส่องสว่างเฉลี่ยยังคงได้มาตรฐานตามที่กำหนดไว้ ปัจจัยที่สามารถช่วยให้ดวงโคมมีจำนวนที่ลดลงได้แก่

1) ใช้หลอดไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพสูง
2) ใช้ดวงโคมที่มีประสิทธิภาพสูง
3) หมั่นทำความสะอาดตัวหลอดไฟ ดวงโคม เพดาน กำแพง และผนังของห้อง อย่างสม่ำเสมอ

5. การอนุรักษ์พลังงานในระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

ข้อกำหนดเพื่อการอนุรักษ์พลังงานในระบบไฟฟ้าแสงสว่างของอาคารควบคุมตามกฎกระทรวงว่าด้วยการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน

ประเภทอาคาร[1]	ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุด, วัตต์/ตร.ม. (Wm^{-2}) ของพื้นที่ใช้งาน
(ก) สำนักงาน สถานศึกษา	14
(ข) โรงแรม โรงพยาบาล/ สถานพักฟื้น	12
(ค) ร้านค้าย่อย ห้างสรรพสินค้า ศูนย์การค้าหรือซุปเปอร์สโตร์ [2]	18

หมายเหตุ

(1) สำหรับอาคารที่มีการใช้งานพื้นที่หลายลักษณะ พื้นที่แต่ละส่วนจะต้องใช้ค่าในตารางตามลักษณะการใช้งานของพื้นที่ส่วนนั้นๆ

(2) รวมถึงไฟฟ้าแสงสว่างทั่วไปที่ใช้ในการโฆษณาเผยแพร่สินค้า ยกเว้นที่ใช้ในตู้กระจกแสดงสินค้าและที่ไม่ได้ติดตั้งอย่างถาวร

เอกสารอ้างอิง

[1] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, คู่มือพัฒนาบุคคลากรภาคปฏิบัติด้านเทคโนโลยีการอนุรักษ์พลังงานในระบบไฟฟ้าแสงสว่าง, 2551.

[2] ชาญศักดิ์ อภัยนิพัฒน์, เทคนิคการออกแบบระบบแสงสว่าง(ฉบับปรับปรุง), กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2545.

[3] ธนบูรณ์ ศศิภานุเดช, วิศวกรรมการส่องสว่าง, กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2521.

[4] พิบูลย์ ดิษฐอุดม, การออกแบบระบบแสงสว่าง, กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2521.

[5] กลุ่มบริษัท แสงมิตร กรุ๊ป และ ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์ , การออกแบบระบบแสงสว่าง, กรุงเทพฯ , 2543.

[6] ศุภชัย ปัญญาวีร์ และจตุพร สถากุลเจริญ,การลดต้นทุนการผลิตด้านพลังงาน,สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น),กรุงเทพฯ,2549

[7] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, (2554), ตำราฝึกอบรมหลักสูตรการตรวจวิเคราะห์การอนุรักษ์พลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมและอาคารธุรกิจ

ตารางภาคผนวก ก

ระดับความส่องสว่างสำหรับพื้นที่ทำงานและกิจกรรมต่าง ๆ ภายในอาคารตามข้อแนะนำของสมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย

พื้นที่และประเภทกิจกรรม	ความส่องสว่าง (ลักซ์)
1. พื้นที่ภายในอาคารทั่วไป	
1.1 โถงทางเข้าอาคาร	100
1.2 โถงนั่งพัก	200
1.3 พื้นที่ทางเดินภายในอาคาร	100
1.4 บันได บันไดเลื่อน ทางเลื่อน	150
1.5 พื้นที่ขนถ่ายสินค้าภายในอาคาร	150
1.6 ห้องอาหารทั่วไปภายในอาคาร	200
1.7 ห้องพักผ่อนทั่วไป	100
1.8 ห้องออกกำลังกาย	300
1.9 ห้องน้ำ ห้องสุขา ห้องรับฝากของ	200
1.10 ห้องปฐมพยาบาล	500
1.11 ห้องตรวจคนไข้ทั่วไป	500
1.12 ห้องอุปกรณ์ไฟฟ้า Switch gear	200
1.13 ห้องชุมสายโทรศัพท์ / ไปรษณีย์ / พัสดุ	500
1.14 ห้องเก็บของ	50
1.15 ห้องบรรจุหีบห่อ ขนถ่ายวัสดุ	300
1.16 ห้องควบคุม	200
2. อาคารสำนักงาน	
2.1 พื้นที่เก็บเอกสาร ถ่ายเอกสาร และพื้นที่ทั่วไปที่มีการสัญจร	300
2.2 พื้นที่ที่มีการเขียน พิมพ์ อ่าน ใช้คอมพิวเตอร์และ data processing	500
2.3 พื้นที่ที่ใช้สำหรับเขียนแบบ	750
2.4 พื้นที่ทำงานด้าน CAD(Computer Aid Design)	500
2.5 ห้องประชุม	300
2.6 พื้นที่เคาน์เตอร์ประชาสัมพันธ์ ต้อนรับ	300
2.7 ห้องเก็บเอกสารสำคัญ	200
3. ร้านค้าปลีก	
3.1 พื้นที่ขาย (ขนาดเล็ก)	300
3.2 พื้นที่ขาย (ขนาดใหญ่)	500
3.3 พื้นที่เก็บเงิน /ห่อ บรรจุ	500

ตารางภาคผนวก ก (ต่อ)

ระดับความส่องสว่างสำหรับพื้นที่ทำงานและกิจกรรมต่าง ๆ ภายในอาคารตามข้อแนะนำของสมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย

พื้นที่และประเภทกิจกรรม	ความส่องสว่าง (ลักซ์)
4. ห้องอาหารและโรงแรม	
4.1 พื้นที่ต้อนรับ เคาน์เตอร์เก็บเงิน บริการของโรงแรม	300
4.2 ครัว	500
4.3 พื้นที่ภัตตาคาร ห้องอาหาร ห้องจัดเลี้ยง	200
4.4 ห้องอาหารแบบบริการตัวเอง	200
4.5 ห้องอาหารแบบบุฟเฟ่ต์	300
4.6 ห้องจัดงานประชุม สัมมนา	500
4.7 พื้นที่ทางเดิน	100
5. ห้องสมุด	
5.1 พื้นที่ชั้นวางหนังสือ	200
5.2 พื้นที่อ่านหนังสือ	500
5.3 เคาน์เตอร์	500
6. อาคารสถาบันการศึกษา โรงเรียน	
6.1 พื้นที่สำหรับการเรียนการศึกษาทั่วๆ ไป	300
6.2 พื้นที่สำหรับเรียนภาคค่ำ และการศึกษาผู้ใหญ่	500
6.3 ห้องบรรยาย	500
6.4 พื้นที่หน้ากระดานดำ	500
6.5 พื้นที่โต๊ะสาธิตงาน	500
6.6 ห้องเรียนทางด้านศิลปะและหัตถกรรม	500
6.7 ห้องแสดงศิลปะในโรงเรียนสอนศิลปะ	750
6.8 ห้องเขียนแบบ	750
6.9 ห้องทดสอบและฝึกหัด	500
6.10 ห้องฝึกหัดทางดนตรี	300
6.11 ห้องฝึกหัดทางคอมพิวเตอร์	500
6.12 ห้องฝึกหัดทางด้านภาษา	300
6.13 ห้องเตรียมงานและฝึกหัดทั่วไป	500
6.14 ห้องพักนักเรียนทั่วไป	200
6.15 ห้องทำงานครู อาจารย์	300
6.16 พื้นที่ออกกำลังกายในร่ม	300

ตารางภาคผนวก ก (ต่อ)

ระดับความส่องสว่างสำหรับพื้นที่ทำงานและกิจกรรมต่าง ๆ ภายในอาคารตามข้อแนะนำของสมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย

พื้นที่และประเภทกิจกรรม	ความส่องสว่าง (ลักซ์)
7. พื้นที่จอดรถภายในอาคารทั่วไป	
7.1 ทางเข้า-ออก (ช่วงกลางวัน)	300
7.2 ทางเข้า-ออก (ช่วงกลางคืน)	75
7.3 ช่องทางรถวิ่ง (ทางลาดชัน/หัวมุม)	75
7.4 พื้นที่จอดรถ	75
7.5 ห้องจ่าย/ เก็บบัตรจอดรถ	300
8. โรงพยาบาล	
8.1 พื้นที่รอรับการรักษา	200
8.2 ทางเดินทั่วไปเวลากลางวัน	200
8.3 ทางเดินทั่วไปเวลากลางคืน	50
8.4 ห้องพักรักษาผู้ป่วยนอก	200
8.5 ห้องทำงานแพทย์	500
8.6 ห้องพักแพทย์	300
พื้นที่ห้องพักผู้ป่วยใน :	
8.7 พื้นที่ทั่วไป	100
8.8 แสงสว่างสำหรับการอ่านหนังสือ	300
8.9 พื้นที่ตรวจทั่วไปในห้องพักผู้ป่วย	300
8.10 พื้นที่ตรวจโรคและรักษาโรค	1000
8.11 ความสว่างในเวลากลางคืน	5
8.12 ห้องน้ำผู้ป่วย	200
8.13 พื้นที่ตรวจโรคทั่วไป	500
8.14 ห้องตรวจหูและตา	1,000
8.15 พื้นที่ตรวจสอบสายตาโดยการอ่านและดูแผ่นภาพทางสายตา	500
8.16 ห้องดูภาพจากจอภาพของเครื่อง Scanners	50
8.17 ห้องถ่ายเลือด/เครื่องรักษาไตเทียม	500
8.18 พื้นที่ตรวจรักษาโรคผิวหนัง	500
8.19 ห้องส่องกล้องตรวจอวัยวะภายในร่างกาย	300
8.20 ห้องเข้าเฝือก	500
8.21 ห้องจ่ายยา	300
8.22 ห้องสำหรับการรักษาโดยการนวดและแผ่รังสี	300

ตารางภาคผนวก ก (ต่อ)

ระดับความส่องสว่างสำหรับพื้นที่ทำงานและกิจกรรมต่าง ๆ ภายในอาคารตามข้อแนะนำของสมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย

พื้นที่และประเภทกิจกรรม	ความส่องสว่าง (ลักซ์)
8.23 ห้องพักฟื้นก่อนและหลังผ่าตัด	500
8.24 ห้องผ่าตัด	1,000
8.25 พื้นที่ใต้โคมผ่าตัด	จำเพาะ
พื้นที่สำหรับห้องดูแลพิเศษ ICU (Intensive Care Unit)	
8.26 พื้นที่ทั่วไป	100
8.27 แสงสว่างใช้ในการตรวจทั่วไป	300
8.28 พื้นที่สำหรับการตรวจรักษา	1,000
8.29 ความสว่างสำหรับการเฝ้าไข้กลางคืน	20
พื้นที่ห้องทันตแพทย์	
8.30 แสงสว่างโดยทั่วไป	500
8.31 แสงสว่าง ณ ตัวผู้ป่วย	1,000
8.32 ใต้ดวงโคมผ่าตัด	5,000
8.33 แสงสว่างสำหรับเปรียบเทียบ สีพื้น	5,000
8.34 พื้นที่ทดสอบและตรวจสอบสี	1,000
8.35 ห้องค่าเชื้อ	300
8.36 ห้องปลอดเชื้อ	300
8.37 ห้องชันสูตรพลิกศพ/ห้องเก็บศพ	750
8.38 โต๊ะชันสูตรพลิกศพ	5,000
9. ร้านแต่งผม	500
10. พื้นที่สำหรับการแสดงและการบันเทิง	
10.1 โรงละคร พื้นที่แสดงคอนเสิร์ต	200
10.2 พื้นที่สำหรับงานแสดงทั่วไป	300
10.3 ห้องซ้อม ห้องเปลี่ยนเสื้อผ้า	300
10.4 พิพิธภัณฑ์	300
11. อุตสาหกรรมอาหาร	
11.1 พื้นที่สำหรับขบวนการผลิตทั่วๆ ไป	200
11.2 พื้นที่ล้าง คัดเลือกขนาดวัตถุดิบ ผสมวัตถุดิบ บรรจุหีบห่อ	300
11.3 พื้นที่สำหรับการตัดแยกชิ้นส่วนเนื้อสัตว์ ผสมนมเนย โรงกรองสำหรับโรงงานน้ำตาล	500

ตารางภาคผนวก ก (ต่อ)

ระดับความส่องสว่างสำหรับพื้นที่ทำงานและกิจกรรมต่าง ๆ ภายในอาคารตามข้อแนะนำของสมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย

พื้นที่และประเภทกิจกรรม	ความส่องสว่าง (ลักซ์)
11.4 พื้นที่ตัดแยกผัก ผลไม้	300
11.5 พื้นที่ผลิตสำหรับผลิตอาหารสำเร็จรูป ห้องครัว	500
11.6 พื้นที่ผลิตบุหรี่	500
11.7 พื้นที่ตรวจสอบบรรจุภัณฑ์ เช่น แก้ว ขวด ห้องควบคุมคุณภาพ ห้องตกแต่งอาหาร	500
11.8 ห้องทดสอบคุณภาพอาหาร	500
11.9 ห้องตรวจสอบสี	1,000
12. อุตสาหกรรมทำขนม เบเกอร์รี่	
12.1 พื้นที่เตรียมส่วนผสม และอบขนม	300
12.2 พื้นที่ตกแต่งหน้าขนม	500
13. อุตสาหกรรมด้านการเกษตร ปศุสัตว์	
13.1 ห้องขนถ่ายสินค้า อุปกรณ์ เครื่องจักร	200
13.2 พื้นที่ปศุสัตว์ภายในตึก	50
13.3 พื้นที่รักษาสัตว์	200
13.4 พื้นที่เตรียมอาหารสัตว์ ทำความสะอาดสัตว์	200
14. อุตสาหกรรมซิเมนต์ คอนกรีต และ อิฐ	
14.1 พื้นที่สำหรับทำการอบแห้งวัตถุดิบ	50
14.2 พื้นที่เตรียมและผสมวัตถุดิบ	200
14.3 พื้นที่ทำงานของเครื่องจักรทั่วไป	300
15. อุตสาหกรรมเซรามิกและแก้ว	
15.1 พื้นที่สำหรับทำการอบแห้ง	50
15.2 พื้นที่เตรียมงาน และการปฏิบัติงานของ	
15.3 เครื่องจักรทั่วไป	300
15.4 พื้นที่ขึ้นรูปชิ้นส่วน เคลือบเงา และ เป่าแก้ว	300
15.5 พื้นที่ขัดแต่งผิว และ แกะสลัก	750
15.6 พื้นที่ประดับตกแต่งชิ้นงาน	500
15.7 พื้นที่ขัดแต่งกระจกสำหรับแว่นตา เจียรนัย	750
15.8 พื้นที่งานเจียรนัยละเอียด	1,000
15.9 พื้นที่ผลิตเครื่องแก้วเทียม เพชร พลอยเทียม	1,500

ตารางภาคผนวก ก (ต่อ)

ระดับความส่องสว่างสำหรับพื้นที่ทำงานและกิจกรรมต่าง ๆ ภายในอาคารตามข้อแนะนำของสมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย

พื้นที่และประเภทกิจกรรม	ความส่องสว่าง (ลักซ์)
16. อุตสาหกรรมเคมี พลาสติก ยาง	
16.1 พื้นที่การผลิตที่ไม่มีการสัญจร	50
16.2 พื้นที่การผลิตที่เข้าถึงค่อนข้างลำบาก	150
16.3 พื้นที่การผลิตที่มีคนประจำเกือบตลอดเวลา	300
16.4 ห้องทดสอบที่ต้องการความละเอียดสำหรับการอ่านมาตราวัด	500
16.5 สายการผลิตที่เกี่ยวข้องกับเวชภัณฑ์	500
16.6 สายการผลิตยางรถยนต์	500
16.7 พื้นที่ตรวจสอบสี	1,000
16.8 ขั้นตอนตรวจสอบ ตัดเจาะ ขั้นสุดท้าย	750
17. อุตสาหกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์	
17.1 พื้นที่ผลิตลวด สายไฟฟ้า	300
17.2 พื้นที่สำหรับการพันขดลวดขนาดใหญ่	300
17.3 พื้นที่สำหรับการพันขดลวดขนาดกลาง	500
17.4 พื้นที่สำหรับการพันขดลวดขนาดเล็ก	750
17.5 พื้นที่ชุบน้ำยาเคลือบขดลวด	300
17.6 พื้นที่สำหรับการชุบเคลือบผิว	300
พื้นที่ประกอบชิ้นส่วน	
17.6 ขนาดใหญ่ เช่น หม้อแปลงไฟฟ้า	300
17.7 ขนาดกลาง เช่น สวิตช์บอร์ด	500
17.8 ขนาดเล็ก เช่น เครื่องโทรศัพท์	750
17.9 ขนาดเล็กมากที่ต้องการความละเอียดมาก เช่น อุปกรณ์มาตรวัดต่างๆ	1,000
17.10 ห้องทดสอบทางด้านไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ที่ต้องมีการปรับแต่ง	1,500
18. อุตสาหกรรมหล่อ หลอม โลหะ	
18.1 อุโมงค์ใต้พื้น	50
18.2 แท่น ขนถ่ายโลหะ	100
18.3 พื้นที่เตรียมพิมพ์ทรายสำหรับการหล่อ	200
18.4 พื้นที่ตกแต่งโลหะ	200
18.5 พื้นที่ผสมโลหะ	200
18.6 แท่นหล่อโลหะ	200

ตารางภาคผนวก ก (ต่อ)

ระดับความส่องสว่างสำหรับพื้นที่ทำงานและกิจกรรมต่าง ๆ ภายในอาคารตามข้อแนะนำของสมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย

พื้นที่และประเภทกิจกรรม	ความส่องสว่าง (ลักซ์)
18.7 พื้นที่ถอดพิมพ์	200
18.8 พื้นที่เครื่องจักรหล่อโลหะ	200
18.9 พื้นที่หล่อด้วยมือ	300
18.10 พื้นที่หล่อโลหะด้วยพิมพ์	300
18.11 พื้นที่ทำแบบจำลอง	500
19. อุตสาหกรรมเพชรพลอย	
19.1 พื้นที่คัดเลือกเพชรพลอย	1,500
19.2 พื้นที่ผลิตตัวเรือนเพชรพลอย	1,000
19.3 พื้นที่ผลิตนาฬิกาด้วยมือ	1,500
19.4 พื้นที่ผลิตนาฬิกาด้วยเครื่องจักร	500
20. อุตสาหกรรมซัก อบ รีด	
20.1 พื้นที่ขนถ่าย คัดเลือกสินค้า	300
20.2 พื้นที่ซักแห้ง	300
20.3 พื้นที่ซัก อบ รีด	300
20.4 พื้นที่ตรวจเช็ค ซ่อมแซม	750
21. อุตสาหกรรมเครื่องหนัง	
21.1 พื้นที่ขนถ่ายวัตถุดิบ	200
21.2 พื้นที่ลอกขัดหนัง	300
21.3 พื้นที่ตัดแต่ง เย็บ ขัดเงา เครื่องหนัง	500
21.4 พื้นที่คัดเลือกชิ้นส่วน	500
21.5 พื้นที่ย้อมสีหนัง	500
21.6 พื้นที่ตรวจสอบคุณภาพ	1,000
21.7 พื้นที่ตรวจสอบสี	1,000
21.8 พื้นที่ประกอบเครื่องหนัง	500
22. อุตสาหกรรมแปรรูปโลหะ	
22.1 Open die forging	200
22.2 Drop forging welding cold forming	300
22.3 งานเครื่องจักรที่ไม่ต้องการความละเอียด ค่าผิดพลาด > 0-1 มม.	300
22.4 งานเครื่องจักรที่ต้องการความละเอียด ค่าผิดพลาด ≤ 0-1 มม.	500

ตารางภาคผนวก ก (ต่อ)

ระดับความส่องสว่างสำหรับพื้นที่ทำงานและกิจกรรมต่าง ๆ ภายในอาคารตามข้อแนะนำของสมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย

พื้นที่และประเภทกิจกรรม	ความส่องสว่าง (ลักซ์)
22.5 พื้นที่ตรวจสอบ	750
22.6 พื้นที่รีด ดึงลวด ท่อ	300
22.7 พื้นที่งานแผ่นโลหะหนา > 5 มม.	200
22.8 พื้นที่งานแผ่นโลหะบาง ≤ 5 มม.	300
22.9 พื้นที่งานสร้างแบบ พิมพ์ตัดเจาะ	750
พื้นที่ประกอบชิ้นส่วน :	
22.10 ขนาดใหญ่	200
22.11 ขนาดกลาง	300
22.12 ขนาดเล็ก	500
22.13 ขนาดเล็ก และรายละเอียดมาก	750
22.14 พื้นที่ชุดสังกะสี	300
22.15 พื้นที่ตกแต่งพื้นผิว เคลือบสี	750
22.16 พื้นที่สร้างพิมพ์ปั๊ม ตัดเจาะสำหรับเครื่องจักร ขนาดเล็ก	1,000
23. อุตสาหกรรมกระดาษ	
23.1 พื้นที่ปั่นเยื่อกระดาษ	200
23.2 พื้นที่ผลิตกระดาษ	300
23.3 พื้นที่เข้าเล่ม เข้าปกทั่วไป พับ ตัดขอบ เย็บเล่ม	500
24. อุตสาหกรรมผลิตไฟฟ้า	
24.1 พื้นที่เก็บเชื้อเพลิง	50
24.2 พื้นที่หม้อน้ำ	100
24.3 พื้นที่เครื่องจักร	200
24.4 พื้นที่อื่นๆ	200
24.5 ห้องควบคุม	500
25. อุตสาหกรรมการพิมพ์	
25.1 พื้นที่ทั่วไปเช่น ตัด เคลือบ ปั๊มนูนบนกระดาษ	500
25.2 พื้นที่แท่นพิมพ์	500
25.3 พื้นที่ตกแต่งงานพิมพ์	1,000
25.4 พื้นที่ตรวจสอบสี	1,500
25.5 พื้นที่ตกแต่งเพลท	2,000

ตารางภาคผนวก ก (ต่อ)

ระดับความส่องสว่างสำหรับพื้นที่ทำงานและกิจกรรมต่าง ๆ ภายในอาคารตามข้อแนะนำของสมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย

พื้นที่และประเภทกิจกรรม	ความส่องสว่าง (ลักซ์)
26. อุตสาหกรรมหลอมเหล็ก	
26.1 พื้นที่ที่คนไม่สามารถสัญจรไปมาได้	50
26.2 พื้นที่ที่คนสัญจรไปมาไม่บ่อยนัก	150
26.3 พื้นที่ที่คนสัญจรไปมาตลอดเวลา	200
26.4 พื้นที่เก็บ SLAB	50
26.5 พื้นที่เตาหลอม	200
26.6 พื้นที่ขนถ่าย ตัด รีดเหล็ก	300
26.7 พื้นที่หรือแท่นควบคุมการผลิต	300
26.8 พื้นที่ทดสอบควบคุมคุณภาพ	500
26.9 อุโมงค์ขนส่ง	50
27. อุตสาหกรรมทอผ้า	
27.1 พื้นที่ทั่วไป	200
27.2 พื้นที่แต่ง ซัก รีด ดึงฝ้าย	300
27.3 พื้นที่ปั่นด้าย ทอผ้า ถักผ้า	500
27.4 พื้นที่เย็บ ถัก ปัก ละเอียด	750
27.5 พื้นที่ออกแบบลวดลาย	750
27.6 พื้นที่ย้อมผ้า	500
27.7 พื้นที่อบแห้ง	100
27.8 พื้นที่พิมพ์ผ้าด้วยเครื่องจักร	500
27.9 พื้นที่พับ แต่งขอบ ผ้า	1,000
27.10 พื้นที่ตรวจสอบสี คุณภาพผ้า	1,000
27.11 พื้นที่ซ่อมแซมผ้า	1,500
27.12 พื้นที่ตัดเย็บทั่วไป	500
28. อุตสาหกรรมรถยนต์	
28.1 พื้นที่งานตัวถัง ประกอบรถยนต์	500
28.2 ห้องพ่นสี เคลือบสี ขัดเงา	750
28.3 พื้นที่ตกแต่งสี	1,000
28.4 พื้นที่ผลิตทำงานใต้ท้องรถโดยคน	1,000
28.5 พื้นที่ตรวจเช็คครั้งสุดท้าย	1,000

ตารางภาคผนวก ก (ต่อ)

ระดับความส่องสว่างสำหรับพื้นที่ทำงานและกิจกรรมต่าง ๆ ภายในอาคารตามข้อแนะนำของสมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย

พื้นที่และประเภทกิจกรรม	ความส่องสว่าง (ลักซ์)
29. อุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์และไม้	
29.1 ย้อมสีไม้ ผลิตไม้อัด	50
29.2 พื้นที่อบไอน้ำ	150
29.3 พื้นที่เลื่อย ตัด เจาะ	300
29.4 พื้นที่ประกอบชิ้นส่วนหลัก	300
29.5 พื้นที่ขัดเงา เคลือบสี ประกอบติดตั้งชิ้นส่วนตกแต่ง	750
29.6 พื้นที่ทำงานการผลิตบนเครื่องจักรโดยคน	500
29.7 พื้นที่คัดเลือกชิ้นส่วน	750
29.8 พื้นที่ตรวจสอบคุณภาพ	1,000
30. สนามบิน	
30.1 พื้นที่สำหรับผู้โดยสารขาเข้า ขาออก พื้นที่รับกระเป๋าเดินทาง บันไดเลื่อน ทางเลื่อน พื้นที่ทั่วไป	200
30.2 เคาน์เตอร์ประชาสัมพันธ์ ติดต่อสอบถาม ตรวจเช็คบัตรโดยสาร ตรวจหนังสือเดินทาง จุดตรวจผ่านศุลกากร	500
30.3 พื้นที่นั่งรอ	200
30.4 ห้องเก็บกระเป๋าเดินทาง	200
30.5 พื้นที่ควบคุมของเจ้าหน้าที่รักษาความปลอดภัย	300
30.6 หอควบคุมจราจรทางอากาศ	500
30.7 พื้นที่ทดสอบตรวจซ่อมอากาศยาน ทดสอบเครื่องยนต์ เครื่องวัดสำหรับอากาศยาน พื้นที่ชานชาลาสถานีสำหรับผู้โดยสาร	500
30.8 ขึ้นรถไฟ (ใต้ดิน)	50
30.9 พื้นที่ขายตั๋วโดยสาร	300
30.10 พื้นที่นั่งรอ	200
31. วัด โบสถ์	
31.1 พื้นที่โดยรอบ	100
31.2 ที่นั่ง แท่นบูชา แท่นยืน นั่งเทศน์	300
31.3 การส่องเน้น (พระพุทธรูป พระรูป)	750

ที่มา: TIEA – GD 003 สมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย