บทที่ 2

ทฤษฎีและแนวความคิดที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

ในการศึกษาแนวความคิดที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย ได้แบ่งหัวข้อที่สำคัญในการศึกษาออกเป็น 6 หัวข้อ คือ

2.1 ศึกษาและวิเคราะห์หลักการและทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับแสงประดิษฐ์

2.2 ศึกษาและวิเคราะห์หลักการและทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับแสงธรรมชาติ

2.3 ศึกษาวิธีการหาพลังงานไฟฟ้าและการคิดเงินค่าพลังงานไฟฟ้า

2.4 ศึกษาวิธีประหยัดพลังงานไฟฟ้าจากการปรับค่าความสว่างของหลอดไฟ

2.5 ศึกษาและวิเคราะห์หลักการทำงานของซอฟต์แวร์ร่วมกับฮาร์ดแวร์

2.6 ศึกษาและวิเคราะห์ปัญหาของผลิตภัณฑ์ด้านแสงสว่างที่มีความใกล้เคียง

แสงสว่างเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลกระทบต่อการทำกิจกรรมใด ๆ โดยตรง ถ้าการออกแบบแสงสว่างไม่เหมาะสมจะเป็นสาเหตุของอุบัติเหตุได้ รวมทั้งยังเป็นเหตุให้ประสิทธิภาพการทำงานลดลง การออกแบบระบบแสงสว่างที่ดี นอกจากจะทำให้การทำกิจกรรมนั้นได้ประสิทธิภาพแล้ว ยังช่วยเพิ่มประสิทธิผล และช่วยประหยัดพลังงาน โดยเฉพาะกิจกรรมที่ต้องใช้สายตาเป็นหลัก เช่น การอ่านหนังสือหรือทำงานที่ต้องใช้สายตาอย่างหนัก เป็นต้น

2.1 <u>ศึกษาและวิเคราะห์หลักการและทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับแสงประดิษฐ์</u>

แสงประดิษฐ์เป็นแสงที่มนุษย์สร้างขึ้น ได้แก่ หลอดไฟชนิดต่าง ๆ โดยการนำมาใช้ได้แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ การออกแบบระบบแสงสว่างโดยทั่วไปและการออกแบบระบบแสงสว่างเฉพาะที่ ซึ่งหลักการออกแบบระบบแสงสว่าง ทฤษฎีพื้นฐานในการคำนวณ ข้อกำหนดและค่ามาตรฐานต่าง ๆ ได้อ้างอิงมาจากทฤษฎีการคำนวณในหนังสือ “เทคนิคการส่องสว่าง” (ชำนาญ ห่อเกียรติ, 2540) และได้มีการปรับปรุงให้เหมาะสมสอดคล้องกับการใช้งานในประเทศไทย ส่วนข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณทางด้านแสงสว่างการกระจายแสงของดวงโคมไฟฟ้า หลักการและทฤษฎีที่ใช้รองรับปัจจัยต่าง ๆ ที่ต้องคำนึงถึงในการวัดผลที่ได้จากการวัดและการประยุกต์ใช้งานได้อ้างอิงมาจากหนังสือ “วิศวกรรมการส่องสว่าง” (ศุลี บรรจงจิตร, 2538) และประชุมวิชาการไฟฟ้า

ครั้งที่ 22 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ “แนวคิดใหม่ในการทดสอบและปรับปรุงคุณภาพการกระจายแสงของดวงโคมไฟฟ้า” (เชาว์ ชมภูอินไหว และคณะ, 2542) มีรายละเอียดโดยสังเขป ดังนี้

2.1.1 <u>หลักการออกแบบแสงสว่าง</u>

1. ลูเมนและแคนเดลา (Lumen and Candela) เป็นหน่วยวัดปริมาณแสง แสง 1 ลูเมน หมายถึง ปริมาณแสงที่ส่องบนพื้นที่หนึ่งตารางเมตรบนพื้นผิวทรงกลมที่มีรัศมี 1 เมตร โดยมีแหล่งกำเนิดแสง 1 แคนเดลา หรือ 1 กำลังเทียน วางที่ศูนย์กลางของทรงกลมนั้น แหล่งกำเนิดแสง P แคนเดลาให้ปริมาณแสง 4¶P ลูเมน

2. อิลูมิแนนซ์ (Illuminance) หมายถึง ความส่องสว่างที่กระทบลงบนวัตถุหรือเรียกว่าความส่องสว่างมีหน่วยเป็น ลูเมน/ ม² หรือ ลักซ์ ถ้าหน่วยเป็นลูเมน/ ฟุต² ความส่องสว่างก็เป็นฟุตแคนเดล 1 ลักซ์ มีค่าประมาณ 10 เท่าของฟุตแคนเดล

ความส่องสว่าง หรือ อิลูมิแนนซ์ = ปริมาณแสง (ลูเมน) / พื้นที่ (ม²)

1 ลักซ์ มีค่าประมาณ 10 เท่าของฟุตแคนเดล

ความส่องสว่าง หรือ อิลูมิแนนซ์ = ปริมาณแสง (ลูเมน) / พื้นที่ (ม²)

3. อุณหภูมิสี สีของแสงมักบอกด้วยอุณหภูมิสี หรือเคลวิน ซึ่งมีสีต่าง ๆ ดังนี้

ตารางที่ 2.1

การเปรียบเทียบอุณหภูมิสี สี และชนิดของหลอด

อุณหภูมิสี (องศาเคลวิน)	สี	เทียบได้กับสีของหลอด
2,200	เหลืองจัด	หลอดโซเดียมความดันต่ำ
2,500	เหลืองทอง	หลอดโซเดียมความดันสูง
2,800	เหลืองอ่อน	หลอดอินแคนเดสเซ็นต์
3,000	เหลืองขาว	หลอดฮาโลเจน
3,500	เหลืองแดง	หลอดฟลูออเรสเซ็นต์ ชนิดวอร์มไวท์
4,000	ขาวเย็น	หลอดฟลูออเรสเซ็นต์ ชนิดคูลไวท์
6,500	ขาวปนฟ้า	หลอดฟลูออเรสเซ็นต์ ชนิดเดย์ไลท์

ที่มา: ชำนาญ ห่อเกียรติ, 2540, น. 1-14

4. มาตรฐานทางแสงสว่าง เช่น IES (USA) และ IES (BS) เป็นต้น อาจกำหนดค่าอิลูมิแนนซ์ หรือ ความส่องสว่างต่างกันสำหรับการใช้งานในพื้นที่อย่างเดียวกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพการใช้ชีวิตสภาพอากาศ เป็นต้น IES (Illuminating Engineering Society) เป็นหน่วยงานหรือสมาคมที่มีกิจกรรมทางด้านแสงสว่าง ซึ่งในแต่ละประเทศมีหน่วยงานหรือสมาคมดังกล่าว IES ของแต่ละประเทศนั้นอาจไม่เหมือนกัน และไม่เกี่ยวข้องกันเลย ส่วน CIE (International Commission on Illumination) เป็นมาตรฐานสากลที่ไม่ขึ้นกับประเทศใดประเทศหนึ่ง เพื่อเป็นแนวทางให้ทราบค่าความสว่างในแต่ละพื้นที่ CIE ได้แบ่งรังสีอัลตราไวโอเลตหรือรังสี UV ออกเป็น 3 ย่าน คือ

UV-A: 315-400 นาโนเมตร คลื่นในย่านนี้ทำให้ผิวหนังมีสีเข้มหรือที่เรียกว่า sun-tan

UV-B: 280-315 นาโนเมตร คลื่นในย่านนี้ทำให้ผิวหนังไหม้

UV-C: 100-280 นาโนเมตร คลื่นในย่านนี้ทำให้ผิวหนังถูกทำลาย (หลอดฆ่าเชื้อผลิต UV ในย่านนี้)

ความส่องสว่างในตารางจะมี 3 ค่า คือ ค่าต่ำ ค่าเฉลี่ย ค่าสูง เนื่องจากความส่องสว่างมักมีค่าหนึ่งค่าใด เช่น เป็นพื้นที่ใช้สำหรับผู้ชราต้องใช้ความส่องสว่างสูงกว่าค่าเฉลี่ย เช่น ทางเดิน ค่าเฉลี่ย 100 ลักซ์ ให้ใช้ 150 ลักซ์ เป็นต้น โดยทั่วไปใช้ความส่องสว่างค่าเฉลี่ย หรือค่ากลาง CIE ได้กำหนดอิลูมิแนนซ์ที่เหมาะสมสำหรับการใช้งาน (ดังตารางที่ 2.2)

ตารางที่ 2.2

ความส่องสว่างสำหรับพื้นที่และการทำงานต่าง ๆ กัน

ย่านความส่องสว่าง(ลักซ์)	ชนิดพื้นที่ใช้งาน
20–30–50	ทางเดิน และพื้นที่ทำงานภายนอก
50–100–150	ทางเดินภายใน และการแวะผ่านระยะสั้น ๆ
100–150–200	ห้องที่ไม่ได้ใช้ทำงานแบบต่อเนื่องเป็นระยะเวลานาน ๆ
200–300–500	งานที่ใช้สายตาไม่มาก เช่น งานในโรงงานชิ้นงานใหญ่ เป็นต้น
300–500–750	งานที่ใช้สายตาปานกลาง เช่น สำนักงาน เป็นต้น
500–750–1,000	งานที่ใช้สายตามาก เช่น งานเขียนแบบ เป็นต้น
750–1,000–1,500	งานที่ใช้สายตามาก ๆ เช่น งานประกอบชิ้นส่วนเล็ก เป็นต้น
1,000–1,500–2,000	งานที่ใช้สายตามากเป็นพิเศษ เช่น งานชิ้นส่วนเล็กมาก เป็นต้น
มากกว่า 2,000	งานที่ใช้สายตาเพื่อการทำงานที่พิถีพิถัน เช่น ผ่าตัด เป็นต้น

ที่มา: ชำนาญ ห่อเกียรติ, 2540, น. 1-6

การจัดแบ่งค่าความส่องสว่างในแต่ละพื้นที่ตามมาตรฐาน CIE โดยแบ่งตามชนิดของพื้นที่ใช้งานได้ (ดังตารางที่ 2.3)

ตารางที่ 2.3
ความส่องสว่างสำหรับพื้นที่ทำงานต่าง ๆ ตามมาตรฐานของ CIE

ชนิดของพื้นที่ หรืองาน	ย่านความส่องสว่าง (ลักซ์)
1. พื้นที่อาคารทั่วไป	
1) ทางเดิน	50–10–150
2) บันได บันไดเลื่อน	100–150–200
3) ที่เก็บของ ห้องเก็บของ	100–150–200
2. สำนักงาน	
1) สำนักงานทั่วไป พิมพ์ดีด ห้องคอมพิวเตอร์	300–500–750
2) สำนักงานเขียนแบบ	500–750–1,000
3) ห้องประชุม	300–500–750
3. ร้านค้า	
1) ในอาคารพาณิชย์	500–750
2) ในที่อื่น ๆ	300–500
3) ซุปเปอร์มาร์เก็ต	500–750
4. โรงเรียน	
1) ห้องบรรยาย	300–500–750
2) ห้องกระดาน	300–500–750
3) ห้องเขียนแบบ	500–750–1,000
4) ห้องทดลอง	300–500–750
5) ห้องศิลปะ	300–500–750
6) โรงปฏิบัติการ	300–500–750
5. ห้องสมุด	
1) หิ้งหนังสือ	150–200–300

ตารางที่ 2.3

ความส่องสว่างสำหรับพื้นที่ทำงานต่าง ๆ ตามมาตรฐานของ CIE

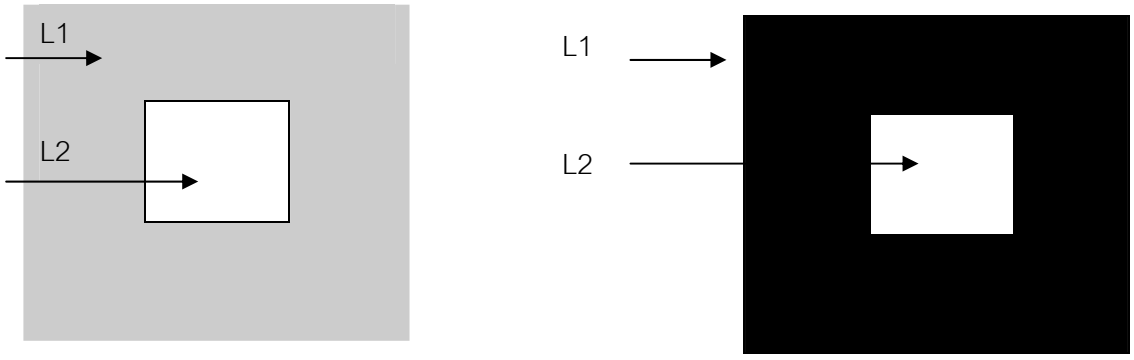
ชนิดของพื้นที่ หรืองาน	ย่านความส่องสว่าง (ลักซ์)
2) โต๊ะอ่านหนังสือ	300–500–750
3) เคาน์เตอร์	200–300–500
6.อุตสาหกรรม	
1) งานหยาบ เครื่องมือหนัก	200–300–500
2) งานขนาดกลาง เครื่องจักร	300–500–750
3) งานละเอียด อิเล็กทรอนิกส์	500–750–1,000
4) งานละเอียดมาก เครื่องมือวัด	1,000–1,500–2,000
7.ห้องประชุม	
1) โรงภาพยนตร์	50–100–150
2) อเนกประสงค์	150–200–300

ที่มา: ชำนาญ ห่อเกียรติ, 2540, น. 4

5. คอนทราสต์ (contrast) หมายถึง ความส่องสว่างวัตถุที่ต้องการมองเทียบกับความส่องสว่างรอบข้าง คอนทราสต์มาก ทำให้มองเห็นวัตถุได้ง่ายขึ้น เช่น วัตถุสีขาวบนพื้นสีดำ ทำให้มองเห็นได้ง่ายกว่า วัตถุสีดำบนพื้นดำ แต่ถ้าคอนทราสต์มากเกินไป ส่งผลให้การมองเห็นไม่ดีเพราะสายตาล้า คอนทราสต์กำหนดได้ด้วยอัตราส่วนของความแตกต่างของอิลูมิแนนซ์ระหว่างวัตถุและลูมิแนนซ์สภาพแวดล้อม ดังสมการดังต่อไปนี้

คอนทราสต์	=	(L2–L1) / L1
เมื่อ L1	=	ลูมิแนนซ์ของสภาพแวดล้อม
L2	=	ลูมิแนนซ์ของวัตถุ

ภาพที่ 2.1
ลูมิแนนซ์ของวัตถุเมื่อเทียบกับสภาพแวดล้อม



ก. ลูมิแนนซ์ของวัตถุและสภาพรอบข้างใกล้เคียง ทำให้มองเห็นได้ยาก

ข. ลูมิแนนซ์ของวัตถุและสภาพรอบข้างต่างกัน ทำให้เห็นวัตถุได้ง่าย

ที่มา: ชำนาญ ห่อเกียรติ, 2540, น. 1-11

6. ประสิทธิภาพ หมายถึง ปริมาณแสงลูเมนต่อวัตต์ไฟฟ้า ส่วนหลอดที่มีประสิทธิภาพมาก หมายถึง ให้ปริมาณแสง (ลูเมน) ออกมาต่อวัตต์มากกว่าหลอดประเภทอื่น การให้แสงสว่างที่ต้องการประหยัดไฟฟ้า ควรใช้หลอดที่มีค่าประสิทธิผลมาก

7. ความสัมพันธ์ระหว่างความส่องสว่างและอุณหภูมิสี ความส่องสว่างที่เหมาะสมกับอุณหภูมิสีหลอด คือ ต้องไม่จ้าหรือทึมเกินไป พื้นที่ใดที่ต้องการความส่องสว่างต่ำ ควรใช้หลอดที่มีองศาเคลวินต่ำ ควรใช้หลอดอินแคนเดสเซ็นต์ หลอดฟลูออเรสเซ็นต์แบบวอร์มไวท์ หรือหลอดทังสเตนฮาโลเจน ส่วนพื้นที่ใดที่ต้องการความส่องสว่างมาก ควรใช้หลอดที่มีอุณหภูมิสูง เช่น หลอดฟลูออเรสเซ็นต์ซนิดเดย์ไลท์ หรือคูลไวท์ เป็นต้น

8. ความสม่ำเสมอของการส่องสว่าง

1) ในพื้นที่ที่ต้องการความส่องสว่างสม่ำเสมอ ควรมีความส่องสว่างสม่ำเสมอหรืออัตราการส่องสว่างต่ำสุดต่อความส่องสว่างเฉลี่ยไม่ต่ำกว่า 0.8

2) ในพื้นที่ที่ไม่จำเป็นต้องมีความส่องสว่างสม่ำเสมอ ความส่องสว่างโดยรอบบริเวณทำงานควรมีความส่องสว่างไม่น้อยกว่า 1/ 3 ของความสว่างที่โต๊ะหรือพื้นที่ทำงาน เช่น ที่โต๊ะทำงานมีความส่องสว่าง 500 ลักซ์ บริเวณรอบข้างควรมีความส่องสว่างโดยประมาณไม่น้อย

กว่า 500/ 3 = 170 ลักซ์ เป็นต้น ในพื้นที่ทำงานข้างเคียง ไม่ควรมีความส่องสว่างต่างกันมากกว่า 5: 1 เช่น ในห้องทำงานที่มีความสว่าง 500 ลักซ์ เมื่อเดินออกจากห้องแล้ว ความส่องสว่างด้านนอกไม่ว่าจะเป็นทางเดิน ไม่ควรมีความส่องสว่างน้อยกว่า 100 ลักซ์ เป็นต้น

9. ประเภทของหลอดไฟ หลอดไฟฟ้ามีหลายประเภท ซึ่งแต่ละประเภทต่างมีข้อดีและข้อเสียที่แตกต่างกันออกไป โดยลักษณะการนำไปใช้งานเป็นตัวกำหนดชนิดของหลอดไฟเพื่อให้มีความเหมาะสมในการใช้งานและวัตถุประสงค์ ประเภทของแสงประดิษฐ์แบ่งได้ดังต่อไปนี้

หลอดไฟฟ้า สามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ

1) หลอดอินแคนเดสเซ็นต์ หรือ หลอดไส้ (incandescent lamp) เป็นหลอดมีไส้ซึ่งทำด้วยทังสเตน เป็นหลอดไส้ที่มีประสิทธิภาพหรือลูเมนต่อวัตต์ต่ำ แต่ให้แสงที่ดูอบอุ่น และมีอายุการใช้งานสั้นประมาณ 1,000–3,000 ชั่วโมง มีอุณหภูมิสีประมาณ 2,500–3,000 องศาเคลวินสีของหลอดออกโทนเหลืองจนถึงเหลืองออกขาว ให้แสงที่ถูกต้อง หรือค่า CRI 100% มักนำไปใช้ในบ้านพักอาศัย โรงแรม เป็นต้น หลอดอินแคนเดสเซ็นต์สามารถแบ่งออกได้หลายชนิดตามรูปร่างและโครงสร้าง ดังนี้

(1) หลอด GLS (General Service Lamp) นิยมใช้กันอยู่ทั่วไปตั้งแต่เดิมจนถึงปัจจุบันมีสองแบบ ได้แก่ หลอดใส และหลอดเคลือบ อายุการใช้งานประมาณ 1,000 ชั่วโมง ซึ่งนับว่าอายุการใช้งานสั้นมาก หากเทียบกับหลอดชนิดอื่น ๆ

(2) หลอด PAR (Parabolic Aluminized Reflector) เป็นแก้ว 2 ชิ้นประกบกัน หลอดประเภทนี้มักใช้ในการส่องสว่างแบบเน้น และเป็นหลอดที่ใช้กันมาก เพราะหาซื้อง่ายในท้องตลาด แต่ให้ความร้อนสูง จึงต้องส่องโดยเว้นระยะห่างอย่างน้อยไม่ต่ำกว่า 1 เมตร

(3) หลอดเปลวเทียนและหลอดปิงปอง มักเลือกใช้เป็นหลอดไฟตกแต่ง และเลือกใช้แทนหลอด GLS ในกรณีที่ไม่มีพื้นที่ติดตั้งมาก เพราะมีขนาดเล็กกว่าหลอด GLS

(4) หลอดฮาโลเจนแรงดันต่ำ มักเลือกใช้ในการส่องเน้นให้สีออกขาวและให้ความร้อนสูง จึงต้องส่องโดยเว้นระยะห่างอย่างน้อยไม่ต่ำกว่า 1 เมตร เป็นหลอดที่ไม่มีกระจกป้องกัน และต้องไม่สัมผัสถูกตัวหลอด เพราะอาจทำให้อายุการใช้งานสั้นลง

(5) หลอดทังสเตนฮาโลเจน ใช้งานได้ทั้งภายในและภายนอกอาคาร มีอุณหภูมิสีประมาณ 3,000 องศาเคลวิน มีขนาดเล็ก ต้องไม่สัมผัสถูกตัวหลอด เพราะอาจทำให้อายุการใช้งานสั้นลง

(6) หลอดอื่น ๆ เช่น หลอดที่ใช้กับเครื่องฉายสไลด์ หลอดถ่ายรูป เป็นต้น ส่วนใหญ่ใช้ในกรณีที่ต้องการบีบลำแสงให้แคบลง เพื่อการส่องเน้นหรือส่องเป็นลำ

2) หลอดดิสชาร์จ (Discharge lamp) เป็นหลอดที่ไม่ต้องใช้ไส้หลอด ดังนี้

(1) หลอดฟลูออเรสเซ็นต์ เป็นหลอดดิสชาร์จที่นิยมใช้กันมาก เพราะประหยัดไฟฟ้าและหาซื้อได้ง่าย มีประสิทธิผลประมาณ 50–80 ลูเมนต่อวัตต์ ประหยัดค่าไฟฟ้า ได้มากกว่าหลอดอินแคนเดสเซ็นต์ 5–8 เท่า สีของหลอดฟลูออเรสเซ็นต์ มี 3 ชนิด ได้แก่

(1.1) หลอดเดย์ไลท์ (daylight) มีอุณหภูมิสีประมาณ 5,500–6,000 เคลวิน สีออกขาวปนฟ้า นิยมใช้งานกับค่าลักซ์ที่สูงขนาด 700 – 800 ลักซ์ หรือสูงกว่า

(1.2) หลอดคูลไวท์ (cool white) มีอุณหภูมิสีประมาณ 4,000–4,500 เคลวิน สีขาวเย็นฟ้า เหมาะใช้กับความส่องสว่าง 500 ลักซ์

(1.3) หลอดวอร์มไวท์ (warm white) มีอุณหภูมิสีประมาณ 3,000–3,500 เคลวิน สีขาวออกแดง เหมาะใช้งานกับความส่องสว่างที่ไม่สูงกว่า 300 ลักซ์ ควรใช้ในบริเวณที่ไม่ต้องการความส่องสว่างมาก แต่ดูอบอุ่น

(2) หลอดคอมแพคท์ฟลูออเรสเซ็นต์ (compact fluorescent) หรือหลอดตะเกียบ มีทั้งชนิดเดย์ไลท์ หลอดคูลไวท์ และวอร์มไวท์ มีอายุการใช้งานประมาณ 5,000 -8,000 ชั่วโมง และมีประสิทธิผล 50-80 ลูเมนต่อวัตต์

(3) หลอดปรอทความดันสูง หรือหลอดแสงจันทร์ มีประสิทธิภาพสูง และ ถูกพัฒนามาเพื่อใช้แทนหลอดฟลูออเรสเซ็นต์

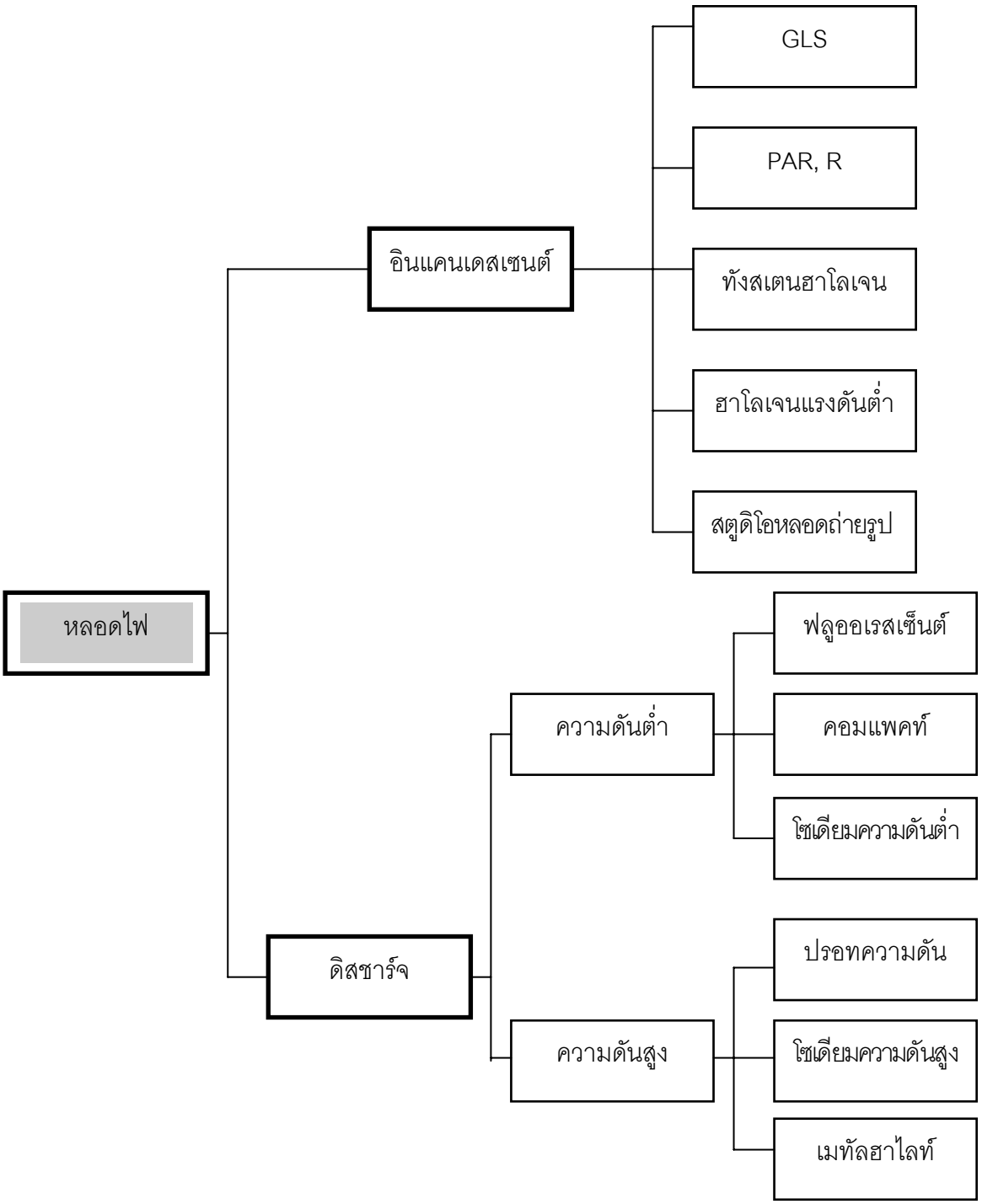
(4) หลอดโซเดียมความดันสูง หลอดไฟที่มีสีเหลืองมี 2 แบบ ได้แก่ หลอดโซเดียมความดันสูง และความดันต่ำ ซึ่งมีสีเหลืองจัดกว่าหลอดไฟโซเดียม ให้ประสิทธิภาพในการมองเห็นดีที่สุด เพราะตาคนเราไวต่อแสงสีเหลืองมากที่สุด

(5) หลอดโซเดียมความดันต่ำ เป็นหลอดไฟที่มีสีเหลืองจัด และมีประสิทธิภาพมากที่สุดในบรรดาหลอดไฟทั้งหมด และประหยัดพลังงานไฟฟ้าที่สุด คือ มีประสิทธิผลประมาณ 120-200 ลูเมนต่อวัตต์ เพื่อให้เกิดความประหยัด เนื่องจากต้องเปิดตลอดทั้งคืน จึงไม่เน้นเรื่องความถูกต้องของสี (CRI)

(6) หลอดเมทัลฮาไลท์ เหมือนกับหลอดดิสชาร์จอื่น ๆ มีข้อดี คือ มีสเปกตรัมแสงทุกสีทำให้สีเกือบทุกชนิดเด่นภายใต้หลอดชนิดนี้ แสงที่ออกมามีตั้งแต่ 3,000-4,500 องศาเคลวิน ขึ้นอยู่กับขนาดวัตต์

ภาพที่ 2.2

การแบ่งประเภทของหลอดไฟ



ที่มา: ชำนาญ ห่อเกียรติ, 2540, น. 2-5

2.1.2 <u>พารามิเตอร์ที่มีผลต่อความส่องสว่าง</u>

1. ฟลักซ์ส่องสว่างที่ติดตั้งต่อตารางเมตร (Install luminous flux per square meter) ถ้าพารามิเตอร์อื่น ๆ คงที่ ความสว่างจะเป็นสัดส่วนกับฟลักซ์ส่องสว่างที่ติดตั้งต่อขนาดพื้นที่ของพื้นที่ห้องนั้น ดังนี้

E	=	Ø/ (A x B)
เมื่อ E	=	ความสว่าง (Lux)
Ø	=	ฟลักซ์ส่องสว่างที่ติดตั้ง
(A x B)	=	ขนาดพื้นที่ห้อง

2. ลักษณะการกระจายแสงจากโคมไฟ (The zonal flux distribution of luminaire) ตามวิธีคำนวณของ CIE ได้พิจารณาลักษณะคุณสมบัติการกระจายแสงของโคม ซึ่งเป็นข้อมูลพื้นฐานที่ใช้สำหรับคำนวณตามวิธีแบบประยุกต์ของ CIE นี้ พื้นฐานการวัดลักษณะการกระจายแสงของดวงโคมไฟฟ้า จะช่วยในการออกแบบระบบแสงสว่างให้เหมาะสมกับพื้นที่ใช้งาน ข้อมูลต่าง ๆ จะเป็นสิ่งที่จำเป็นในการที่จะเลือกใช้ดวงโคมไฟฟ้า การหาจำนวนดวงโคมไฟฟ้า รวมไปถึงการหาตำแหน่งติดตั้งที่เหมาะสมของดวงโคมไฟฟ้า หลักการและทฤษฎีที่ใช้รองรับปัจจัยต่าง ๆ ที่-มีผลกระทบ และต้องคำนึงถึงในการวัด ผลที่ได้จากการวัด และการประยุกต์ใช้งาน ผลการทดสอบจากการวัดนี้ จะใช้ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและข้อมูลจริงที่ได้จากการวัดในห้องปฏิบัติการมาเป็นตัวอย่างประกอบด้วย

ดวงโคมไฟฟ้าที่ใช้ในการทดสอบหมายถึง อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ควบคุมการกระจายแสงที่เปล่งออกมาจากหลอดเปลือย เพื่อให้แสงสว่างตกไปในทิศทาง ที่ต้องการ ประกอบไปด้วยส่วนประกอบที่สำคัญ คือ ตัวสะท้อนแสง (reflector), ตัวหักเหแสง (refractor), และฝาครอบดวงโคม (Housing) ในบทความนี้จะแบ่งดวงโคมไฟฟ้าที่จะทำการทดสอบออกเป็น 3 ประเภท คือ

1) ดวงโคมภายใน (interior luminaires) สำหรับติดตั้งภายในอาคารสำนักงาน ทั่ว ๆ ไป

2) ดวงโคมฉาย (floodlight luminaires) สำหรับติดตั้งสนามกีฬา, ยิมเนเซี่ยม, สระว่ายน้ำ ฯลฯ

3) ดวงโคมไฟถนน (roadway luminaires) สำหรับติดตั้งตามถนนทั่วไป เช่น ทางต่างระดับ, ทางหลวง, ถนนซูเปอร์ไฮเวย์ ฯลฯ

ปริมาณทางการส่องสว่าง ปริมาณที่เกี่ยวข้อง กับการส่องสว่างมีมากมาย แต่ในที่นี้จะเลือกกล่าวถึงเฉพาะที่สำคัญ 4 ค่าเท่านั้น ประกอบด้วย ฟลักซ์ส่องสว่าง (Luminous Flux: Lumen) ความเข้มแสง ความเข้มส่องสว่าง และความส่องสว่าง

1) ฟลักซ์ส่องสว่าง (Luminous Flux: Lumen) คือปริมาณของแสงที่แพร่กระจายออกจากแหล่งกำเนิดแสง หรือปริมาณของแสงที่ฉายลงบนพื้นผิวหนึ่ง มีหน่วยเป็นลูเมน (Lumen: lm)

2) ความเข้มแสง (Illuminance: E: Lux) คือ ฟลักซ์ส่องสว่างที่ตกกระทบส่วนย่อยหนึ่งของพื้นที่ผิวนั้น หารด้วยพื้นที่ของส่วนย่อยนั้น มีหน่วยเป็น ลักซ์ (Lux: lx) ถ้าพื้นที่มีหน่วยเป็นตารางเมตร หรือฟุตแคนเดล (Footcandle: fc) ถ้าพื้นที่มีหน่วยเป็นตารางฟุต โดย 1 ฟุตแคนเดล = 10.764 ลักซ์

3) ความเข้มส่องสว่าง (Luminous Intensity: I: Cd) คือ ฟลักซ์ส่องสว่างที่ออกจากแหล่งกำเนิดแสง และ กระจายในส่วนย่อยของมุมเชิงของแข็งในทิศทางที่กำหนดต่อส่วนย่อยของมุมเชิงของแข็งนั้น มีหน่วยเป็นแคนเดลา (Candela: Cd)

4) ความส่องสว่าง (Luminance: L: Cd/ m^2) คือ ฟลักซ์ส่องสว่างต่อหน่วยของพื้นที่ที่ตกกระทบ และ หน่วยของมุมเชิงของแข็ง ไม่ว่าจะออกจากพื้นผิวที่กำหนด หรือมาถึงพื้นที่ผิวที่กำหนดให้จากทิศทางที่กำหนด มีหน่วยแคนเดลาต่อตารางเมตร (Candela/ m^2)

ลักษณะการติดตั้งโคมไฟ (Geometry of the installation) การจัดเรียงโคมไฟสามารถกำหนดได้โดย 5 ตัวแปรดังนี้

1) ระยะระหว่างโคมไฟแถวนอกสุดกับฝาผนังที่ใกล้ที่สุดตามแนวยาวของห้อง

2) ระยะระหว่างโคมไฟแถวนอกสุดกับฝาผนังที่ใกล้ที่สุดตามแนวกว้างของห้อง

3) ระยะห้อยโคมไฟ (suspension height)

4) จำนวนโคมไฟตามด้านกว้างของห้อง (number of luminaires crosswise)

5) จำนวนโคมไฟตามด้านยาวของห้อง (number of luminaires lenghtwise)

ถ้าพารามิเตอร์ทุกตัวคงที่ เมื่อระยะระหว่างโคมไฟแถวนอกสุดกับฝาผนังที่ใกล้ที่สุดลดลง โคมไฟแถวนอกสุดอยู่ชิดผนังมากขึ้น จะทำให้ความสว่างบนพื้นที่ทำงานน้อยลง และความสว่างบนฝาผนังสูงขึ้น เมื่อทุกพารามิเตอร์คงที่ รวมถึงค่าการส่องสว่างที่ติดตั้งและขนาดของห้อง พบว่า จำนวนโคมไฟที่มีผลต่อความสว่างของพื้นผิวน้อยกว่าอิทธิพลของระยะแขวนโคมไฟ และการเปลี่ยนแปลงระยะแขวนโคมไฟมีผลต่อขนาดของห้อง และอัตราส่วนระยะห้อยดวงโคมด้วย

3. การสะท้อนของพื้นผิว (reflectance of the surface) ความสว่างของพื้นผิวของห้องสามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ เกิดจากความส่องสว่างที่ส่องลงมาจากโคมไฟ และจาก

ความส่องสว่างที่สะท้อนไปมาระหว่างพื้นผิว ถ้าทุกพารามิเตอร์มีค่าการสะท้อนแสงของพื้นผิวต่าง ๆ เพิ่มขึ้น ทำให้ฟลักซ์ส่องสว่างในส่วนที่สะท้อนไปมามีค่าสูงขึ้น คือ ระดับความสว่างสูงขึ้น ข้อสำคัญอีกประการหนึ่ง คือ ค่าการสะท้อนแสงของระนาบในแนวระดับที่ความสูงเท่ากับพื้นที่ทำงาน

4. สัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของวัสดุต่าง ๆ มีผลต่อการส่องสว่างมาก โดยเฉพาะภายในอาคาร ห้องที่มีกำแพง เพดาน พื้น ที่มีสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของวัสดุสูง ทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การใช้งานมาก ดังนั้นการใช้จำนวนดวงโคมน้อย เพราะมีการสะท้อนของแสงเนื่องจากวัสดุที่อยู่รอบข้างมาก

โคมแผ่นสะท้อนแสงสีขาวกับ โคมแผ่นสะท้อนแสงอะลูมิเนียม แผ่นอะลูมิเนียมให้สัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงสูงกว่าแผ่นเหล็กทาสีขาว จึงประหยัดพลังงานกว่า แต่โคมแผ่นสะท้อนแสงอะลูมิเนียมมีข้อจำกัดมากมาย ซึ่งผู้ที่เกี่ยวข้องกับด้านนี้จำนวนมากกลับไม่ทราบ โคมแผ่นสะท้อนแสงอะลูมิเนียมไม่ควรใช้กับห้องที่มีเพดานไม่สูงมากเพราะจะทำให้เพดานดูเตี้ยลง นอกจากนี้เงาที่เกิดที่กำแพงเนื่องจากโคมประเภทนี้ก็เข้มมากเมื่อเทียบกับโคมชนิดอื่น และโคมแบบนี้มักให้แสงบาดตามากเช่นกัน งานบางพื้นที่ไม่จำเป็นต้องใช้โคมสะท้อนแสงอะลูมิเนียมเสมอไป เช่น ห้องเก็บของ หรือพื้นที่ไม่ค่อยได้เปิดไฟ ดังนั้นการประหยัดพลังงานในพื้นที่เหล่านี้ไม่มีประโยชน์มากนัก ความจริงมีข้อเตือนใจสำหรับนักประหยัดพลังงานว่า โคมแผ่นสะท้อนแสงอะลูมิเนียมไม่ใช่โคมวิเศษ หรือเป็นโคมที่ใช้ได้ทุกพื้นที่

การคำนวณโดยวิธีลูเมน ต้องใช้ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้น กำแพง และเพดาน เพื่อนำไปใช้เปิดหาค่า CU หรือสัมประสิทธิ์ในการใช้งานของโคม (ดังตารางที่ 2.4)

ตารางที่ 2.4

ค่าเปอร์เซ็นต์การสะท้อนแสงของสีทาอาคาร

ชื่อสี	ความสามารถในการสะท้อนแสง (%)
ขาว	85-90
เทาอ่อน (pale grey)	65-75
น้ำตาลอ่อน (light tan)	72-79
เหลืองอ่อน	77-83
เขียวอ่อน	65-74
ฟ้าอ่อน	58-68
ส้มอ่อน	72-78
แดง	25-35
น้ำตาล	12-15
งาช้าง	75-81
เทากลาง (medium grey)	50-60
น้ำตาลกลาง (medium tan)	50-60
เหลืองกลาง	65-70
เขียวกลาง	52-58
ฟ้ากลาง	41-48
ชมพู	66-76
เขียวอมฟ้า (turquoise)	65-75
ส้มอมชมพู (peach)	60-65

ที่มา: Dizik, A. Allen, Concise Encyclopedia of Interior Design 1988, p.15

ตารางที่ 2.5

ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของวัตถุ

สี	P	วัสดุ	P
ขาว	0.70-0.80	น้ำเงิน	0.10-0.15
ครีมอ่อน	0.70-0.80	แดงเข้ม	0.10-0.15
เหลืองอ่อน	0.55-0.65	เทาเข้ม	0.10-0.15
เขียวอ่อน	0.45-0.50	น้ำเงินเข้ม	0.05-0.10
ชมพู	0.45-0.50	ดำ	0.04
ฟ้าอ่อน	0.40-0.45	อิฐแดง	0.05-0.25
เทาอ่อน	0.40-0.45	คอนกรีต	0.15-0.40
เนื้ออ่อน	0.25-0.35	สีโอ๊คอ่อน	0.15-0.20
เหลืองเข้ม	0.25-0.35	ขาวอีนาเมล	0.65-0.75
น้ำตาลอ่อน	0.25-0.35	กระจกใส	0.06-0.08
เขียว	0.25-0.35	ไม้สีครีม	0.50-0.60
ส้ม	0.20-0.25	พลาสเตอร์	0.80
เขียวส้ม	0.10-0.15	วอลนัตเข้ม	0.15-0.20

ที่มา: ชำนาญ ห่อเกียรติ, 2540, น. 4-5

2.1.3 <u>วิธีการคำนวณ</u>

1. การคำนวณด้วยวิธีลูเมน (Lumen Method) ในกรณีที่ต้องการแสงสว่างอย่างสม่ำเสมอใช้คุณสมบัติการสะท้อนแสงของวัตถุทั้งผนัง พื้น และเพดานมาประกอบการพิจารณาด้วยมักเป็นพื้นที่ทำงานที่ต้องใช้สายตามาก เช่น สำนักงาน โรงเรียน ห้องประชุม เป็นต้น

การคำนวณการส่องสว่างโดยวิธีลูเมน สามารถใช้สมการการคำนวณ ดังนี้

E	=	N x L x MF x CU/ A
เมื่อ E	=	ความส่องสว่าง (ลักซ์)
N	=	จำนวนหลอด
L	=	ปริมาณแสง (ลูเมน/ หลอด)
MF	=	แฟคเตอร์ในการบำรุงรักษา
CU	=	สัมประสิทธิ์การใช้งาน
A	=	พื้นที่ (ตารางเมตร)

ความส่องสว่าง E หาได้จากมาตรฐานต่าง ๆ เช่น IES CIE JIS ที่กำหนดความส่องสว่างของเนื้อที่ใช้งานไว้ ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยอย่างต่ำที่คิดจากระดับที่ทำงาน เช่น ความส่องสว่างสำนักงานใช้ 500 ลักซ์ หมายถึง ความส่องสว่างบนโต๊ะทำงานที่ระดับ 0.7 เมตรเหนือพื้น ควรมีความส่องสว่างอย่างน้อย 500 ลักซ์ เป็นต้น

แฟคเตอร์ในการบำรุงรักษา MF มีค่ามากน้อยขึ้นอยู่กับการบำรุงรักษา เมื่อหลอดไฟนั้นไม่ได้ทำความสะอาด จึงให้แสงสว่างที่น้อยลง ค่า MF เป็นค่าเฉลี่ยที่ให้แสงออกมา

สัมประสิทธิ์การใช้งาน CU หมายถึง อัตราส่วนปริมาณแสงที่ออกมาจากโคมและสะท้อนพื้น เพดาน และกำแพง ก่อนลงมาที่โต๊ะทำงานต่อปริมาณแสงที่ออกมาจากหลอด โคมที่มีแผ่นกรองแสงปิดให้ปริมาณแสงออกมาน้อยกว่าโคมที่ไม่มีแผ่นกรองแสง โคมที่มีแผ่นกรองแสงหรือห้องที่มีเพดาน กำแพง และพื้นเป็นสีทึบย่อมให้การสะท้อนแสงน้อย คือให้ค่า CU น้อย ค่าสัมประสิทธิ์การใช้งานจึงขึ้นอยู่กับชนิดของโคม และสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของเพดาน กำแพง และพื้น ซึ่งค่า CU ของดวงโคมนั้นได้จากผู้ผลิต

ก่อนจะหาค่า CU จากตารางผู้ผลิตต้องได้ค่าบางอย่าง เพื่อนำไปเปิดตารางหาค่าดังกล่าว คือ Room Cavity Ratio (RCR) ค่า RCR สามารถหาได้จากสมการดังนี้

RCR	=	5 x H x (L + W) / (L + W)
เมื่อ L	=	ความยาวห้อง (เมตร)
W	=	ความกว้างห้อง (เมตร)
H	=	ความสูงห้องเหนือโต๊ะทำงาน (เมตร)

เช่น ห้องสูง 3 เมตร โต๊ะทำงานอยู่ที่ระดับ 0.7 เมตร มีค่า H = 3-0.7 = 2.3 เมตรเป็นต้น ระนาบทำงานที่ใช้สำหรับโต๊ะทำงานที่เหมาะสมสำหรับคนไทย 0.75 เมตร

สัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงที่เพดาน กำแพง และพื้น เพื่อนำไปเปิดตารางสัมประสิทธิ์การใช้งานที่ผู้ผลิตกำหนดมาให้ ทั่วไปใช้สำหรับเพดาน 70% ใช้สำหรับกำแพง 50% ใช้สำหรับพื้น 20% หมายถึง เพดานที่มีสีอ่อนมาก เช่น ขาวครีม เป็นต้น ส่วนผนังมีสีโทนปานกลางไปทางอ่อน และพื้นมีสีเข้ม เมื่อนำค่า RCR และสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของเพดาน กำแพง และพื้นไปเปิดตาราง สามารถหาสัมประสิทธิ์การใช้งาน และนำไปแทนค่าเพื่อหาจำนวนหลอดและโคมต่อไป

1. การคำนวณด้วยวิธีลูเมน ใช้สมการที่แสดงไว้ตอนต้น ดังนี้

E	=	N x L x MF x CU/ A
เมื่อ E	=	ความส่องสว่าง (ลักซ์)
N	=	จำนวนหลอด
L	=	ปริมาณแสง (ลูเมน/ หลอด)
MF	=	แฟคเตอร์ในการบำรุงรักษา
CU	=	สัมประสิทธิ์ในการใช้งาน
A	=	พื้นที่ (ตารางเมตร)

ขั้นตอนในการคำนวณมีดังนี้

1) หาค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของเพดาน กำแพง และพื้น ในกรณีทั่วไปที่ไม่ทราบค่าให้ใช้ค่าเฉลี่ย 70/ 50/ 30 ตามลำดับ

2) นำค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงและค่า RCR ไปหาสัมประสิทธิ์การใช้งาน CU จากตารางของผู้ผลิต หรือจากตารางมาตรฐาน IES ที่กำหนดไว้

3) นำค่า CU แทนค่าเพื่อหาจำนวนหลอดหรือความสว่างแล้วแต่ต้องการตามสมการข้างต้น

ตัวอย่างการคำนวณโดยวิธีลูเมน

โดยให้หาจำนวนหลอดที่ต้องใช้สำหรับส่องสว่าง 500 ลักซ์ ในสำนักงานขนาด 6 x 10 เมตร ซึ่งมีความสูงห้อง 2.7 เมตร และโต๊ะมีความสูง 0.7 เมตร โคมให้ใช้แบบตัวกรองแสงแบบเกล็ดแก้ว หลอดฟลูออเรสเซ็นต์ 36 วัตต์ ซึ่งยาว 1)2 เมตร มีปริมาณแสง 3,000 ลูเมน/ หลอด

RCR	=	5 x H (L + W) / (L x W)
	=	5 x (2.7 – 0.7) x (6 + 10) / (6 x 10)
	=	2.67

เมื่อพิจารณาโคมแบบตัวกรองแสงแบบเกล็ดแก้ว โดยพิจารณาตารางประกอบที่ค่า RCR = 2.67 ซึ่งอยู่ระหว่างค่า 2 และ 3 หาค่าสัมประสิทธิ์การใช้งานได้ดังนี้

CU	=	0.58 – (0.58 – 0.52) x 0.67 = 0.54
MF	=	0.75 สำหรับงานสำนักงาน
L	=	3,000 ลูเมน
E	=	500 ลักซ์
N	=	E x A/ (L x MF x CU)
	=	500 x 60/ (3,000 x 0.75 x 0.54)
	=	24.7 หรือ 25 หลอด

เมื่อได้จำนวนหลอดสำหรับความส่องสว่าง 500 ลักซ์ แล้ว ต้องหาต่อไปว่า ควรใช้โคมไฟจำนวนต่อโคมเท่าใด และการติดตั้งโคมควรเป็นอย่างไร

จากการคำนวณดังกล่าวทำให้ทราบว่า เมื่อนำค่าที่คำนวณไปทำการติดตั้งแล้วความส่องสว่างเมื่อเริ่มทำการติดตั้งจะมีค่าสูงมาก ประมาณ 500/ 0.75 = 666 ลักซ์ เพราะหลอดยังใหม่ไม่มีฝุ่นเกาะที่หลอด และปริมาณแสงของหลอดยังไม่ได้ลดลง ดังนั้นความส่องสว่างที่คำนวณออกมานั้น หมายถึง ความส่องสว่างที่ได้เมื่อติดตั้งไปแล้วหลายเดือนที่หลอดทำงานไปและมีฝุ่นผงเกาะ

1) การหาจำนวนหลอดจากตารางสำเร็จรูป โดยคำนวณจำนวนหลอดที่ใช้งานเมื่อกำหนดความส่องสว่างมาให้สามารถหาค่าได้ โดยใช้ตารางสำเร็จรูปที่คำนวณจากตารางสัมประสิทธิ์การใช้งานของ IES และหาค่าวัตต์ต่อตารางเมตรต่อ 100 ลักซ์ ของโคมชนิดต่าง ๆ (ดังตารางที่ 2.6)

ตารางที่ 2.6

วัตต์ต่อตารางเมตรต่อ 100 ลักซ์ ที่ค่า RCR ต่าง ๆ กันของโคมแต่ละชนิด

RCR	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
#20 2 x 36w IND.TYPE WHITE REFLECTOR	1.59	1.78	2.02	2.27	2.50	2.83	3.12	3.48	3.84	4.28	4.67
#21 2 x 36w IND. TYPE DIFFUSE ALUM. REFLT.	1.66	1.83	2.02	2.27	2.50	2.83	3.12	3.48	3.84	4.28	4.68
#22 2 x 36w FIN & V WHITE REFLECTOR	1.76	1.94	2.17	2.41	2.67	3.00	3.33	3.65	4.05	4.54	5.00
#23 2 x 36w FIN & V DIFFUSE ALUM. REFLT.	1.89	2.08	2.30	2.58	2.83	3.19	3.48	3.84	4.28	4.68	5.17
#27 2 x 36 w SURFACE MOUNT BARE LAMP	1.53	1.80	2.11	2.41	2.72	3.12	3.48	3.94	4.41	4.83	5.35

ตารางที่ 2.6

วัตต์ต่อตารางเมตรต่อ 100 ลักซ์ ที่ค่า RCR ต่าง ๆ กันของโคมแต่ละชนิด

RCR	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
#31 2 x 36w PRISMATIC WRAP AROUND	1.94	2.23	2.54	2.83	3.12	3.48	3.84	4.28	4.68	5.17	5.76
#40 2 x 36w FLAT PRIS. 1'WIDE	2.23	2.459	2.777	3.06	3.409	3.847	4.167	4.687	5.127	5.769	6.250
#41 4 x 36w FLAT PRIS. 2' WIDE	2.08	2.30	2.58	2.88	3.26	3.65	4.05	4.54	5.00	5.55	6.25
#37 2 x36w DROP WHITE DIFFUSER 1' WIDE	2.34	2.63	3.00	3.40	3.84	4.28	4.83	5.35	6.00	6.52	7.14
#38 4 x 36W DROP WHITE DIFFUSER 2' WIDE	2.14	2.41	2.72	3.06	3.48	3.94	4.41	4.83	5.35	6.00	6.52
#39 2 x 36 OR 4 x 40w WHITE DIFFUSER	2.27	2.54	2.88	3.19	3.65	4.05	4.54	5.00	5.55	6.25	6.81

ที่มา: ชำนาญ ห่อเกียรติ, 2540, น. 4-18

ตัวอย่างการคำนวณโดยใช้ตารางข้างต้นนี้ เช่น

ห้องขนาด 6 x 4 เมตร สูง 3 เมตร พื้นที่ทำงาน 0.7 เมตร ถ้าต้องการความส่องสว่าง 500 ลักซ์ โดยใช้โคมไฟแบบแผ่นกรองแสงเกล็ดแก้วแบบแบน (flat prismatic)

RCR = 5 x H (L + W) / (L x W)

= 5 x (3 – 0.7) x (6 + 4) / (6 x 4)

= 4.8

ใช้โคมเบอร์ 40 หรือ 41 ที่ RCR = 4.8 ได้วัตต์ต่อตารางเมตรต่อ 100 ลักซ์

= 3.409 + 0.8 x (3.847 – 3.409)

= 3.759

ห้องขนาด 6 x 4 เมตร ถ้าต้องการค่าความสว่าง 500 ลักซ์ ต้องใช้หลอดไฟ 6 x 4 x 3.759 x 5 = 451 วัตต์ หรือใช้หลอด 36 วัตต์ ทั้งหมด 451/ 36 = 12.525 หรือ 14 หลอด

ขั้นต่อไปหาว่าโคมควรใช้ชนิดกี่หลอด เพื่อประหยัดที่สุด และได้แสงสว่างตามต้องการ เช่น 14 หลอด ถ้าใช้ชนิด 2 หลอดต่อโคม จะได้ 7 โคม แต่ถ้าใช้ 3 หลอดต่อโคม จะได้ 5 โคม ยิ่งใช้จำนวนโคมน้อยลงจะประหยัดมากขึ้น แต่ถ้าใช้จำนวนโคมน้อยลงมากเกินไป ระยะห่างระหว่างโคมก็มาก ทำให้บริเวณระหว่างโคมมืดเกินไป

2) การหาจำนวนหลอดต่อโคมและจำนวนโคม ต้องทราบระยะห่างระหว่างโคมให้มากที่สุดที่ผู้ผลิตกำหนด ซึ่งไม่ทำให้แสงระหว่างโคมต่ำเกินไป โดยทั่วไปผู้ผลิตกำหนดเป็นค่าดังกล่าว เป็นระยะห่างระหว่างโคมมากที่สุด/ ความสูง (SM/ H) คือ อัตราส่วนระยะห่างระหว่างโคมเหนือโต๊ะทำงานต้องไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนด

สมมติจากตัวอย่างข้างต้น SM/ H = 1)1 เช่น ห้องที่มีความสูง 2.5 เมตร เมื่อคิดระนาบทำงานที่ 0.7 เมตร ความสูงโคมเหนือโต๊ะทำงาน เท่ากับ 2.5 – 0.7 = 1.8 เมตร ดังนั้น เมื่อคิดระยะห่างโคมไม่ควรมากกว่า 1)8 x 1)1 = 1)98 เมตร

การใช้จำนวนหลอดต่อโคมให้มากที่สุด จะเป็นการประหยัดที่สุด เพราะจำนวนโคมใช้น้อยที่สุด และตำแหน่งการติดตั้งน้อย ที่ควรระวัง คือ เมื่อใช้จำนวนหลอดต่อโคมมากที่สุด แสงระหว่างโคมนั้นต้องไม่มืดเกินไป

การหาจำนวนโคมในแต่ละครั้งที่สมมติจำนวนโคมต่อหลอดแล้ว ต้องให้จำนวนหลอดรวมไม่น้อยกว่าค่าที่คำนวณได้ เช่น ตัวอย่างข้างต้นของห้องขนาด 6 x 4 เมตร สูง 3 เมตร ต้องการความสว่างได้ 500 ลักซ์ และหาจำนวนหลอดได้ 14 หลอด ถ้าใช้ 3 หลอดต่อโคม ต้องใช้ 5 โคม (รวม 15 หลอด) ถ้าใช้ 14 หลอดต่อโคม ต้องใช้ 4 โคมเป็นอย่างน้อย (รวม 16 หลอด) คือ เมื่อคิดจำนวนหลอดแล้ว ต้องมีค่ามากกว่า 14 หลอด เมื่อนำจำนวนโคมที่ออกมาและลองคิดดู แล้วพิจารณาระยะห่างระหว่างโคมต่อความสูงโคมเหนือพื้นที่ทำงานมีค่ามากกว่าค่าที่กำหนดหรือไม่

การติดตั้งโคมห่างจากผนังเท่าใด มีกฎเกณฑ์ว่าให้แสงด้านข้างมาก เช่น โคมแบบหลอดเปลือย โคมแบบตัวกรองแสงขาวขุ่น ชนิด drop white diffuser และ โคมแบบอะลูมิเนียมสะท้อนแสง ให้ติดตั้งโคม โดยใช้เกณฑ์ห่างจากผนังเท่ากับครึ่งหนึ่งของระยะห่างระหว่างโคม โคมที่ให้แสงด้านข้างออกมาน้อย เช่น โคมแบบตัวกรองแสงขาวขุ่นเรียบ โคมแบบตัวกรองแสงเกล็ดแก้วเรียบ ให้ติดตั้งห่างกำแพงเท่ากับ 1/3 ของระยะห่างระหว่างโคม เป็นต้น

การหาจำนวนหลอดต่อโคม เพื่อไม่ให้เกิดแสงสว่างระหว่างโคมมืดเกินไป ใช้เฉพาะกรณีที่ต้องการความส่องสว่างสม่ำเสมอเท่านั้น หากเป็นกรณีติดตั้งโคมไฟที่ทางเดิน ซึ่งต้องการความส่องสว่างสูงมาก อาจไม่สามารถทำให้แสงสม่ำเสมอได้ ดังนั้น การพิจารณาจำนวนหลอดต่อโคมที่เหมาะสม เพื่อให้แสงระหว่างโคมนั้นไม่มืดเกินไป ใช้เฉพาะกรณีที่ต้องการแสงสว่างสม่ำเสมอที่ใช้งานเท่านั้น เช่น สำนักงาน โรงเรียน เป็นต้น

ตัวอย่างการคำนวณหาจำนวนหลอดต่อโคมและจำนวนโคม

สมมติห้องทำงานขนาด 8 x 16 เมตร ความสูงฝ้าเหนือพื้น 2.8 เมตร ต้องการติดตั้งโคมไฟอะลูมิเนียมตาม IES เบอร์ 28 ซึ่งกำหนดระยะห่างมากสุด/ ความสูงโคมเหนือโต๊ะทำงาน เท่ากับ 1)5/ 1)1 ให้มีความส่องสว่าง 500 ลักซ์ ที่ระนาบโต๊ะทำงานสูง 0.7 เมตร ให้คำนวณจำนวนโคมที่ใช้ต่อจำนวนหลอดต่อโคม

$$RCR = 5 \times H (L + W) / (L \times W)$$

$$= 5 \times (2.8 - 0.7) \times (8 + 16) / (8 \times 16)$$

$$= 1)97$$

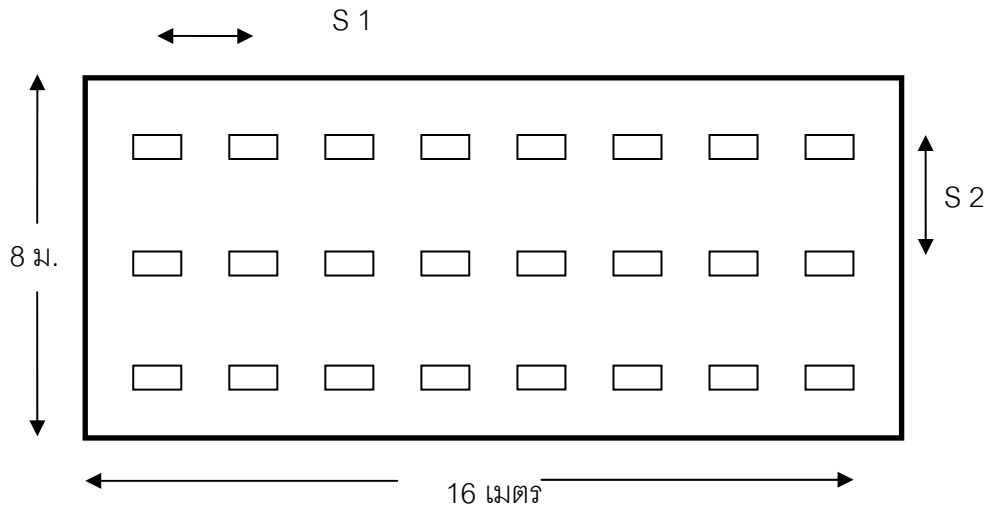
เมื่อนำค่านี้ไปเปิดตาราง IES เบอร์ 28 ได้ค่า CU = 0.64 และเมื่อคิดค่า MF = 0.75

E	=	N x L x MF x CU/ A
500	=	N x 3,000 x 0.75 x 0.64 x (8 x 16)
N	=	44

ถ้าใช้ 2 หลอดต่อโคม ต้องใช้ทั้งหมด 22 โคม และเมื่อนำมาจัดจำนวนแถวแล้วได้ 3 x 8 เมตร และเมื่อคิดระยะติดตั้งต่อความสูงได้ S1/ H = 0.95, S2/ H = 1.39 ซึ่งต่ำกว่า ที่กำหนดไว้ ที่ค่า 1)5/ 1.1 หากเพิ่มจำนวนหลอดต่อโคมเป็น 3 หลอดต่อโคม ได้ทั้งหมด 44/ 3 = 15 โคม และเมื่อมาจัดวางจำนวนแถวได้ 3 x 5 เมตร หรือ 2 x 8 ให้ระยะห่าง/ ความสูง ได้ 1)29/ 1)52 และ 1)9/ 0.95 ซึ่งค่าด้านใดด้านหนึ่งมากกว่าค่า 1)5/ 1)1 ดังนั้นภาพที่ 2.3 โคมที่เหมาะสมที่สุด คือ โคมแบบ 2 หลอดต่อดวงโคม (ชำนาญ ห่อเกียรติ, 2540, น. 4-21)

ภาพที่ 2.3

แผนผังการจัดวางโคมเพื่อหาระยะห่างระหว่างโคมต่อความสูงโคมเหนือระนาบทำงาน



ความสูง 2.8 – 0.7	=	2.1	
S1	=	16/ 8	= 2
S2	=	8/ 3	= 2.7
S1/ H	=	2/ 2.1	= 0.95
S 2/ H	=	2.7/ 2.1	= 1)29

ที่มา: ชำนาญ ห่อเกียรติ, 2540, น. 4-21

สำหรับค่าความกว้างและความยาวของห้องที่ใช้ประกอบการคำนวณนั้นเพื่อต้องการให้ทราบว่าค่าที่คำนวณออกมานั้นใช้ข้อมูลขนาดห้องเท่าใด เพราะค่าสัมประสิทธิ์การใช้งานสำหรับห้องขนาดต่าง ๆ ไม่เท่ากัน เช่น ขนาดห้อง 6 x 6 เมตร เพื่อใช้สำหรับงานติดตั้งในพื้นที่ขนาดใหญ่ ได้แก่ พื้นที่ขนาด 15 x 15 เมตร ถ้านำไปใช้ในการคำนวณจะได้ค่าสัมประสิทธิ์มีค่ามาก ทำให้ได้โคมน้อย แต่เมื่อติดตั้งในพื้นที่ที่มีการกั้นบริเวณ (partition) ทำให้ความส่องสว่างลดลงมาก ดังนั้น จึงกำหนดพื้นที่สำหรับทำการคำนวณที่ 6 x 6 เมตร

2. การคำนวณแบบจุดต่อจุด (Point – by - point method) เป็นการคำนวณหาความสว่างทีละจุดที่ต้องการ การคำนวณแบบนี้ จำเป็นต้องทราบกราฟกระจายแสงของโคม และการคำนวณนั้นเสียเวลามาก หากต้องคำนวณหลายค่า จำเป็นต้องใช้คอมพิวเตอร์ช่วย เพื่อไม่ให้เสียเวลามากเกินไป เช่น การส่องสว่างไฟถนนจำเป็นต้องคำนวณหลายค่าเพื่อหาค่าเฉลี่ย การส่องสว่างในสนามกีฬาโดยเฉพาะสนามกีฬาขนาดใหญ่ที่ต้องอาศัยการคำนวณแบบจุดต่อจุดช่วย การใช้คอมพิวเตอร์เข้าช่วยก็เหมาะสมสำหรับกรณีนี้ แต่ถ้าการคำนวณบางค่าเพื่อประกอบการพิจารณาสามารถคำนวณด้วยมือได้ เช่น การคำนวณความส่องสว่างเนื่องจากโคมไฟส่องสว่างแบบสปอตเพื่อใช้กับรูปปั้นหรือรูปภาพ หรือเน้นเป็นจุด สามารถคำนวณด้วยมือเพื่อหาค่าความส่องสว่างใต้โคมที่จุดที่ต้องการ เป็นต้น

สูตรการคำนวณการส่องสว่างแบบจุดต่อจุดเป็นการคำนวณค่าความสว่างในระนาบทำงาน มีสมการดังนี้

ความส่องสว่างใต้โคมสามารถหาได้จากสมการ ดังนี้

$$E1 = I / H^2$$

E1 = ความส่องสว่างในแนวตั้งฉากกับแสง (ลักซ์)

I = ความเข้มแสง (แคนเดลา)

H2 = ระยะทางจากโคมไปยังจุดที่ต้องการ (เมตร)

โดยทั่วไประดับของความสว่างที่กำหนดในห้องแต่ละชนิดว่ามีค่าเท่าใดนั้น เป็นค่าความสว่างในเทอมของค่าความสว่างเฉลี่ยบนพื้นที่ทำงาน (working plane) พื้นที่ทำงานมักเป็นพื้นที่ในแนวราบสูงขึ้นมาจากพื้นประมาณ 0.75 หรือ 0.85 เมตร สามารถคำนวณได้โดย

$$E2 = I2 \times \cos^3 \theta / H^2$$

เมื่อ Ep = ระดับความสว่างในแนวราบที่จุด P

I (γ) = ความเข้มข้นส่องสว่างที่มุม γ

H = ความสูงของแหล่งกำเนิดแสง

ถ้ามีดวงโคมหลายโคม สามารถหาค่าความส่องสว่างได้ที่จุด P ได้ โดยคิดค่าความสว่างที่จุด P จากผลของดวงโคมแต่ละโคมแล้วนำมารวมกันได้

Ep (total) = Ep1 + Ep2 + Ep3 +… + Epi

Ep (total) = ผลรวมค่าความสว่างในแนวราบที่จุด P ของดวงโคมทั้งหมด

Epi คือ ค่าความสว่างในแนวราบที่จุด P ของดวงโคมที่ i

การคำนวณความส่องสว่างแบบจุดต่อจุด นอกจากต้องคำนวณความส่องสว่างแล้วควรคำนวณเส้นผ่านศูนย์กลางของวงแสงด้วย โดยทั่วไปความส่องสว่างที่ใช้ เพื่อการคำนวณเส้นผ่านศูนย์กลางของวงแสงคือ 1,000 ลักซ์ เพราะที่ความส่องสว่างประมาณ 1,000 ลักซ์ สามารถเห็นเป็นวงแสงที่ค่อนข้างชัด

กรณีที่มีโคมหลายโคมสามารถหาความส่องสว่างที่จุดใด ๆ เนื่องจากโคมแต่ละโคมนำมารวมกัน (ดังภาพที่ 2.6) เมื่อต้องการหาความส่องสว่างที่จุด P ต้องหาความส่องสว่าง เนื่องจากโคม A B และ C ที่จุด P นำมารวมกันแบบพีชคณิต เช่น ความส่องสว่างเนื่องจากโคมไฟ A B และ C ในแนวระดับที่จุด P ได้ค่าเท่ากับ 100 80 และ 30 ลักซ์ ตามลำดับ ดังนั้น ความส่องสว่างในแนวระดับที่จุด P มีค่า 100 + 80 + 30 = 210 ลักซ์

สมมติ ต้องการหาความส่องสว่างที่พื้นที่ใต้โคมไฟสำหรับความสูงห้อง 2.5 เมตร และหาความส่องสว่างที่พื้นที่ห่างโคมทำมุม 20 องศา

ได้ความเข้มแสงที่ใต้โคมมีค่า 625 cd/ Klm แต่หลอดมีปริมาณแสง 1.3 กิโลลูเมน

ดังนั้น ความเข้มแสงของโคมมีค่า = 625×1.3 = 813 แคนเดลา

ความส่องสว่างใต้โคม = $813/ 2.5^2$ = 130 ลักซ์

ถ้าคิด MF = 0.8 จะได้ความส่องสว่าง	=	130 x 0.8	=	104 ลักซ์
ความเข้มแสงที่มุม 20 องศาได้	=	810 cd/ Klm		
ความเข้มแสงที่มุม 20 องศา	=	810 x 1)3	=	1053 แคนเดลา
ความส่องสว่างที่พื้น	=	1053 Cos^3 20/ 2.5^2	=	139 ลักซ์
ถ้าคิด MF = 0.8 จะได้ความส่องสว่าง	=	139 x 0.8	=	111 ลักซ์

การส่องสว่างแบบจุดใช้กับการส่องสว่างในพื้นที่ที่ไม่ต้องการความส่องสว่างสม่ำเสมอเช่น ในพื้นที่ที่ติดตั้งทั้งโคมฟลูออเรสเซ็นต์และโคมไฟส่องลง โดยที่โคมไฟฟลูออเรสเซ็นต์ติดตั้งเหนือโต๊ะทำงาน ส่วนโคมไฟส่องลงติดตั้งที่บริเวณรอบโต๊ะทำงาน ดังนั้น ในกรณีที่ใช้ในการคำนวณแบบลูเมนไม่ได้ เพราะต้องการความส่องสว่างเพียงพื้นที่บางส่วนเท่านั้น เช่น ห้องทำงานที่ต้องการออกแบบให้มีบรรยากาศแบบส่วนตัว จึงไม่ออกแบบให้มีความส่องสว่างสม่ำเสมอแต่ให้มีความส่องสว่างที่โต๊ะทำงานให้ได้ 500 ลักซ์ ส่วนรอบข้างไม่จำเป็นต้องมีความส่องสว่าง 500 ลักซ์ ดังนั้น จึงใช้การคำนวณแบบจุดต่อจุด แต่วิธีการนี้ต้องทราบว่าความเข้มแสงที่โต๊ะใต้โคมเพื่อหาความส่องสว่างที่โต๊ะทำงาน

พิจารณาแผนผังการคำนวณแสงสว่างแบบจุดต่อจุด ซึ่งแสดงค่าที่คำนวณความส่องสว่างที่พื้นที่ใต้โคมที่ความสูงห้องต่าง ๆ กัน โดยคิดระนาบทำงานที่ความสูง 0.7 เมตร สำหรับโคม 2 แบบ คือ โคมแบบตัวสะท้อนแสงอะลูมิเนียมแบบกระจกชนิดมีตัวบังแสงมาก

ที่ความสูง 2.5 เมตร ถ้าใช้โคมแบบที่ 1 ติดตั้งโคม 3 x 36 วัตต์ ได้ความส่องสว่าง 550 ลักซ์ หรือใช้โคมแบบที่ 2 ติดตั้งโคม 2 x 36 วัตต์ ได้ความส่องสว่าง 550 ลักซ์ ถ้าเป็นความสูงที่ 2.8 เมตร ใช้โคมแบบที่ 2 ติดตั้ง 3 x 36 วัตต์ ได้ความส่องสว่าง 480 ลักซ์ หรือถ้าเป็นความสูงห้อง 3 เมตร ใช้โคมแบบที่ 2 แต่ถ้าต้องเปลี่ยนเป็น 4 x 36 วัตต์ เพราะโคม 3 x 36 วัตต์ ได้ความส่องสว่างเพียง 400 ลักซ์ เท่านั้น

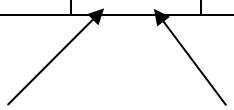
โคมแต่ละผลิตภัณฑ์อาจมีกราฟกระจายแสงของโคมที่แตกต่างกันไป ดังนั้น ถ้าต้องการคำนวณการส่องสว่างที่แน่นอน ให้พิจารณาจากกราฟกระจายแสงของโคมที่ต้องการเลือก ถ้าหากไม่มีข้อมูลที่แน่นอนใช้ตารางดังกล่าวได้ หากนำมาพิจารณาเปรียบเทียบระหว่างโคมที่ผลิตในประเทศไทย โดยเฉพาะโคมที่ใช้ตัวสะท้อนแสงอะลูมิเนียมนั้น ให้ค่าสัมประสิทธิ์การใช้งานหรือ CU ใกล้เคียงกับที่กำหนดใน IES

การใช้ข้อมูลแผนผังการคำนวณแสงสว่างแบบจุดต่อจุด มีประโยชน์สำหรับงานที่ต้องการติดตั้งโคมเพียงบางจุดเท่านั้น ทำให้ทราบค่าความส่องสว่างเหนือโต๊ะทำงานได้ ส่วน

บริเวณข้างเคียงโต๊ะทำงานสามารถออกแบบให้เป็นแบบไฟส่องสว่างทั่วไป หรือทำเป็นไฟแสงสว่างตกแต่ง

ตารางที่ 2.7
ความส่องสว่างใต้โคมที่ความสูงต่าง ๆ กัน

ชนิด	วัตต์	โคมกว้าง (ซม.)	จำนวนเซลล์	Cd/Klm	ความสูงห้อง (เมตร) WP = 0.7			
					2.5	2.8	3.0	3.5
Type I	3 x 36	60	3 x 6	262	730/550	530/400	450/330	300/230
	3 x 18	60	3 x 3	243	270/220	200/150	200/150	110/80
Type II	3 x 36	60	3 x 13	315	880/660	640/480	540/400	360/270
	2 x 36	30	2 x 36	395	730/550	540/400	450/340	300/230
	3 x 18	60	3 x 7	271	300/230	220/170	180/140	120/100



ค่าในช่องซ้ายไม่คิด MF ค่าในช่องขวาคิด MF = 0.75

Type I: Recessed–Double Parabolic Satin Finish

Type II: Recessed-Profile Mirror Louver

ที่มา: ชำนาญ ห่อเกียรติ, 2540, น. 4-35

2.1.4 <u>การส่องสว่างภายในอาคาร</u>

1. ระบบการใช้แสงหลัก หมายถึง แสงสว่างพื้นฐานที่ต้องการใช้งานแบ่งออกเป็น

1) แสงสว่างทั่วไป คือ การให้แสงกระจายทั่วไปเท่ากันทั้งบริเวณพื้นที่ใช้งาน ซึ่งใช้กับความส่องสว่างที่ไม่มากจนเกินไป

2) แสงสว่างเฉพาะที่ คือ การให้แสงสว่างเป็นบางบริเวณเฉพาะพื้นที่ทำงานเท่านั้น เพื่อการประหยัดพลังงานไฟฟ้า โดยไม่ต้องให้สม่ำเสมอเหมือนกับแบบแรก

3) แสงสว่างเฉพาะที่และทั่วไป คือ การให้แสงสว่างทั้งแบบทั่วไปบริเวณ และเฉพาะที่ที่ใช้งาน ซึ่งมักใช้กับงานที่ต้องการความส่องสว่างสูง และไม่สามารถให้แสงสว่างทั่วไปได้เพราะเปลืองค่าไฟฟ้ามาก

2. การส่องสว่างในบ้านพักอาศัย อพาร์ตเมนต์ และโรงแรม ควรให้แสงแบบอบอุ่น ส่วนใหญ่จึงใช้แสงสีเหลืองจากหลอดอินแคนเดสเซ็นต์ การใช้หลอดคอมแพคท์แบบวอร์มไวท์ จะได้แสงสีเหลืองคล้ายกัน ทางเดินที่ต้องเปิดไฟทั้งคืน ควรใช้หลอดคอมแพคท์ฟลูออเรสเซ็นต์ เพราะมีอายุการใช้งานนานกว่าหลอดมีไส้ถึง 4-8 เท่า การส่องสว่างสำหรับพื้นที่ทั่วไปใช้ 100-120 ลักซ์ (ดังตารางที่ 2.8)

ตารางที่ 2.8
ความส่องสว่างในพื้นที่ใช้งานต่าง ๆ ในบ้านพักอาศัย

พื้นที่ต่าง ๆ	ความส่องสว่างที่พื้นที่ (ลักซ์)	ความส่องสว่างรอบข้าง (ลักซ์)
ทางเข้า	150/ 500	60/ 100
ห้องครัว	500/ 750	250/ 350
ห้องทานอาหาร	300	100
ห้องนั่งเล่น	60/ 300	60
ห้องทำงาน	300	150
ห้องน้ำ	500	200
ห้องรับแขก	250	100
ห้องเปลี่ยนเสื้อผ้า	500	200
ห้องนอนใหญ่	300/ 500	100/ 150
ห้องนอนเด็ก	300	150
ทางเดิน	150	50
บันได	200	60
ถนนทางเข้าบ้าน	300	100

ที่มา: ชำนาญ ห่อเกียรติ, 2540, น. 5-40

3. การส่องสว่างในสำนักงาน ต้องได้แสงสว่างที่สม่ำเสมอ ยกเว้นห้องต้อนรับแขก หรือบริเวณที่ไม่ได้ใช้งานไม่ต้องให้มีแสงสว่างสม่ำเสมอ การส่องสว่างทั่วไปใช้หลอดฟลูออเรสเซ็นต์ชนิดคูลไวท์และเดย์ไลท์

โคมไฟฟ้าฟลูออเรสเซ็นต์ที่ใช้กันมาก ได้แก่ โคมตัวสะท้อนแสงอะลูมิเนียม หรือโคมแบบมีแผ่นกรองแสงแบบขาวขุ่น และแบบเกล็ดแก้วในพื้นที่ที่ต้องการแสงบาดตาน้อย แต่โคมประเภทนี้เปลืองค่าไฟฟ้ามากกว่าโคมตัวสะท้อนแสงอะลูมิเนียม

การให้แสงสว่างกับห้องที่มีจอคอมพิวเตอร์ สิ่งที่ต้องระวังในเรื่องการให้แสงสว่างในห้องหรือบริเวณที่มีจอคอมพิวเตอร์ ก็คือ ต้องหลีกเลี่ยงไม่ให้เกิดแสงสะท้อนขึ้นในจอคอมพิวเตอร์ ซึ่งโดยทั่วไปก็คือ ถ้าติดตั้งหรือให้การส่องสว่างที่ไม่ถูกต้องบางครั้งก็มีแสงสะท้อนให้เห็นรูปโคมในจอคอมพิวเตอร์ ทำให้อ่านข้อความในจอได้ลำบาก วิธีการแก้ไขไม่ให้เกิดแสงดังกล่าวสามารถทำได้หลายอย่าง ดังนี้

1) พื้นผิวไม่ว่าพื้น ผนัง หรือ เพดาน ควรมีสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงระหว่าง 20-50%

2) มุมแสงบาดตาของโคมที่มากกว่า 60 องศาขึ้นไปต้องมีลูมิแนนซ์ไม่มากกว่า 200 แคนเดลาต่อ ตร.ม.

3) ในห้องที่มีเครื่องคอมพิวเตอร์ควรให้แสงสว่างทั้งแบบโดยตรงและโดยอ้อม

4) โคมไฟแสงสว่างไม่ควรวางเหนือเครื่องคอมพิวเตอร์

5) ไม่ควรวางเครื่องคอมพิวเตอร์ใกล้หน้าต่าง

6) การติดตั้งเครื่องคอมพิวเตอร์ควรให้ทิศทางการมองเครื่องขนานกับพื้น

โคมที่ใช้สำหรับการส่องสว่างในห้องที่มีจอคอมพิวเตอร์ควรเป็นโคมที่มีแสงบาดตาน้อย เช่น โคมประเภทที่มีตัวกรองแสงแบบตารางสีขาวขนาดช่องละ 1-2 ซม. หรืออาจใช้โคมประเภทให้แสงขึ้นด้านบนเพดาน หรือที่เรียกว่า Up-light เพราะโคมแบบนี้ให้แสงนวลทั้งห้องและไม่มีแสงบาดตาหรือเป็นรูปโคมในจอคอม

4. การส่องสว่างในโรงงานอุตสาหกรรมต่างจากการส่องสว่างในสำนักงาน คือ เพดานอาจมีความสูงมากกว่าในสำนักงาน เมื่อมีความสูงมากการติดตั้งโคมไฟสามารถติดตั้งห่างกันได้มาก ระหว่างโคม โดยได้ความส่องสว่างที่สม่ำเสมอ เมื่อสามารถติดตั้งห่างกันได้ ต้องใช้โคมที่มีหลอดที่มีวัตต์สูง ถ้าโรงงานมีความสูงไม่เกิน 5-7 เมตร ใช้โคมไฟฟลูออเรสเซ็นต์ หรืออาจใช้โคมไฟหลอดดิสชาร์จได้ ถ้าความสูงอยู่ในช่วง 4-7 เมตร แต่ถ้าเป็นโรงงานที่มีความสูงมากกว่า 7 เมตรขึ้นไป จึงควรเลือกใช้โคมไฟแบบไฮเบย์ ซึ่งใช้จำนวนโคมน้อยกว่าโคมแบบอื่น โคมฟลูออเรสเซ็นต์

ที่นิยมสำหรับเพดานที่ไม่สูงเกิน 4 เมตร โคมควรเป็นชนิดที่ดูแลรักษาง่าย โคมไฟฟ้าที่เหมาะกับโรงงาน ได้แก่ หลอดเมทัลฮาไลท์ หลอดปรอทความดันสูง และ หลอดโซเดียมความดันสูง

5. การส่องสว่างในโรงเรียน โคมไฟที่ใช้ทั่วไปเป็นโคมฟลูออเรสเซ็นต์แบบมีครีบ และใช้แขวนจากเพดาน โคมไฟฟลูออเรสเซ็นต์ควรติดตั้งแนวยาวของดวงโคมตามทิศทางของการมอง เพื่อไม่ให้เกิดเงาระหว่างโคมที่โต๊ะเรียน

1) ห้องบรรยาย ควรมีการส่องสว่างประมาณ 500 ลักซ์ และการส่องสว่างที่หน้ากระดาน 700 ลักซ์

2) ห้องประชุมใหญ่ การส่องสว่างทั่วไปในห้องประชุมประมาณ 200 ลักซ์ และการส่องสว่างที่หน้าเวทีใช้ 1,000–2,000 ลักซ์

3) ห้องสมุด ต้องการแสงสว่างในการมอง อ่าน และเขียน 3 ที่ คือ หิ้งหนังสือ โต๊ะอ่านหนังสือ และบริเวณตู้ค้นดัชนีหนังสือ การส่องสว่างภายในห้องสมุดมีค่าความส่องสว่างประมาณ 300 ลักซ์

4) อาคารอเนกประสงค์ โดยทั่วไปจะมีเพดานสูงจึงควรใช้โคมที่ใส่หลอดดิสชาร์จประเภทปรอทความดันสูง หรือ เมทัลฮาไลท์ เพื่อแสงสว่างทั่วไป และควรมีโคมหลอดฮาโลเจน เพื่อสามารถหรี่แสงได้ตามต้องการ เมื่อต้องการใช้งานบางอย่าง เช่น การฉายวิดีโอ สไลด์ เป็นต้น

6. การส่องสว่างในโรงพยาบาล หลอดไฟที่เหมาะสำหรับการตรวจรักษาโรคทั่วไป คือ หลอดคูลไวท์ ยกเว้นโรคดีซ่าน ที่ต้องใช้หลอดเดย์ไลท์จะเหมาะกว่า ดวงโคมที่เหมาะสำหรับงานในโรงพยาบาลในบริเวณที่มีคนไข้ คือ โคมที่มีแผ่นกรองแสงขาวขุ่นหรือเกล็ดแก้ว

1) ห้องตรวจคนไข้ การส่องสว่างที่เหมาะสมสำหรับห้องตรวจคนไข้ทั่วไป คือ อย่างน้อย 200 ลักซ์ หากการตรวจรักษาต้องใช้สายตามาก ต้องมีการส่องสว่างมากกว่านี้ และอาจมีค่าถึง 2,000 ลักซ์

2) แสงสว่างจากโคมไฟผ่าตัด ซึ่งเป็นโคมไฟสำเร็จรูป อาจมีกำลังแรงถึง 10,000-20,000 ลักซ์ ดังนั้น แสงรอบข้างอื่น ต้องมีการส่องสว่างมากตามด้วย เพื่อไม่ให้เกิดหน้ามืด เนื่องจากการส่องสว่างที่ต่างกันมาก

3) โคมไฟเพื่อการส่องสว่างทั่วไปภายในห้อง ซึ่งควรให้ความสว่างมากพอให้เกิดความส่องสว่างไม่แตกต่างกันมากจากการส่องสว่างที่เกิดจากโคมไฟผ่าตัด การส่องสว่างทั่วไปภายในห้องอาจใช้ประมาณ 1,000 ลักซ์ และเพื่อการทำงานที่สะดวกด้วย เช่น หยิบเครื่องมือผ่าตัด หรืออุปกรณ์อื่น ๆ ที่จำเป็นในช่วงที่มีการผ่าตัด เป็นต้น

4) ห้องจ่ายยาควรมีการส่องสว่างที่มากเพียงพอ เพื่ออ่านชื่อยาได้อย่างชัดเจนที่ความส่องสว่างประมาณ 300 ลักซ์

7. การส่องสว่างในพิพิธภัณฑ์ เป็นการส่องสว่างที่ต้องระวังเรื่องการทำความเสียหายกับสิ่งที่นำมาแสดง เนื่องจากแสงอัลตราไวโอเลตและแสงอินฟราเรตที่มาจากหลอดไฟ เพื่อชะลอให้เกิดความเสียหายน้อยลงจึงควรให้แสงสว่างทั่วไปไม่เกิน 50 ลักซ์ การส่องสว่างภายในพิพิธภัณฑ์จึงไม่ควรมีค่ามาก เนื่องจาก แสงอินฟราเรตและอัลตราไวโอเลตจะทำให้วัตถุเสียหายเร็วขึ้น (ดังตารางที่ 2.9)

ตารางที่ 2.9

ความส่องสว่างที่เหมาะสมสำหรับวัตถุชนิดต่าง ๆ

ชนิดวัสดุ	ความส่องสว่าง (ลักซ์)
โลหะ หิน เซรามิค เพชรพลอย	ไม่จำกัด
ภาพสีน้ำมัน เขา กระดูก ไม้	150
ผ้า เสื้อ ภาพสีน้ำมัน แสตมป์ กระดาษ ภาพพิมพ์ ภาพเขียน	50

ที่มา: ชำนาญ ห่อเกียรติ, 2540, น. 5-61

8. การส่องสว่างในร้านค้าและศูนย์การค้า แบ่งเป็น 2 อย่าง คือ การให้แสงสว่างทั่วไป ใช้โคมอินแคนเดสเซ็นต์ หรือ โคมฟลูออเรสเซ็นต์ และการให้แสงสว่างแบบเน้น มักใช้โคมอินแคนเดสเซ็นต์หรือโคมไฟแรงดันต่ำ

1) ห้างสรรพสินค้าต้องการการส่องสว่างค่อนข้างสูง โดยทั่วไปจะใช้หลอด-ฟลูออเรสเซ็นต์ และบริเวณที่ต้องการเน้นใช้ไฟสปอตติดรางบริเวณที่ขายสินค้าที่มีราคาแพง ส่วนใหญ่ใช้หลอดอินแคนเดสเซ็นต์เป็นแสงสว่างทั่วไป

2) สินค้าประเภทเพชรพลอย ควรใช้ไฟจากหลอดอินแคนเดสเซ็นต์ ส่วนประเภทเสื้อผ้าควรใช้หลอดที่มี CRI สูง เพื่อให้เสื้อผ้ามีความสวยงาม ได้แก่ หลอดฟลูออเรสเซ็นต์

3) หลอดปรอทความดันสูง และหลอดเมทัลฮาไลท์ ใช้กันมากในซุปเปอร์มาร์เก็ตและห้างสรรพสินค้า เพราะให้ขนาดวัตต์สูง ทำให้ไม่ต้องใช้จำนวนโคมมากเหมือนหลอด-ฟลูออเรสเซ็นต์

4) ร้านค้าใช้ค่าส่องสว่างประมาณ 700–1,500 ลักซ์

5) หลอดไฟฟ้า ต้องพิจารณาเรื่องแสงสี และอายุการใช้งานด้วย หลอดฮาโลเจนแรงดันต่ำเหมาะที่จะใช้สำหรับการส่องสว่างสินค้าให้เด่นในจุดที่ต้องการเน้น

ตารางที่ 2.10

ค่าความส่องสว่างทั่วไปในห้างสรรพสินค้า

รายละเอียด	ความส่องสว่าง (ลักซ์) ร้านค้าในห้างสรรพสินค้า	ความส่องสว่าง (ลักซ์) ร้านค้าในที่อื่น ๆ
แสงสว่างทั่วไปในร้านค้า	500–1,000	300–500
ส่องเน้นในร้านค้า	1,500–3,000	750–1,500
แสงสว่างทั่วไปในตู้กระจก	1,000-2,000	500–1,000
ส่องเน้นในตู้กระจก	5,000-10,000	3,000–5,000

ที่มา: ชำนาญ ห่อเกียรติ, 2540, น. 5-66

ตารางที่ 2.11

ความส่องสว่างสำหรับห้างสรรพสินค้าสัมพันธ์กับคุณภาพแสง

รายละเอียด	ลักซ์	องศาเคลวิน
อาหารกระป๋อง	500	3,000/ 5,000
เนื้อ	300	3,000
ปลา	500	4,000
ผลไม้	500	3,000
ขนม	500	3,000/ 3,300
ดอกไม้	750	4,000
เครื่องเขียน	500	3,000
เฟอร์นิเจอร์	500	3,000
เครื่องครัว	500	3,000/ 5,000
เครื่องกีฬา	600	3,000/ 4,000

ตารางที่ 2.11

ความส่องสว่างสำหรับห้างสรรพสินค้าสัมพันธ์กับคุณภาพแสง

รายละเอียด	ลักซ์	องศาเคลวิน
ยา	300/ 500	3,000/ 4,000
เครื่องสำอาง	500	3,000
พรม	700	3,000
เครื่องหนัง	500	3,000
ผ้า	500	3,300
รถยนต์	1,000	4,000
เครื่องตกแต่งบ้าน	200	2,600
พื้นที่ทางเดิน	50	2,600/ 4,000
ที่จอดรถ	50	2,600
สวน	50/ 150	4,000
บริเวณขนถ่ายสินค้า	150	2,600/ 4,000

ที่มา: ชำนาญ ห่อเกียรติ, 2540, น. 5-65

2.2 ศึกษาและวิเคราะห์หลักการและทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับแสงธรรมชาติ

ประเทศไทยเป็นประเทศเขตร้อนชื้นอุณหภูมิเฉลี่ยทั้งปีมีค่า 28-29°C กลางวันมีค่าประมาณ 30-31°C สภาพท้องฟ้ามีเมฆมาก มีแดดจัดเกือบทั้งปีระดับความสว่างมีค่า 10,000 ลักซ์ขึ้นไป (99% ของกลางวัน)

ความชัดเจนของการมองเห็น เกิดจากปริมาณแสงที่ตกกระทบบนวัตถุในระดับที่แตกต่างกัน ทำให้เกิดความเปรียบต่าง (contrast) และเกิดจากคุณสมบัติของวัตถุมีผลทำให้เกิดความสว่างบนผิว (brightness) ในระดับที่ต่างกัน ซึ่งสีต่าง ๆ ของวัตถุ เป็นผลมาจากช่วงคลื่นของแสงที่ส่องจากแหล่งกำเนิดกระทบวัตถุเกิดการหักเห ดูดกลืน หรือสะท้อนคลื่นสีต่าง ๆ ออกมา แสงสว่างธรรมชาติให้ช่วงคลื่นกว้างที่สุด (มีทุกคลื่นสี) วัตถุต่าง ๆ ภายใต้แสงธรรมชาติให้สีที่ถูกต้องใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุด สภาพท้องฟ้า (sky condition) ค่าความสว่างและความ

จ้าของท้องฟ้า แสงธรรมชาติแปรเปลี่ยนตลอดเวลา เนื่องจากการเปลี่ยนตำแหน่งดวงอาทิตย์ ปริมาณเมฆ และอนุภาคในอากาศ เช่น ฝุ่น ควัน หรือ ไอน้ำ

2.2.1 <u>สภาพของท้องฟ้าแยกพิจารณาออกเป็น 3 ลักษณะ คือ</u>

1. สภาพท้องฟ้าที่ปกคลุมด้วยเมฆจนไม่สามารถมองเห็นแหล่งกำเนิดแสง หรือดวงอาทิตย์ได้ (Overcast Sky หรือเรียกว่า CIE Sky) มีความสว่างในปริมาณที่แตกต่างกัน (Non Uniform Brightness) ความสว่างระดับสูงสุดที่ส่องกระทบพื้นผิวในระนาบมีความสว่างมากกว่าในแนวระนาบ ที่ส่องกระทบพื้นผิวในแนวตั้ง (ประมาณ 3 เท่า) อีกกรณีคือมีความสว่างในปริมาณที่สม่ำเสมอกัน (Uniform Brightness) ความสว่างในระดับสูงสุดที่ส่องกระทบพื้นผิวในแนวระนาบ มีความสว่างเท่ากับในแนวระนาบ ที่ส่องกระทบพื้นผิวในแนวตั้ง

2. สภาพท้องฟ้าโปร่งไม่มีเมฆปกคลุม (Clear Sky) ความสว่างลักษณะนี้เกิดจาก 2 องค์ประกอบ คือ แสงกระจายจากท้องฟ้า (Diffuse Illumination) และแสงจากดวงอาทิตย์ (Direct Sun) ซึ่งขึ้นกับ ตำแหน่งของดวงอาทิตย์ (Solar altitude) เป็นหลัก

ความส่องสว่างของพื้นผิวแนวระนาบจากแสงกระจายของท้องฟ้า หากพิจารณาเพียงครึ่งส่วนท้องฟ้า (half sky) จะมีค่าความส่องสว่างอยู่ระหว่าง 300-2,000 ฟุตแคนเดิล และมีค่าเฉลี่ย 1,000 ฟุตแคนเดิล

ความส่องสว่างของพื้นผิวในแนวตั้ง ขึ้นอยู่กับมุม azimuth และ altitude หรือมุม bearing ของดวงอาทิตย์ เนื่องจากปริมาณความสว่างที่ไม่สม่ำเสมอของท้องฟ้าลักษณะนี้มีความสว่างสูงในทิศทางที่อยู่ใกล้ดวงอาทิตย์ และลดต่ำลงเมื่ออยู่ห่าง หรือด้านตรงข้ามดวงอาทิตย์

3. สภาพท้องฟ้ามีเมฆปกคลุมบางส่วน (Partly Cloudy Sky) การหาค่าความสว่างของท้องฟ้าลักษณะนี้ทำได้ยากเนื่องจากการแปรเปลี่ยนของเมฆตลอดเวลา หากเมฆที่ปกคลุมมีลักษณะเบาบาง ไม่หนาทึบ ค่าความส่องสว่างจากท้องฟ้ามีค่ามากกว่าที่ได้จากท้องฟ้าแบบโปร่ง 10-15% เนื่องจากการสะท้อนแสงของเมฆ หากเมฆที่ปกคลุมท้องฟ้าเป็นกลุ่มหนาทึบ หรือมีสีดำ เช่นเมฆฝน อาจทำให้แสงกระจายที่สะท้อนจากท้องฟ้า และปริมาณแสงตรงจากดวงอาทิตย์ถูกกั้น นั้นคือแสงจะถูกดูดกลืนมากกว่าสะท้อน ทำให้ค่าความสว่างจากท้องฟ้าลดลง

2.2.2 <u>การแผ่รังสีของดวงอาทิตย์</u>

เป็นการถ่ายเทพลังงานผ่านบรรยากาศในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Wave) แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. การแผ่รังสีดวงอาทิตย์นอกบรรยากาศโลก (Solar Radiation) เกิดจากพื้นผิวที่มีอุณหภูมิสูงของดวงอาทิตย์แผ่รังสีในรูปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแลกเปลี่ยนกับผิวโลกที่มีระยะห่างจากกัน 93 ล้านไมล์

เป็นการแผ่รังสีคลื่นสั้น (Short - Wave Radiation) ในช่วงคลื่นรังสีอัลตราไวโอเลต (Ultraviolet region) ซึ่งเป็นช่วงความยาวคลื่น 0.29–0.40 นาโนเมตร ช่วงที่ตามองเห็น (Visible region) ซึ่งเป็นช่วงความยาวคลื่น 0.40-0.70 นาโนเมตร และช่วงใกล้อินฟราเรด (The near infrared region) ซึ่งเป็นช่วงความยาวคลื่น 0.70–3.50 นาโนเมตร โดยมีสัดส่วนปริมาณพลังงานเท่ากับ 7%, 39% และ 52% ตามลำดับ

ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่แผ่นอกบรรยากาศโลกมีค่าแตกต่างเนื่องจากแกนโลกที่เอียง และวงโคจรของโลกมีลักษณะเป็นวงรีรอบดวงอาทิตย์ ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 1,370 วัตต์/ ตร.ม. มีค่าสูงสุด 1,418 วัตต์/ ตร.ม. เมื่อโลกอยู่ใกล้ดวงอาทิตย์ที่สุดประมาณวันที่ 3 มกราคม และมีค่าต่ำสุด 1,325 วัตต์/ ตร.ม. เมื่อโลกอยู่ห่างจากดวงอาทิตย์ที่สุดประมาณวันที่ 4 กรกฎาคม (ASHRAE, 1993)

2. การแผ่รังสีดวงอาทิตย์จากพื้นผิวโลก (Terrestrial Radiation) เกิดจากการแลกเปลี่ยนระหว่างบรรยากาศที่ห่อหุ้มโลกและวัตถุบนพื้นผิวโลก เป็นการแผ่รังสีคลื่นยาว (long - wave radiation) ในช่วงคลื่นเหนืออินฟราเรด (the far infra - red region) ในการพิจารณาการแผ่รังสีสามารถพิจารณาออกได้เป็น

1) รังสีตรงของดวงอาทิตย์ (I_D : Direct Solar Radiation) เป็นพลังงานที่ได้รับโดยตรงจากดวงอาทิตย์ซึ่งมีทิศทางของพลังงานจากดวงอาทิตย์มาถึงหน่วยรับบนพื้นโลกไม่เปลี่ยนแปลง

2) รังสีกระจายของดวงอาทิตย์ (I_d: Diffuse Solar Radiation) เป็นพลังงานที่ไม่ได้รับโดยตรงจากดวงอาทิตย์ แต่รับจากตัวกลางที่ขวางกั้นรังสีดวงอาทิตย์ไว้ หรือเป็นพลังงานที่ได้รับจากท้องฟ้าทั้งหมด

3) รังสีสะท้อนของดวงอาทิตย์ (I_r : Reflected Solar Radiation) เป็นพลังงานที่ได้รับจากพื้นผิวที่รังสีดวงอาทิตย์ตกกระทบแล้วสะท้อนกลับ

4) รังสีรวมของดวงอาทิตย์ (I_T: Total or Global Solar Radiation) คือพลังงานรังสีของดวงอาทิตย์ทั้งหมด ประกอบด้วย รังสีตรง รังสีกระจาย ที่ได้รับในแนวระนาบ โดยทั่วไปจะวัดพลังงานรังสีรวมของดวงอาทิตย์บนระนาบระดับ ต่อหน่วยเวลา ต่อหน่วยพื้นที่สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$I_T = I_D + I_d + I_r$$

จากการศึกษาประสิทธิภาพความส่องสว่างต่อพลังงานที่ตกกระทบของรังสีดวงอาทิตย์ในแนวระนาบพบว่า รังสีกระจายของดวงอาทิตย์มีค่า 14 ลูเมนต่อวัตต์ รังสีตรงของดวงอาทิตย์มีค่า 105 ลูเมนต่อวัตต์ รังสีรวมของดวงอาทิตย์ (รังสีตรงและรังสีกระจาย) มีค่า 119 ลูเมนต่อวัตต์

ความสัมพันธ์ระหว่างแสงธรรมชาติกับปริมาณการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ (The Relationship between Daylight and Solar Radiation)

ความสัมพันธ์ของปริมาณการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ทั้งหมดบนระนาบ (BTU/ Hr.sq FT.) กับปริมาณความสว่างจากแสงสว่างของดวงอาทิตย์ (footcandle)

$$E = 104.8 + 31)007 * I$$

โดยที่ E คือปริมาณความสว่างจากแสงสว่างของดวงอาทิตย์ หน่วยเป็น Footcandle

I คือปริมาณการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ทั้งหมดบนระนาบ หน่วยเป็น BTU/ Hr.sq FT.

2.2.3 <u>ทฤษฎีการให้ความสว่างแก่อาคารโดยอาศัยแสงธรรมชาติแบ่งได้เป็น 2 แนวทาง คือ</u>

พิจารณาจากค่าความส่องสว่างรวม (Absolute Illuminance) เป็นการพิจารณาระดับความส่องสว่างในอาคารที่ตำแหน่งต่าง ๆ ในความสูงที่กำหนดจากระดับพื้นห้อง โดยวัดค่าความส่องสว่างเป็นปริมาณแสงต่อหน่วยพื้นที่ มีหน่วยเป็น ฟุตแคนเดิล หรือลักซ์ ซึ่งค่าความสว่างขึ้นอยู่กับเวลา ทิศทางการเปิดของช่องแสง สภาพของท้องฟ้า

พิจารณาโดยอาศัยอัตราส่วนของระดับความส่องสว่างภายในต่อภายนอกอาคาร (Reletive Illuminance) ภายใต้สภาพท้องฟ้าแบบ Overcast Sky ค่าที่ได้เป็นเปอร์เซนต์ ซึ่งมีค่าคงที่ไม่แปรเปลี่ยนตามช่วงเวลาหรือทิศทางการเปิดช่องแสง หากแยกการพิจารณาออกเป็นวิธีการวิเคราะห์ การให้แสงสว่างภายในอาคารอันเกิดจากแสงธรรมชาติโดยทั่วไปแยกได้เป็น 2 วิธี

1. Lumen Method เป็นการพิจารณาค่าความส่องสว่างรวมที่ตกกระทบ ณ จุดใดจุดหนึ่งในระดับที่กำหนดภายในอาคาร เนื่องจากปริมาณแสงจากภายนอกที่ส่องผ่านช่องเปิดหรือช่องแสงเข้ามาในขณะนั้น แตกต่างจากวิธี Daylight Factor method ที่เหมาะสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณแสงธรรมชาติเข้าอาคารในพื้นที่ขนาดใหญ่ เช่น โรงงาน ซึ่งปริมาณแสงสะท้อนจากภายนอกและพื้นผิวในอาคารมีผลต่อปริมาณแสงในอาคารน้อยมาก หมายถึงระดับแสงภายในขึ้นกับสภาพของท้องฟ้าเป็นหลัก แต่ก็ไม่ได้หมายความว่าห้องที่พื้นที่ขนาดเล็กจะใช้วิธี Daylight Factor ไม่ได้ หากห้องที่พิจารณามีพื้นที่ขนาดเล็ก ปริมาณแสงที่สะท้อนจากภายนอกอาคาร เช่น พื้นดิน และแสงสะท้อนจากพื้นผิวภายใน เช่น ผนัง ฝ้าเพดาน จะมีผลต่อปริมาณแสงธรรมชาติที่เข้าสู่ภายในห้อง จึงต้องพิจารณาโดยวิธี Lumen method ซึ่งรวมปัจจัยที่มีผลกระทบต่อปริมาณ-แสงธรรมชาติเข้าไว้ด้วย

การพิจารณาแบบ Lumen method ไม่จำเป็นต้องทราบค่าความส่องสว่างทุกที่ทุกตำแหน่งภายในอาคาร โดยทั่วไปสามารถพิจารณาเพียง 3 จุด (Station Point หรือ SP) ซึ่งอยู่กึ่งกลางห้องในแนวตั้งฉากกับช่องเปิด และกำหนดเป็น SP max, SP mid และ SP min

โดยที่ SP max คือตำแหน่งที่อยู่ห่างจากช่องเปิดเป็นระยะ 5 ฟุตที่ระดับความสูง 0.7 เมตร (ระดับ Working plane)

SP mid คือตำแหน่งที่จุดศูนย์กลางของห้อง ที่ระดับความสูง 0.75 เมตร

SP min คือตำแหน่งที่อยู่ห่างจากผนังด้านตรงข้ามช่องเปิดเป็นระยะ 5 ฟุตที่ระดับความสูง 0.75 เมตร

ซึ่งค่าความส่องสว่างที่ได้กำหนดให้เป็น E max, E mid และ E min โดยที่ E max คือค่าความส่องสว่างรวม (absolute illuminance) ที่วัดค่าได้ที่ SP max

E mid คือค่าความส่องสว่างรวม (absolute illuminance) ที่วัดค่าได้ที่ SP mid

E min คือค่าความส่องสว่างรวม (absolute illuminance) ที่วัดค่าได้ที่ SP min

และมีการพิจารณาปัจจัยหลัก 4 ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณและคุณภาพการส่องสว่าง ดังนี้

1) ปริมาณแสงที่ตกกระทบถึงช่องเปิดเหนือระนาบที่พิจารณา โดยพิจารณาตัวแปรของแหล่งกำเนิดแสงธรรมชาติ คือดวงอาทิตย์ และท้องฟ้าที่มีผลกระทบต่อปริมาณแสง ได้แก่

(1) ค่าความสว่าง และสภาพของท้องฟ้า

(2) มุมของดวงอาทิตย์ที่กระทำต่อช่องเปิด

(3) ปริมาณความเข้มของแสงแดด (intensity of sunlight) โดยไม่รวมแสงแดดที่ส่องเข้าสู่ภายใน

2) ปริมาณแสงที่ตกกระทบถึงช่องเปิดต่ำกว่าระนาบที่พิจารณา โดยพิจารณาตัวแปรที่มีผลกระทบดังนี้

(1) ค่าความสว่างที่ตกกระทบพื้นดินภายใต้สภาพท้องฟ้าแบบ clear หรือ overcast sky

(2) ค่าการสะท้อนแสงของดิน

3) ปริมาณแสงที่ผ่านช่องเปิดเข้าสู่ภายในอาคาร โดยพิจารณาตัวแปรที่มีผลกระทบดังนี้

(1) พื้นที่กระจกของช่องเปิดที่แสงสามารถผ่านได้

(2) ค่าการส่งผ่านแสงของวัตถุที่เป็นช่องแสง

(3) อัตราส่วนระหว่างพื้นที่ช่องแสงที่แสงสามารถส่องผ่านได้ต่อพื้นที่ช่องเปิดทั้งหมด

(4) ความสกปรกของช่องแสงซึ่งมีผลต่อการส่องผ่านแสงอันเนื่องมาจากการสะสมของฝุ่น

4) ปริมาณแสงที่สามารถนำมาใช้งาน และการกระจายของแสงในระดับ Working Plane โดยพิจารณาดังนี้

(1) การกระจายตัวของแสงจากการสะท้อนของพื้นผิวของวัสดุภายในห้อง

(2) อัตราส่วนความกว้าง ต่อความสูงของช่องเปิด

(3) อัตราส่วนความกว้าง ต่อความยาว ต่อความสูงของห้อง

การพิจารณาโดยวิธี Lumen method ถือว่าระดับของช่องเปิดที่อยู่ในระดับเท่ากันหรือสูงกว่าระดับ Working Plane เท่านั้น ส่วนช่องเปิดระดับต่ำกว่ามีผลน้อยมาก และความกว้างของช่องแสงถือว่าเท่ากับความกว้างของห้องด้านที่มีช่องแสงนั้น ในการคำนวณแสงธรรมชาติโดยวิธี Lumen method มีสมการมาตรฐานในการคำนวณดังนี้

$$E_{sp} = E_{ev} * A_g * T * CU$$

Esp คือ ค่าระดับความส่องสว่างภายในที่จุดใด ๆ ที่พิจารณา

Eev คือ ค่าระดับความส่องสว่างภายนอกจากท้องฟ้าหรือพื้นดินที่ตกกระทบพื้นผิวแนวตั้ง

Ag คือ พื้นที่ส่วนของช่องเปิดที่แสงสามารถส่องผ่านเข้ามาได้

Tg คือ ค่าการส่องผ่านของวัสดุของช่องเปิด

CU คือ Coefficient of Utilization หรือ ค่าความสามารถในการนำแสงมาใช้

อย่างไรก็ตามในการพิจารณาค่า CU สามารถอธิบายด้วยความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแสงที่ตกกระทบ ณ จุดใด ๆ ในห้อง ต่อปริมาณแสงที่ตกกระทบช่องเปิด ซึ่งประกอบด้วยแสงจากท้องฟ้าและแสงจากการสะท้อนของพื้นดิน (จะไม่กล่าวในรายละเอียดเนื่องจากมีสมการที่ซับซ้อนภายใต้สภาพท้องฟ้าแต่ละท้องฟ้า)

2. Daylight Factor Method เป็นการพิจารณาปริมาณความสว่างในอาคารที่ได้จากแสงธรรมชาติที่เหมาะสำหรับพื้นที่ขนาดใหญ่ ระดับแสงภายในขึ้นกับสภาพท้องฟ้าเป็นหลัก ซึ่งสัมพันธ์กับตำแหน่งของดวงอาทิตย์ ที่แปรตามวันและเวลาที่ต่างกัน องค์ประกอบที่สำคัญที่มีผลต่อแสงธรรมชาติโดยทั่วไปพิจารณาจาก 3 องค์ประกอบคือ

1) องค์ประกอบจากท้องฟ้า (Sky Component: SC) โดยสภาพท้องฟ้าที่มีหลายสภาพ เช่นท้องฟ้าโปร่ง ไม่มีเมฆ (clear sky) หรือที่ปกคลุมด้วยเมฆจนบางครั้งไม่สามารถมองเห็นดวงอาทิตย์ได้ (Completely overcast sky) ซึ่งมีผลต่อปริมาณความสว่างที่เกิดขึ้น

2) องค์ประกอบภายนอก (Externally Reflected Component: ERC) เป็นการพิจารณาแสงที่เกิดจากการสะท้อนของวัตถุหรืออาคาร ที่อยู่ภายนอกหรือข้างเคียง แสงส่องผ่านเข้ามาสู่ตัวอาคารเสมือนเป็นแหล่งกำเนิดแสงอีกตัวหนึ่ง ซึ่งปริมาณแสงขึ้นอยู่กับทิศทางที่แสงสะท้อน และคุณสมบัติของพื้นผิวที่สะท้อนนั้น ๆ

3) องค์ประกอบภายใน (Internally Reflected Component: IRC) เป็นการพิจารณาแสงที่เกิดจากการสะท้อนของวัตถุหรืออาคาร ที่ตั้งอยู่ภายในอาคารโดยได้รับแสงจาก SC และ ERC และปริมาณแสงขึ้นอยู่กับทิศทางที่แสงสะท้อน หรือคุณสมบัติของพื้นผิวที่สะท้อนนั้น ๆ เช่นเดียวกับ ERC

ค่า Daylight Factor (DF) คือค่าสัดส่วนของปริมาณแสงที่ตกลงบนพื้นที่ภายในอาคารแต่ละจุดใด ๆ ต่อปริมาณแสงที่ตกลงบนพื้นที่แนวระนาบภายนอกอาคาร ภายใต้สภาพ clear sky ที่ไม่มีสิ่งกีดขวาง ไม่รวมแสงตรงจากดวงอาทิตย์ (excluded direct sun) ค่าที่ได้เป็นค่าเปอร์เซนต์

$$DF = \frac{\text{ความสว่างภายใน}}{\text{ความสว่างภายนอกไม่รวมแสงแดดตรง}} * 100\%$$

เช่น หากค่า DF มีค่าเท่ากับ 10% = พื้นที่ภายในนั้น ได้รับปริมาณแสงเท่ากับ 10% ของปริมาณแสงภายนอก ภายใต้สภาพท้องฟ้าที่โปร่ง ไม่มีสิ่งกีดขวางใด ๆ

ถึงแม้ว่าค่า DF นั้นไม่สามารถเป็นตัวบ่งชี้ถึงปริมาณของแสงที่แน่นอน แต่เป็น ตัวชี้ได้ว่า ค่าที่เหมาะสมสำหรับพื้นที่ หรือการทำกิจกรรมใด ๆ มีความเหมาะสมเพียงพอหรือไม่ มีการกำหนดช่วงของค่า DF สำหรับพื้นที่ใช้งานต่าง ๆ เช่น

ตารางที่ 2.12

ค่าประมาณ Daylight Factor สำหรับพื้นที่ใช้งานต่าง ๆ

การใช้งาน	ค่า DF%
การอ่านหนังสือ การทำงานปกติในช่วงเวลาขณะหนึ่ง	1.5–2.5
การอ่านหนังสือ หรือการที่ต้องใช้สายตาในที่ ๆ หนึ่งในช่วงเวลานานพอสมควร หรือการทำงานที่อาจจะต้องมีอุปกรณ์บางอย่างเข้าช่วย ซึ่งไม่มีอันตรายมาก	2.5–4.0
สำหรับการทำงานที่ต้องการความละเอียดสูง หรือการใช้เครื่องจักร อุปกรณ์ที่อาจต้องระมัดระวังเรื่องการเกิดอันตราย	4.0–8.0

ที่มา: Millet & Bedrick, 1980.

2.2.4 <u>การใช้แสงธรรมชาติ</u>

แสงสว่างจากธรรมชาติช่วยประหยัดเงินค่าไฟ เพียงแค่เปิดช่องรับแสงให้เพียงพอและเหมาะสมกับการใช้งาน แต่การเปิดรับแสงแดดตรง ๆ อาจทำให้สิ่งปลูกสร้างร้อน ควรระมัดระวังสักหน่อย ถ้าจะให้ดีควรเปิดช่องรับแสงจากทางทิศเหนือหรือเป็นแสงที่ผ่านการป้องกันความร้อนแล้ว ซึ่งจะมีความร้อนน้อยกว่าแสงประดิษฐ์ ช่วยลดภาระการทำความเย็นของพัดลมและเครื่องปรับอากาศได้อีกด้วยทั้งนี้ แสงธรรมชาติจะไม่คงที่ตลอดวัน ทั้งความสว่างและความร้อน การใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติในส่วนของตัวอาคารบ้านเรือนทำได้โดยกำหนดสัดส่วนของหน้าต่างและช่องแสงให้พอเหมาะต่อการมองเห็น โดยไม่ก่อให้เกิดความร้อนในอาคาร

ข้อแนะนำการใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติ

1. จัดและประมาณช่วงเวลาของกิจกรรมต่าง ๆ ให้อยู่ในระยะเวลาที่ได้ใช้แสงธรรมชาติมากที่สุด

2. ทำความสะอาดหน้าต่างและช่องแสงบนหลังคาเพื่อให้แสงสว่างเข้าได้เต็มที่

3. ตั้งโต๊ะทำงานที่ต้องใช้สายตามากหรือต้องการแสงสว่างมากที่สุดไว้ใกล้กับหน้าต่าง โดยอาจจัดโต๊ะให้ขนานไปกับหน้าต่าง

4. ดับไฟฟ้าในบริเวณที่ได้รับแสงสว่างธรรมชาติ

5. ถ้าสีเดิมภายในห้องเป็นสีเข้ม ให้ทาสีใหม่เป็นสีอ่อนเพื่อเพิ่มความสว่างภายในห้อง

6. ปรับปรุงอาคารใหม่ เช่น บ้านที่มีมุมมืดตามห้องบันไดหรือส่วนอื่น ๆ ก็ให้เพิ่มช่องแสงบนหลังคาเพื่อให้ได้ใช้แสงธรรมชาติ ช่องแสงที่มีอยู่เดิมถ้ามีความร้อนเข้ามามากเพราะถูกแสงแดดโดยตรง ก็หาวิธีแก้ไขเมื่อแสงจ้า เช่น ทำแผงกันแดด ติดฟิล์มกันความร้อน ติดบานเกล็ดปรับมุมได้ เป็นต้น

การใช้แสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์

1. เพื่อลดการใช้แสงไฟฟ้า พยายามใช้แสงธรรมชาติให้มากที่สุด ให้กระจายอย่างทั่วถึง หลีกเลี่ยงรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ โดยใช้แสงไฟฟ้าเสริมในพื้นที่บางจุดที่มีแสงธรรมชาติไม่เพียงพอ ทางเดิน โถงบันได และโถงลิฟต์ ควรมีแสงธรรมชาติส่องถึง ซึ่งอาจไม่ต้องใช้แสงไฟฟ้าตลอดทั้งวัน

2. ทาสีผนังและเพดานห้องด้วยสีอ่อน ช่วยสะท้อนแสงเพื่อลดจำนวนโคมไฟ

3. ในการใช้แสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์อย่างมีประสิทธิภาพ ทำได้โดยการปรับแสงภายในซึ่งขึ้นอยู่กับแสงภายนอกที่เปลี่ยนอยู่ตลอดเวลา บางครั้งความสว่างจากภายนอกไม่เพียงพอ ต้องใช้ไฟฟ้าช่วย เราสามารถประหยัดไฟได้โดยการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมอัตโนมัติ เช่น การหรี่แสงอัตโนมัติซึ่งอาจใช้ระบบปรับหรี่อย่างต่อเนื่อง หรือระบบปรับหรี่เป็นขั้น เพื่อให้ได้ระดับแสงอย่างสม่ำเสมอ

4. การให้แสงสว่างเฉพาะที่ โดยใช้แสงสว่างร่วมกับแสงประดิษฐ์ที่ควบคุมโดยระบบปรับหรี่แสงและการเสริมแสงสว่างเฉพาะที่ด้วยโคมไฟ เป็นต้น

2.3 ศึกษาวิธีการหาพลังงานไฟฟ้าและการคิดเงินค่าพลังงานไฟฟ้า

2.3.1 พลังงานไฟฟ้า

พลังงานไฟฟ้า (electric energy) คือ งานหรือพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการเคลื่อนที่หรือถ่ายเทประจุไฟฟ้า Q คูลอมบ์ จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง ซึ่งจะมีค่าเท่ากับผลคูณของปริมาณประจุไฟฟ้ากับความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างสองจุดนั้น คือ

$$W = QV$$

และเนื่องจาก $Q = It$, $V = IR$, $I = V/R$ ดังนั้น เราจะได้ว่า

$$W = QV$$
$$= VIt \text{ (จาก } Q = It\text{)}$$
$$= I^2Rt \text{ (จาก } V = IR\text{)}$$
$$= V^2 t/ R \text{ (จาก } I = V/ R\text{)}$$

สรุปสูตร $W = QV = VIt = I^2Rt = V^2 t/ R$

หน่วยของพลังงานไฟฟ้า จะมีหน่วยเช่นเดียวกับงานหรือพลังงาน คือมีหน่วยเป็น จูล (J)

สำหรับงานหรือพลังงานที่ใช้เคลื่อนที่ประจุไฟฟ้า Q ไปนี้ จะไม่ได้สูญหายไปไหน แต่จะไปเกิดขึ้นบนตัวความต้านทานหรือโหลด (load) หรือเครื่องใช้ไฟฟ้านั้น ๆ นั่นคือ ตัวความต้านทาน โหลด หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าเมื่อได้รับพลังงานไฟฟ้า (W) เข้าไป จะมีการเปลี่ยนแปลงพลังงานไฟฟ้าไปเป็นพลังงานรูปอื่น ๆ เพื่อการใช้งานหรือทำงานต่อไป

2.3.2 <u>กำลังไฟฟ้า</u>

กำลังไฟฟ้า (Electric power) คือ พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไปในหนึ่งหน่วยเวลา นั่นคือ

$$P = W/ t$$

หน่วยของกำลังไฟฟ้า จะเป็น จูลต่อวินาที (J/ s) หรือ วัตต์ (W)

และเนื่องจาก $W = QV$, $I = Q/ t$, $I = V/ R$

ดังนั้นเราจะได้ว่า $P = W/ t$

$= QV/t = V1$ (จาก $W = QV$ และ $I = Q/ t$)

$= I^2R$ (จาก $V = IR$)

สรุปสูตร $P = W/ t = V1 = I^2R = V^2/ R$

ดังนั้นเราอาจนิยาม กำลังไฟฟ้า 1 วัตต์ ได้ว่า กำลังไฟฟ้าที่เกิดจากกระแสไฟฟ้า 1 แอมแปร์ไหลผ่านตัวนำที่มีความต่างศักย์ไฟฟ้า 1 โวลต์ก็ได้

1. เครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละชนิด เมื่อนำมาใช้งานจะสิ้นเปลืองกำลังไฟฟ้าต่างกัน และถึงแม้ว่าจะเป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดเดียวกัน แต่ถ้ามีขนาดต่างกันก็จะสิ้นเปลืองกำลังไฟฟ้าไม่เท่ากัน

2. เครื่องใช้ไฟฟ้าทุกชนิด ที่ป้ายชื่อเครื่องจะมีตัวเลขกำกับไว้ด้วย เช่น หม้อต้มน้ำไฟฟ้าเครื่องหนึ่ง เขียนตัวเลขกำกับไว้ว่า 220 V 610 W หมายความว่า ใช้กำลังไฟฟ้า 610 วัตต์ หรือใช้พลังงานไฟฟ้าไป 610 จูลในเวลา 1 วินาที

3. เมื่อทราบศักย์ไฟฟ้าที่ใช้และกำลังไฟฟ้า เราสามารถคำนวณกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านเครื่องใช้ไฟฟ้านั้น ๆ ได้ จากสูตร P = V1 หรือ I = P/ V

1) เมื่อศักย์ไฟฟ้าคงที่ ($V_{คงที่}$) กระแสไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าจะเป็นสัดส่วนกันโดยตรง ($I \propto P$) กล่าวคือ ถ้ากระแสไฟฟ้าไหลผ่านมาก แสดงว่าใช้กำลังไฟฟ้ามาก ถ้ากระแสไฟฟ้าไหลผ่านน้อย แสดงว่าใช้กำลังไฟฟ้าน้อย

2) ค่าความต้านทานของเครื่องใช้ไฟฟ้าหนึ่ง ๆ จะมีค่าคงที่เสมอ ไม่ว่าจะใช้กับศักย์ไฟฟ้าขนาดเท่าไรก็ตาม ค่าคงที่ประจำเครื่องใช้ไฟฟ้านี้ สามารถหาได้จากสูตร

$$R = V^2/P \text{ หรือ } R = V/I$$

2.3.3 <u>การคิดเงินค่าพลังงานไฟฟ้า</u>

การคิดเงินค่าพลังงานไฟฟ้า คือการคิดค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไปในช่วงเวลาหนึ่งหน่วยของพลังงานไฟฟ้าที่ให้เราคิดเป็น หน่วย หรือ 1 กิโลวัตต์.ชั่วโมง

ดังนั้น จำนวนยูนิต = กิโลวัตต์ x ชั่วโมง

หรือ จำนวนยูนิต = วัตต์/1,000 x ชั่วโมง

(เพราะว่า 1 กิโลวัตต์ = 1,000 วัตต์) และเงินค่าพลังงานไฟฟ้า = จำนวนหน่วย x ราคาหน่วย

พลังงานไฟฟ้า 1 ยูนิต = 1 กิโลวัตต์ x 1 ชั่วโมง

= (1,000 วัตต์) x (3,600 วินาที)

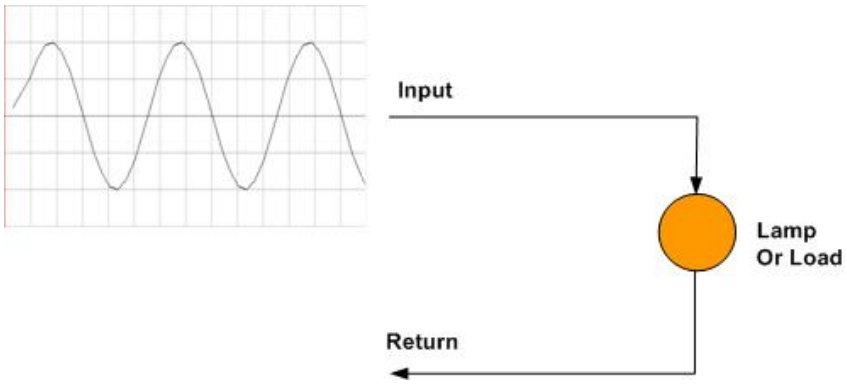
ดังนั้น พลังงานไฟฟ้า 1 ยูนิต = 3.6 x 10 จูล

2.4 <u>ศึกษาวิธีประหยัดพลังงานไฟฟ้าจากการปรับค่าความสว่างของหลอดไฟ</u>

คงจะปฏิเสธไม่ได้ว่าในการทำกิจกรรมใด ๆ หรือแม้การประกอบธุรกิจต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นธุรกิจด้านการผลิต การบริการ การท่องเที่ยว และธุรกิจด้านอื่น ๆ ย่อมมีการลงทุนด้วยกันทั้งนั้น การ

ลงทุนหรือต้นทุนของแต่ละธุรกิจมีความแตกต่างกันในเรื่องของจำนวน ปริมาณ และประเภทของทรัพยากรที่นำมาใช้ แต่ทุก ๆ ธุรกิจปฏิเสธไม่ได้ว่าค่าไฟฟ้าเป็นต้นทุนประเภทหนึ่งที่มีความจำเป็นในการใช้งาน และค่าใช้จ่ายในด้านนี้ค่อนข้างสูง ตัวอย่างเช่น พิพิธภัณฑ์ หอศิลป์ สถานบันเทิง โรงหนัง โรงละคร รีสอร์ท โรงแรม และร้านอาหาร ธุรกิจที่กล่าวมาข้างต้นต้องใช้ไฟฟ้าอย่างมากในการอำนวยความสะดวก และสร้างบรรยากาศความสวยงามให้กับสถานที่ ผู้ประกอบการต่างก็พยายามที่จะหาหนทางในการประหยัดต้นทุนด้านนี้ให้มากขึ้น ประเภทธุรกิจบริการที่ได้กล่าวมา ย่อมมีการใช้งานระบบแสงสว่างเพื่อช่วยให้ความสว่างสร้างสีสันสร้างบรรยากาศ และความสวยงามของสถานที่ เพราะฉะนั้นความหลากหลายของการให้แสงสว่างจึงมีมากกว่าธุรกิจประเภทอื่น ๆ ต้นทุนด้านนี้จึงมีทั้งเป็นต้นทุนที่เรามองเห็นได้อย่างชัดเจน คือ ค่าไฟฟ้าและต้นทุนที่แอบแฝงมาในรูปแบบต่าง ๆ เช่น ค่าไฟฟ้าที่ใช้กับเครื่องปรับอากาศ และค่าอุปกรณ์ไฟฟ้า เป็นต้น ดังนั้นดิมเมอร์หรือที่เรียกกันว่า อุปกรณ์หรี่ไฟ จึงได้เข้ามามีส่วนช่วยในการลดต้นทุนในด้านนี้ ดิมเมอร์จะทำการเพิ่มหรือลดระดับความสว่างของหลอดไฟเพื่อให้ตรงกับความต้องการ และกิจกรรมที่เราทำอยู่ เช่น เมื่อเราต้องการอ่านหนังสือก็สามารถเพิ่มความสว่างขึ้นมาได้ เป็นการใช้แสงสว่างให้เหมาะสมกับกิจกรรม หรือในห้องนอนเราอาจจะต้องการเปิดไฟไว้ตลอดคืนเราก็สามารถที่จะลดระดับความสว่างพอให้เราเห็นเพียงเล็กน้อยก็เป็นการประหยัดไปอีกทางหนึ่ง ดังนั้น ดิมเมอร์จะมีส่วนช่วยเราปรับระดับความสว่างให้เหมาะสมกับกิจกรรมและเป็นการประหยัด ค่าไฟฟ้าได้ด้วย เพราะความสว่างน้อยลงพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ก็น้อยลง คือ ไฟฟ้าถูกลดระดับลง 25% ดิมเมอร์จะลดการใช้พลังงานไปประมาณ 20% และเมื่อเราลดความสว่างลง 50% ดิมเมอร์ก็จะช่วยลดการใช้พลังงานถึง 40% เป็นการประหยัดต้นทุนและเห็นผลได้อย่างชัดเจน ข้อดีของการลดความสว่างของหลอดไฟถือเป็นการยืดอายุการใช้งานของหลอดไฟ เพราะเมื่อเราลดความสว่างของหลอดลงเราก็กำลังลดการทำงานอย่างหนักของไส้หลอดลง ถ้าเราลดความสว่างลง 25% เราก็สามารถยืดอายุการใช้งานของหลอดไฟได้ไปประมาณ 4 เท่าของการใช้งาน และถ้าเราลดความสว่างลง 50% เราก็สามารถยืดอายุการใช้งานไปได้มากถึง 20 เท่าทีเดียว (ทั้งนี้อายุการใช้งานของหลอดขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่น ๆ ด้วย) นี่ถือเป็นการประหยัดต้นทุนทางอ้อมอีกวิธีหนึ่ง ซึ่งเป็นการยืดอายุการใช้งานของหลอดไฟได้ยาวนานขึ้น นอกจากนี้เมื่อเราลดความสว่างของหลอดไฟลงความร้อนที่เกิดขึ้นจากหลอดไฟก็จะน้อยลง มันอาจจะดูเล็กน้อยในสายตาของบางท่าน แต่สำหรับท่านที่เป็นเจ้าของกิจการโรงแรมหรือรีสอร์ท ถ้าทุกห้องมีดิมเมอร์ในการควบคุมแสงสว่าง จะสามารถประหยัดค่าไฟฟ้าและต้นทุนอื่น ๆ ทั้งทางตรงและทางอ้อม

ภาพที่ 2.4
แผนผังการจ่ายไฟฟ้าให้กับหลอดไฟ



ที่มา: Marin., 2004.

หลักการพื้นฐานของการดิมไฟ คือ ถ้าเราจ่ายไฟฟ้าให้กับหลอดไฟ หรือ LOAD เราจะได้แสงสว่างจากหลอดไฟ และถ้าเราลดขนาดของแรงดันไฟฟ้าลง เราก็จะได้ระดับแสงสว่างที่ลดลง ดังนั้นอุปกรณ์หรี่ไฟ หรือ ดิมเมอร์ก็คืออุปกรณ์ไฟฟ้าที่สามารถปรับระดับแสงสว่างที่ได้จากหลอดไฟฟ้า ให้เหมาะสมตามความต้องการ ในมุมมองของพลังงาน (energy) การหรี่แสงให้ลดลงโดยการลดพลังงานที่ให้กับหลอดไฟ ซึ่งการหรี่ไฟโดยการลดระดับแรงดันไฟฟ้า เป็นเทคนิคที่ทำกันตั้งแต่มีความต้องการหรี่ไฟ โดยใช้ความต้านทาน (R) ในการปรับแรงดันให้ลดลง ข้อเสียของวิธีนี้ก็คือ จะเกิดการสูญเสียเป็นความร้อนจำนวนมากและการใช้พลังงานไม่ได้ลดลง มาถึงยุคปัจจุบันเทคโนโลยีสารกึ่งตัวนำได้พัฒนามาถึงจุดที่สามารถนำมาใช้กับอุปกรณ์กำลัง อย่างเช่นหลอดไฟได้อย่างดี สามารถควบคุมพลังงานที่ส่งไปให้หลอดไฟได้ ทำให้เทคนิคในการหรี่ไฟ เป็นส่วนหนึ่งของการลดการใช้พลังงานส่วนเกินออกไปได้ และในปัจจุบันวิธีการหรี่ไฟที่ใช้กันแพร่หลายมี 3 วิธีได้แก่

2.4.1 <u>ปรับระดับค่าความสว่างโดยวิธี ไซน์เวฟ (Sinewave dimmer)</u>

ไซน์เวฟดิมเมอร์ เป็นการปรับระดับแรงดันไฟฟ้าให้ลดลง โดยยังคงรูปคลื่นให้เป็น Sinewave ทำให้พลังงานที่ส่งไปยังหลอดไฟลดลง สัญญาณรบกวนน้อยมาก ไม่ก่อให้เกิดผลกระทบกับระบบกำเนิดไฟฟ้า สายส่ง และค่า Power Factor เทคนิคที่ใช้มี 2 แบบ คือ

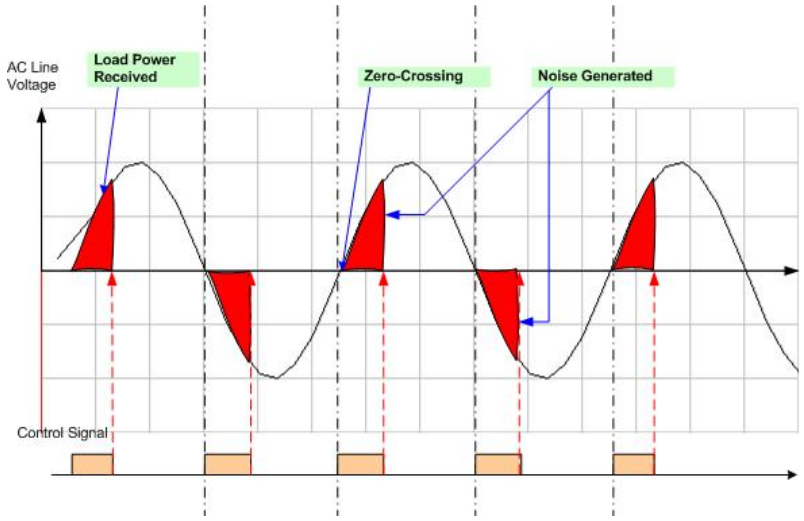
1. การใช้อุปกรณ์ต้านทาน (Resistance) ในการปรับแรงดันให้ลดลง วิธีนี้ สามารถลดพลังงานที่หลอดไฟลงได้แต่พลังงานรวมไม่ได้ลดลง วิธีนี้กำลังไม่เป็นที่นิยมใช้

2. เป็นการลดระดับแรงดันโดยใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ วิธีนี้ให้ประสิทธิภาพดีมาก อุปกรณ์ที่เลือกใช้ได้แก่ MOSFET และ IGBT วิธีนี้กำลังได้รับความสนใจมาก เพราะสามารถนำมาทดแทนได้อย่างสมบูรณ์แบบ ไม่มีผลเสียข้างเคียง

2.4.2 ปรับระดับค่าความสว่างโดยวิธีทิลลิ้งเอชเฟสคอนโทรล (Tailing Edge Phase Control)

ทิลลิ้งเอชเฟสคอนโทรล เป็นเทคนิคในการยอมให้พลังงานไฟฟ้าช่วงเริ่มต้นผ่านไปก่อนแล้วจึงหยุด จึงทำให้เกิดเป็นขอบหลัง (Tailing edge) อุปกรณ์ที่ใช้ ได้แก่ MOSFET และ IGBT วิธีนี้สามารถควบคุมการเกิดสัญญาณรบกวนได้ง่าย จึงมีสัญญาณรบกวนน้อย ใช้ได้กับอุปกรณ์ที่หลากหลาย รวมไปถึง load ที่ใช้อุปกรณ์เสริมที่เป็นอิเล็กทรอนิกส์ เช่น electronic transformer, magnetic transformer, incandescent lamp

ภาพที่ 2.5
แผนภูมิการทำงานของการดิมแบบทิลลิ้งเอชเฟสคอนโทรล



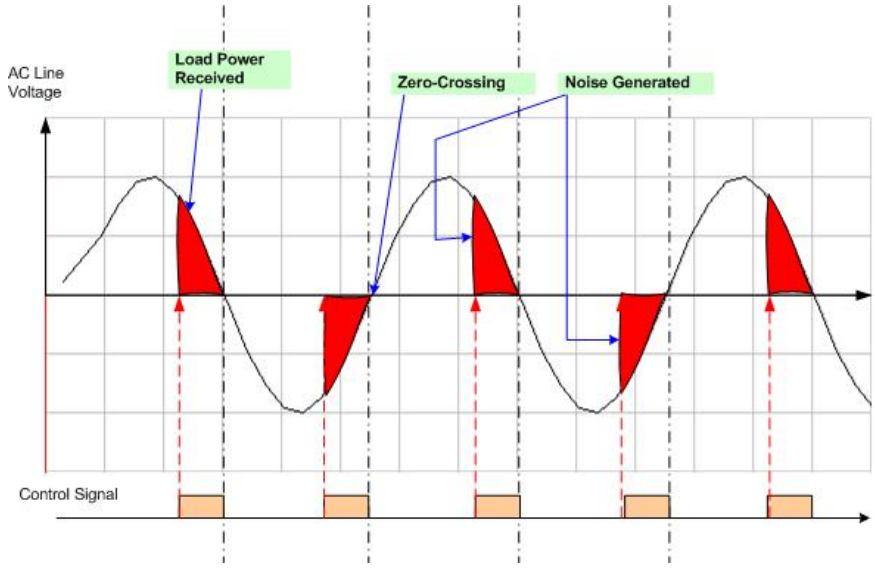
ที่มา: Marin., 2004.

2.4.3 ปรับระดับค่าความสว่างโดยวิธีลีดดิ้งเอชเฟสคอนโทรล (Leading Edge Phase Control)

ลีดดิ้งเอชเฟสคอนโทรล เป็นเทคนิคในการหรี่ไฟ โดยการควบคุมที่เฟส ในช่วงแรกจะปิดไม่ยอมให้พลังงานไฟฟ้าผ่านออกไปได้ เมื่อถึงจุดที่ต้องการ จึงเปิดให้พลังงานไฟฟ้าผ่าน จึงทำให้เกิดเป็นขอบขาขึ้น (Leading edge) และหยุดที่ตำแหน่งศูนย์ (zero-cross) อุปกรณ์ที่ใช้เป็นสาร

กึ่งตัวนำประเภท SCR/TRIAC ในการควบคุมการ เปิด-ปิด ที่เกิดขึ้นในแต่ละลูกคลื่น เนื่องจากการเปิดเป็นช่วงที่แรงดันมีค่าสูง ทำให้เกิดกระแสกระชาก จึงเกิดเป็นสัญญาณรบกวนได้ง่าย การลดสัญญาณรบกวนลง โดยการต่อ Choke ขนาดใหญ่เข้าไปทำหน้าที่หน่วงกระแส ก็จะทำให้สามารถลดสัญญาณรบกวนลงได้ เครื่องหรี่ไฟประเภทนี้ ก่อกำเนิดมานาน เหมาะกับหลอดไฟประเภทหลอดไส้ ปัจจุบันลักษณะของ load เปลี่ยนมาเป็นอิเล็กทรอนิกส์ควบคุมมากขึ้น ซึ่งไม่รองรับกับเทคนิคการหรี่ไฟลักษณะนี้

ภาพที่ 2.6
แผนภูมิการทำงานของการดิมแบบลีดดิ้งเอชเฟสคอนโทรล



ที่มา: Marin., 2004.

การทำงานของอุปกรณ์ดังภาพที่ 2.7

1. SCR/TRIAC ที่ทำหน้าที่เป็นประตู เปิดกระแสไฟฟ้า ให้ผ่านไปได้เฉพาะช่วงเวลาที่ต้องการเท่านั้น และกระแสจะหยุดไหลที่จุดตัด (Zero - Crossing)

2. CHOKE ทำหน้าที่หน่วงกระแสไฟฟ้า มีผลทำให้สัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้น ลดลงไปด้วยเข้าสู่ระดับมาตรฐาน

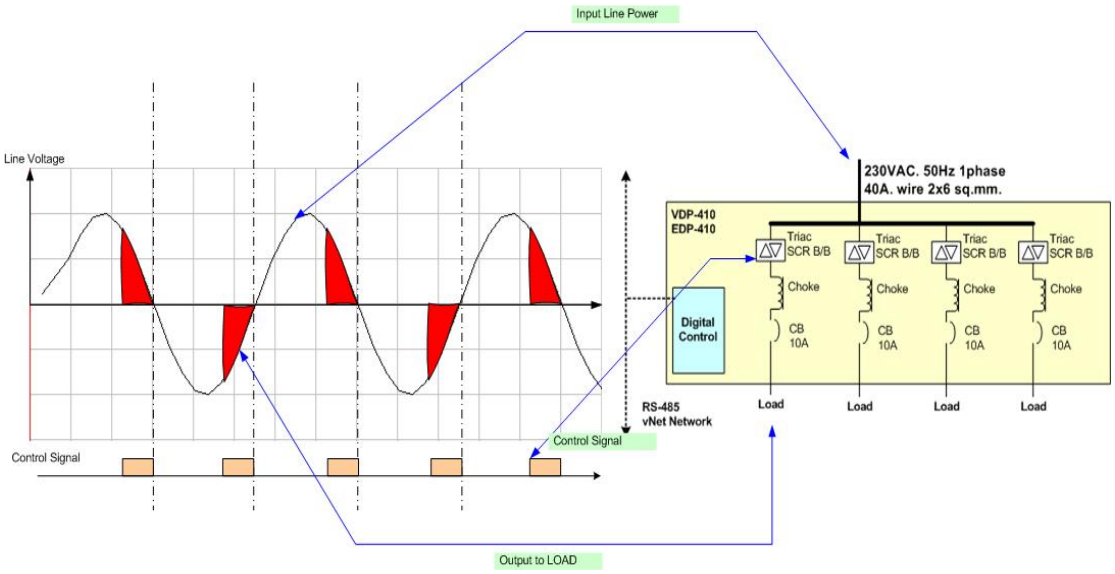
3. CB เป็นอุปกรณ์ป้องกันกระแสไฟฟ้าเกินกำหนด หรือ การ shot - circuit

4. Digital Control ทำหน้าที่สร้างสัญญาณควบคุม สัญญาณนี้มีจุดอ้างอิงที่ตำแหน่ง zero-crossing การสร้างสัญญาณควบคุมด้วย microcontroller ทำให้เราได้สัญญาณที่มีความเที่ยงตรงสูง

5. RS - 485 การสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ ทำให้เราสามารถสื่อสารกันด้วยสายนำสัญญาณ 2 เส้น ที่มีระยะทางไกลถึง 1000 เมตร ที่ความเร็ว 9800 bps มีความสามารถในการหลบหลีกสัญญาณรบกวนได้ดีพอสมควร

ภาพที่ 2.7

แผนผังการทำงานของอุปกรณ์



ที่มา: Marin., 2004.

2.5 ศึกษาและวิเคราะห์หลักการทำงานของซอฟต์แวร์ร่วมกับฮาร์ดแวร์

ซอฟต์แวร์เป็นส่วนของระบบคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการจัดเก็บและประมวลผลข้อมูล ซอฟต์แวร์นั้น นอกจากจะสามารถใช้งานบนคอมพิวเตอร์ได้แล้ว ยังสามารถใช้งานบนเครื่องใช้หรืออุปกรณ์อื่น เช่น โทรศัพท์มือถือ หรือหุ่นยนต์ในโรงงาน หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ รวมไปถึงฮาร์ดแวร์ชนิดไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) ที่ได้นำมาใช้ในงานวิจัยนี้ แต่ในปัจจุบันซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์มีให้เลือกใช้ได้หลากหลาย ซึ่งส่วนใหญ่ผู้ใช้งานต้องมีความรู้ทางด้านคอมพิวเตอร์โปรแกรมจึงจะใช้งานได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้เลือกใช้ซอฟต์แวร์โปรเซสซิ่ง (Processing) และไมโครคอนโทรนเลอร์อาร์ดูอีโน่ (Arduino) ที่ใช้งานง่ายและเหมาะกับผู้ที่ไม่ได้ศึกษามาทางด้านคอมพิวเตอร์โปรแกรมมาโดยตรง

2.5.1 ซอฟต์แวร์โปรเซสซิ่ง

ซอฟต์แวร์โปรเซสซิ่งเกิดจากการวิจัยของกลุ่ม Aesthetics กับ Computation สถาบันเอ็มไอทีมีเดียแล็บ (MIT Media Lab) เมื่อประมาณปี ค.ศ.2001 โดยก่อนหน้านั้น จอร์น เมียด้า (John Meada) และกลุ่มนักเรียนได้พัฒนาดีบีเอ็น (DBN) ซึ่งเป็น Programming environment [1] ปี ค.ศ.1999 ซึ่งถือได้ว่าเป็นต้นกำเนิดของซอฟต์แวร์โปรเซสซิ่ง

1. ดีบีเอ็น (DBN) นั้นมีความสามารถทั้งการใช้งานบนเว็บ และสามารถเป็นซอฟต์แวร์ที่ทำงานได้อิสระ (Stand - Alone Application) ออกแบบมาเพื่อการใช้งานตรงสำหรับกลุ่มศิลปินที่ทำงานทางด้านภาพเป็นหลัก โดยลดความซับซ้อนของโค้ด และขั้นตอนการเขียนโปรแกรมให้ง่ายขึ้น

ก่อนจะพัฒนามาเป็นซอฟต์แวร์โปรเซสซิ่ง โปรแกรมดีบีเอ็นนั้นมีการใช้งานเพียงในห้องเรียนที่ศึกษา เนื่องจากโปรแกรมยังมีศักยภาพต่ำ สามารถแสดงผลได้เพียงขนาด 1.5 x 1.5 นิ้ว และเป็นภาพขาวดำ แต่กระนั้นโปรแกรมก็สามารถที่จะทำงานได้ตามมาตรฐานเช่นเดียวกับภาษาโปรแกรมมิ่งอื่น ๆ สามารถตั้งค่าและเรียกค่าตัวแปร สามารถเขียนคำสั่งเฉพาะ และทำงานแบบวนชุดคำสั่งได้

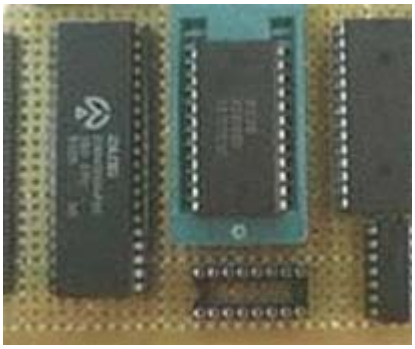
2. ซอฟต์แวร์โปรเซสซิ่งนิยมใช้กันมากขึ้นได้ เนื่องจากโปรแกรมดีบีเอ็นมุ่งเน้นการลดทอนความซับซ้อนของการเขียนโปรแกรมในด้านกราฟิก เพื่อตอบสนองกลุ่มผู้ใช้งานที่เป็นศิลปิน โปรแกรมจึงสามารถใช้งานได้ง่ายกว่าโปรแกรมระดับสูงอย่างภาษา Java เมื่อพัฒนามาเป็นโปรแกรมโปรเซสซิ่ง จึงยังคงข้อได้เปรียบในด้านนี้ และเมื่อโปรแกรมโปรเซสซิ่งได้ออกจาก MIT Media Lab สู่สาธารณะ จึงมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องทั้งโดยผู้ใช้งานทั่วไปและโดยสถาบันต่าง ๆ เช่น UCLA, The Interaction Design Institute Ivrea, The Broad Institute และ Carnegie Mellon และได้รับความนิยมมากขึ้นตามลำดับ

2.5.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์อาร์ดูอีโน่

ไมโครคอนโทรลเลอร์ คือ อุปกรณ์ที่สามารถประมวลผลได้เช่นเดียวกับคอมพิวเตอร์ แต่จะมีหน่วยความจำน้อยกว่า ทำงานช้ากว่า และมีประสิทธิภาพต่ำกว่า ซึ่งไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นมีขนาดเล็กตั้งแต่ 1 x 1 ซ.ม. ไปจนถึง 5 x 2 ซ.ม.

ภาพที่ 2.8

ไมโครคอนโทรลเลอร์



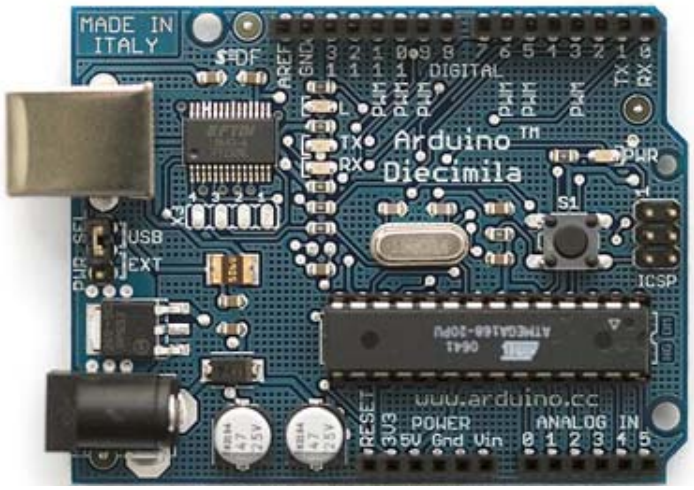
หมายเหตุ: ถ่ายภาพโดยผู้วิจัย 4 สิงหาคม พ.ศ. 2551.

ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถใช้ควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าได้โดยตรง แต่โดยส่วนใหญ่จะใช้ควบคู่กับส่วนประกอบอื่น ๆ บนแผงวงจรที่เรียกว่า PCB (Printed Circuit Board) เพื่อให้ทำงานได้สะดวกขึ้น ไมโครคอนโทรลเลอร์ประเภทนี้มีชื่อเรียกว่า I/ O Boards (Input/ Output Boards) ทั้งนี้ซอฟต์แวร์โปรเซสซิ่งนั้น สามารถควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ผ่านทาง ไมโครคอนโทรลเลอร์ และ I/ O Boards ซึ่งอาร์ดูอีโน่เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มี I/ O Boards ด้วย ยิ่งไปกว่านั้นในท้องตลาดไมโครคอนโทรลเลอร์มีตัวเลือกมากมาย เช่น Parallax Basic Stamp, Netmedia's BX - 24, Pidgets, MIT's Handyboard และอีกยี่ห้อที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกัน คือทำโปรเจกให้ใช้งานง่ายและเน้นการโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นหลัก อาร์ดูอีโน่ก็เช่นเดียวกันแต่มีข้อแตกต่างที่เห็นได้ชัดคือ

1. ราคาไม่แพง ราคาอาร์ดูอีโน่บอร์ดไม่แพงเมื่อเทียบกับ บอร์ดอื่น บอร์ดอาร์ดูอีโน่ที่ราคาถูกสุดสามารถทำใช้เองได้หรือซื้อสำเร็จด้วยเงินไม่เกิน 30 เหรียญดอลล่า
2. ทำงานได้หลายแพลตฟอร์ม โปรแกรมพัฒนาอาร์ดูอีโน่ทำงานได้ทั้งบนวินโดวส์, แมคอินทอชโอเอสเอ็กซ์ และ บนลีนุกซ์ ในขณะที่บอร์ดอื่นทำงานได้เฉพาะบนวินโดวส์
3. ใช้งานง่าย มีโปรแกรมพัฒนาที่ไม่ซับซ้อน โปรแกรมพัฒนาอาร์ดูอีโน่ใช้งานง่ายสำหรับผู้ที่เริ่มศึกษา และมีความสามารถครบความต้องการของนักพัฒนามืออาชีพ
4. เปิดเผยซอร์สโค้ด และ นำไปพัฒนาต่อยอดได้ โปรแกรมอาร์ดูอีโน่ตีพิมพ์แบบเปิดเผยซอร์สโค้ด และสามารถเพิ่มเติมความสามารถผ่าน C++ library, และถ้าผู้ใช้งานต้องการศึกษาให้มากขึ้น ก็สามารถทดลองใช้ AVR C ซึ่งเป็นต้นแบบของอาร์ดูอีโน่

5. เปิดเผยวงจร และ นำไปพัฒนาขยายฮาร์ดแวร์ได้ อาร์ดูอีโน่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ของ Atmel เบอร์ ATMEGA8 และ ATMEGA168 วงจรของบอร์ดตีพิมพ์แบบเปิดเผยวงจรภายใต้ Creative Commons License ซึ่งผู้ใช้งานสามารถนำไปดัดแปลงและเพิ่มประสิทธิภาพ เพื่อศึกษาการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์อาร์ดูอีโน่ได้โดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายใด ๆ เลย

ภาพที่ 2.9
ไมโครคอนโทรลเลอร์อาร์ดูอีโน่



หมายเหตุ: ถ่ายภาพโดยผู้วิจัย 8 สิงหาคม พ.ศ. 2551.

2.6 ศึกษาและวิเคราะห์ปัญหาของผลิตภัณฑ์ด้านแสงสว่างที่มีความใกล้เคียง

จากการศึกษาและวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบด้านประสิทธิภาพด้านแสงสว่างนั้น ยังไม่เคยมีผู้วิจัยเรื่องนี้มาก่อน แต่มีผลิตภัณฑ์และซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ในลักษณะที่คล้ายคลึงกัน ได้แก่ ซอฟต์แวร์จำลองสภาพแสงสว่างเพื่อการจัดวางตำแหน่งดวงโคมภายในอาคาร DIALux4.4 และอุปกรณ์อิเลกทรอนิกส์ปรับค่าความสว่างในด้านพลังงานไฟฟ้า DIMMER MODULE และ LIGHTING SCENE CONTROL CENTER

2.6.1 การศึกษาและวิเคราะห์ซอฟต์แวร์จำลองสภาพแสงสว่างเพื่อการจัดวางตำแหน่งดวงโคมภายในอาคาร DIALux4.4

ข้อมูลเบื้องต้น เป็นซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ที่ถูกพัฒนาขึ้นโดยบริษัท DIAL จำกัด ประเทศเยอรมัน มีวัตถุประสงค์ เพื่อช่วยในการจัดวางดวงโคม สามารถจำลองสภาพแสงสว่างเพื่อดูผลลัพธ์ที่เกิดขึ้น ซอฟต์แวร์นี้เปิดให้มีการใช้งานได้ฟรี ไม่จำกัดเรื่องลิขสิทธิ์ มีเป้าหมายในการขยายตัวในอนาคตโดยให้ผู้ผลิตดวงโคมบริษัทต่าง ๆ ในยุโรป ที่ต้องการเข้าร่วมในการพัฒนาฐานข้อมูลของผลิตภัณฑ์ ทำการส่งข้อมูลผลิตภัณฑ์ให้ผู้จัดทำซอฟต์แวร์บรรจุลงในฐานข้อมูลดวงโคม เพื่อให้ผู้ใช้เลือกใช้งานสามารถนำไฟล์เขียนแบบ (DXF file) เข้ามาใช้งานได้ ซึ่งซอฟต์แวร์นี้ทำงานบนระบบปฏิบัติการ Windows โดยมีคุณสมบัติดังนี้

ภาพที่ 2.10
ลักษณะของโปรแกรม DIALux

ที่มา: DIAL Co., Ltd., 2006.

1. ดวงโคมและการจัดแสง การจัดแสงจะไม่คำนึงถึงการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้งาน จะใช้เพียงแสงประดิษฐ์เพียงอย่างเดียว และพื้นที่ใช้งานเป็นพื้นที่ปิด ไม่มีแสงสว่างจากภายนอกรบกวน ดวงโคมที่ใช้ในซอฟต์แวร์เป็นดวงโคมจากยุโรป ได้แก่ AEG, Bega, Erco, Oslam, Philips

เป็นต้น โดยจัดทำในรูปแบบของ plug-in ฐานข้อมูลดวงโคมที่ต้องทำการติดตั้งเพิ่มเติมเข้าไป การคำนวณจะคำนวณการสะท้อนแสงบนพื้นที่ทุกจุด โดยสะท้อนไปมาทุกระนาบ เป็นวิธีการคำนวณที่ทำให้ได้ผลลัพธ์ที่ค่อนข้างแม่นยำ แต่จะแสดงค่าความสว่างในรูป grayscale ไม่นำค่าสีมาใช้ในการคำนวณ ใช้เวลาในการคำนวณไม่มากนัก

2. ประเภทผู้ใช้งาน ได้แก่ วิศวกรไฟฟ้า บริษัทผู้ผลิตดวงโคม นักออกแบบแสงสว่าง สถาปนิก และ interior designer

3. ระดับผู้ใช้งาน มีความชำนาญในการใช้คอมพิวเตอร์พอสมควร มีพื้นฐานความรู้ในเรื่องการออกแบบแสงสว่าง และใช้เวลาในการเรียนรู้โปรแกรมไม่นานนัก

4. การแสดงผลของโปรแกรม มีลักษณะเป็นหน้าต่างแบ่งเป็นหมวดหมู่ มีส่วนของเมนู ทูลบาร์ และมีช่องให้ป้อนข้อมูล

5. เทคนิควิธีการที่ใช้ในการป้อนข้อมูล เลือกป้อนข้อมูลเอง หรือใช้ Wizard บังคับให้การป้อนข้อมูลเป็นขั้นตอน และเหมาะกับผู้ใช้ที่เพิ่งเริ่มต้นการใช้โปรแกรม

6. เทคนิควิธีการที่ใช้ในการคำนวณ การคำนวณแบบฟลั๊กซ์ส่องสว่างสะท้อนไปมาทุกพื้นผิว

7. ปัจจัยสภาพแวดล้อมภายนอก ไม่คำนึงถึงแสงจากภายนอกและแสงธรรมชาติและใช้เพียงแสงประดิษฐ์

8. การแสดงผลของการคำนวณ

1) ภาพ 3 มิติแบบ grayscale สามารถหมุนแบบ interactive เพื่อดูผลลัพธ์ได้

2) รายละเอียดทางวิศวกรรมของดวงโคมที่เลือกใช้งาน

3) ผังการจัดวางตำแหน่งดวงโคม และเฟอร์นิเจอร์

4) แสดงผลแบบตัวเลข และเส้นกราฟ แสดงค่าการส่องสว่างในแต่ละระนาบ

9. ข้อดีของการใช้โปรแกรม

1) แสดงภาพ 3 มิติแบบ grayscale ทำให้เห็นภาพชัดเจน เพื่อช่วยในการวิเคราะห์

2) มี library ดวงโคมจากบริษัทผู้ผลิตมากมาย เป็นโปรแกรมการออกแบบแสงสว่างที่มีประสิทธิภาพ รวมทั้ง แสดงผลการคำนวณที่ละเอียด

10. ข้อเสียของการใช้โปรแกรม

1) ผู้ใช้ต้องมีพื้นฐานความรู้ในเรื่องแสงสว่าง และต้องมีความเชี่ยวชาญในการทำงาน 3 มิติ ไม่เหมาะกับผู้ใช้ทั่วไป เนื่องจาก มีการใช้งานยาก ต้องมีการศึกษาการใช้งานในระดับหนึ่ง

2) ใช้ทรัพยากรของเครื่องในการคำนวณมาก และใช้เวลาคำนวณนาน

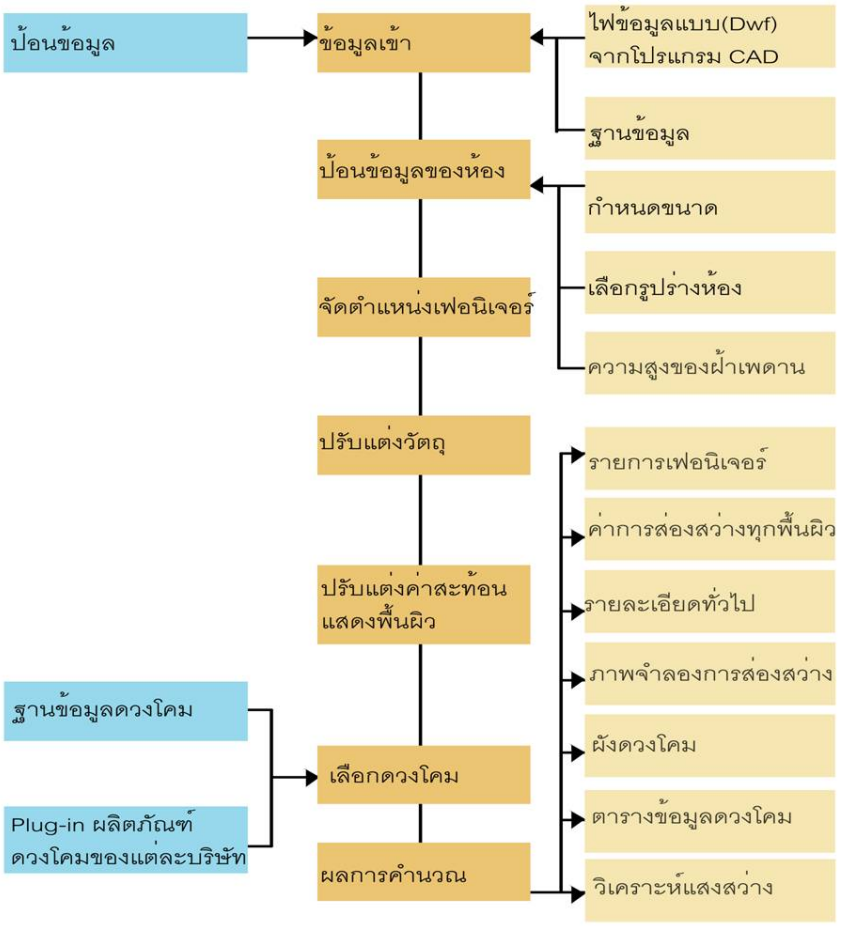
3) ต้องใช้เวลาในการเรียนรู้การใช้ซอฟต์แวร์

4) การป้อนข้อมูลค่อนข้างสับสน และผู้ใช้งานต้องมีพื้นฐานความรู้ในการใช้งานโปรแกรมอยู่บ้าง

5) ผู้ใช้ต้องมีความเชี่ยวชาญในเรื่องแสงสว่างมาก และสามารถเข้าใจค่าที่วิเคราะห์ได้ 2 ระบบการทำงาน (ดังภาพที่ 2.11)

ภาพที่ 2.11

ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม DIALux



ที่มา: DIAL Co.,Ltd., 2006.

2.6.2 <u>การศึกษาและวิเคราะห์อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ปรับค่าความสว่างในด้านพลังงานไฟฟ้า DIMMER MODULE และ LIGHTING SCENE CONTROL CENTER</u>

1. DIMMER MODULE เป็นอุปกรณ์อีเล็คโทรนิคสำหรับการหรี่เร่งความสว่างในด้านพลังงานไฟฟ้า เพื่อประโยชน์ในการใช้แสงสว่างภายในห้องเรียน ห้องประชุม หรือการจัดแสดงทั่วไป โดยใช้งานร่วมกับอุปกรณ์อื่นในการควบคุมแสงสว่าง และมีคุณสมบัติดังนี้

ภาพที่ 2.12
ลักษณะอุปกรณ์ DIMMER MODULE

ที่มา: Sathit A.V.L. Supplies Co.,Ltd., 2007.

1) ใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับ 220 VAC 50 Hz

2) ใช้อุปกรณ์อีเล็คโทรนิคชนิด SOLID-STATE SEMICONDUCTOR ชนิด THYRISTER DOUBLE MODULE

3) มีอุปกรณ์ป้องกันภาวะลัดวงจรด้วย CARTRIDGE FUSE ในรุ่น 1)1 KW และ 2.2 KW

4) มีไฟแสดงสถานะการทำงานแต่ละช่อง

5) ใช้ได้กับหลอดไฟชนิด INCANDESCENT, HALOGEN ทุกประเภท และ FLUORESCENT RAPID-START LAMP

6) รับสัญญาณควบคุมเป็นแบบ ANALOG 0-10 VDC

7) ใช้กับหลอดไฟ ทนภาระโหลดกระแสได้วงจรละ 10 A. รวม 4 วงจรในเครื่องเดียว

8) มีระบบป้องกันสัญญาณรบกวนคลื่นวิทยุด้วย TOROID & R-C NETWORK ตามมาตรฐาน BS800 และ VDE0875

9) ระบายความร้อนด้วย HEAT SINK ที่อยู่หน้าเครื่อง

10) รูปแบบการหรี่เร่งแสงสว่างแบบ SQUARE LAW B DIMMING CURVE

11) ป้องกันวงจรไฟฟ้าหลัก และส่วนควบคุม เพื่อความปลอดภัยด้วย OPTO-ISOLATION 7,500 VOLTAGE

12) เลือกใช้งานในสถานะ DIM และ NON-DIM ได้

13) ตัวเครื่องติดตั้งได้ทั้งแบบติดผนัง และบรรจุในตู้วาง (RACK MOUNTED)

2. LIGHTING SCENE CONTROL CENTER เป็นอุปกรณ์หลักสำหรับระบบควบคุมแสงสว่างภายในอาคารสถานที่แบบกึ่งอัตโนมัติสามารถตั้งโปรแกรมค่าระดับแสงสว่างในวงจรไฟฟ้าไว้ล่วงหน้าสามารถเรียกใช้งานในระดับนั้นได้ ในการจัดแสงเรียกว่า (SCENE) ซึ่งมีคุณสมบัติดังนี้

ภาพที่ 2.13

ลักษณะของอุปกรณ์ LIGHTING SCENE CONTROL CENTER

ที่มา: Sathit A.V.L. Supplies Co.,Ltd., 2007.

1) เป็นอุปกรณ์หลักที่ใช้ตั้งโปรแกรม และสั่งการทำงานได้ด้วยตัวเอง

2) ควบคุมการทำงานด้วย LINEAR OPAMP AND INTERLOCK SWITCH

คุณสมบัติทางด้านเทคนิค

3) ทำการปรับแต่งค่าความของแสงได้ 6 ช่อง (6 CHANNEL CONTROL) ด้วย POTENTIOMETER ภายในเครื่อง

4) ตั้งโปรแกรมเรียกใช้งาน ในหน่วยความจำระดับแสงสว่างของแต่ละช่องไว้ได้ถึง 10 ค่า (10 SCENE PRESET)

5) การเลือกใช้งานเข้าใจง่ายด้วยสวิทช์เพียงปุ่มเดียวของซีนนั้น

6) ตั้งค่าเวลาของการเปลี่ยนซีนไว้พร้อม ๆ กับการเลือกซีน

7) ตัวเครื่องติดตั้งได้ทั้งแบบติดผนัง (WALL MOUNTED) และบรรจุในตู้วาง

8) มีไฟ (DISPLAY) แสดงสถานะการใช้งานของโปรแกรมที่ทำงานอยู่

9) สัญญาณควบคุมขาออกเป็นแบบ ANALOG 0-10 VDC

10) ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ 220 VAC 50 Hz ภายในตัว

11) สามารถต่อรับสัญญาณชุดไฟฟ้า EMERGENCY ในกรณีไฟฟ้าดับ และกลับมาใช้ SCENE เดิมเมื่อไฟฟ้ามาปกติ

12) ระบบเป็น ANALOG SETTING จึงไม่จำเป็นต้องมี BATTERY สำรอง

13) สามารถต่อรวมหลายเครื่องเป็น MASTER-SLAVE เพื่อแยกหรือรวมการใช้งานของแต่ละห้อง

14) ต่อรวมกับอุปกรณ์การใช้งานต่าง ๆ ได้อีกหลายประเภท

จากการศึกษาอุปกรณ์ทั้งสองชนิดพบว่า ในการใช้งานทั้งสองอย่าง จำเป็นต้องมีเป็นอุปกรณ์เสริมสำหรับระบบควบคุมแสงสว่างภายในอาคารสถานที่แบบกึ่งอัตโนมัติ เพื่อใช้เรียกความจำระดับแสงสว่างในวงจรไฟฟ้ามาใช้งาน ซึ่งได้ตั้งค่าที่เครื่องควบคุมหลักไว้ล่วงหน้า คือ REMOTE SCENE CONTROL WALL MOUNTED TYPE ซึ่งมีคุณสมบัติได้แก่

1) เข้าใจ และใช้งานง่าย ด้วยปุ่มเพียง 10 ปุ่มเท่ากับหน่วยระดับความจำที่มี 10 ค่า

2) มีไฟแสดงสถานะของแต่ละสวิทช์

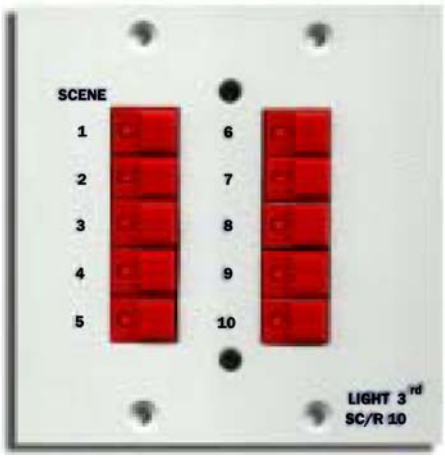
3) มีระบบป้องกันการกดสวิทช์ซ้อน

4) ใช้พลังงานไฟฟ้ามาจากเครื่องควบคุมส่วนกลาง 18-24 VDC

5) สัญญาณควบคุมเป็นแบบ ANALOG INTERLOCK SWITCH

ภาพที่ 2.14

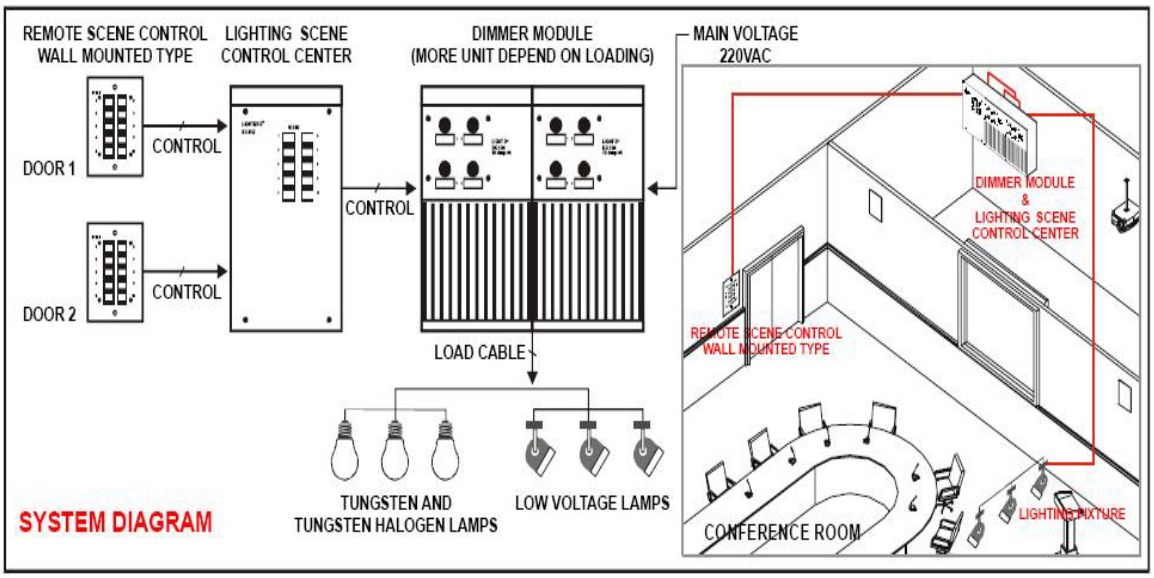
ลักษณะของอุปกรณ์ REMOTE SCENE CONTROL WALL MOUNTED TYPE



ที่มา: Sathit A.V.L. Supplies Co.,Ltd., 2007.

ภาพที่ 2.15

ขั้นตอนการทำงานของผลิตภัณฑ์ควบคุมความสว่างใกล้เคียง



ที่มา: Sathit A.V.L. Supplies Co.,Ltd., 2007.

จากภาพที่ 2.15 การติดตั้งผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการปรับระดับค่าความสว่างที่ใช้กันอยู่ในท้องตลาด มีความยากลำบากตรงที่ อุปกรณ์มีขนาดใหญ่ เคลื่อนย้ายไม่สะดวก อีกทั้ง แต่ละชนิดนั้นจำเป็นต้องทำงานร่วมกับอุปกรณ์ชนิดอื่น มิฉะนั่น จะไม่สามารถควบคุมปริมาณความสว่างได้เลย ถ้าใช้แค่อุปกรณ์ชิ้นใดชิ้นหนึ่งเท่านั้น

ถึงแม้ว่าอุปกรณ์ดังกล่าวนี้ สามารถปรับปริมาณความสว่างได้ตามความต้องการของผู้ใช้งาน แต่เป็นเพียงการปรับเปลี่ยนเป็นกรณี ๆ ไปเท่านั้น ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ว่านี้ไม่สามารถปรับเปลี่ยนค่าความสว่างได้ในทันที เพราะตัวควบคุมถูกกำหนดไว้ที่ใดแล้วจะไม่สามารถเคลื่อนย้ายได้ ดังนั้นในการปรับค่าความสว่างแต่ละครั้ง ผู้ใช้งานต้องไปปรับเองที่ตัวควบคุมถูกติดตั้งไว้ อย่างไรก็ตามแม้ว่า อุปกรณ์ดังกล่าวจะไม่ตอบสนองความสะดวกสบายของผู้ใช้งานเท่าที่ควร แต่ก็ผู้ผลิตได้ชดเชยความสามารถด้านอื่น ๆ ทดแทน เช่น การสั่งการทำงานได้ด้วยตัวเองและมีระบบป้องกันสัญญาณรบกวนคลื่นวิทยุ เป็นต้น

จากการศึกษาและวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ใกล้เคียงที่ใช้ในท้องตลาดทั้ง ซอฟต์แวร์ และฮาร์ดแวร์ ทำให้ผู้วิจัยสามารถพัฒนาออกแบบคุณสมบัติเบื้องต้นของงานวิจัยได้ โดยมีกระบวนการในการพัฒนาซอฟต์แวร์ในงานวิจัยให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งจะกล่าวต่อไปในบทที่ 3