หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

ข้อควรคำนึงในการออกแบบระบบไฟฟ้าแสงสว่างภายในอาคาร

2.1 หลอดไฟฟ้าและการเลือกใช้

2.1.1 ข้อดีและข้อเสียของหลอดประเภทต่าง ๆ

ในการออกแบบระบบแสงสว่างภายในอาคารนั้น นอกจากจะต้องเลือกใช้หลอดที่มีประสิทธิภาพสูงแล้ว ยังต้องเลือกใช้หลอดให้เหมาะสมกับสถานที่และลักษณะของงาน ในปัจจุบันบริษัทผู้ผลิตหลอดไฟฟ้าต่าง ๆ ได้พัฒนาและผลิตหลอดไฟใหม่ ๆ จำนวนมากที่มีประสิทธิภาพและคุณภาพดีขึ้น รวมทั้งได้พัฒนาหลอดพิเศษเพื่อใช้กับงานบางอย่างโดยเฉพาะ การติดตามการพัฒนาของหลอดไฟฟ้าจะช่วยให้ผู้ออกแบบระบบไฟฟ้าแสงสว่างเลือกใช้หลอดไฟฟ้าที่เหมาะสมกับงานมากยิ่งขึ้น

หลอดต่างชนิดย่อมมีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกัน ตารางที่ 2.1 แสดงการเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของหลอดประเภทต่าง ๆ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.1.2 Color Temperature และ Color Rendering

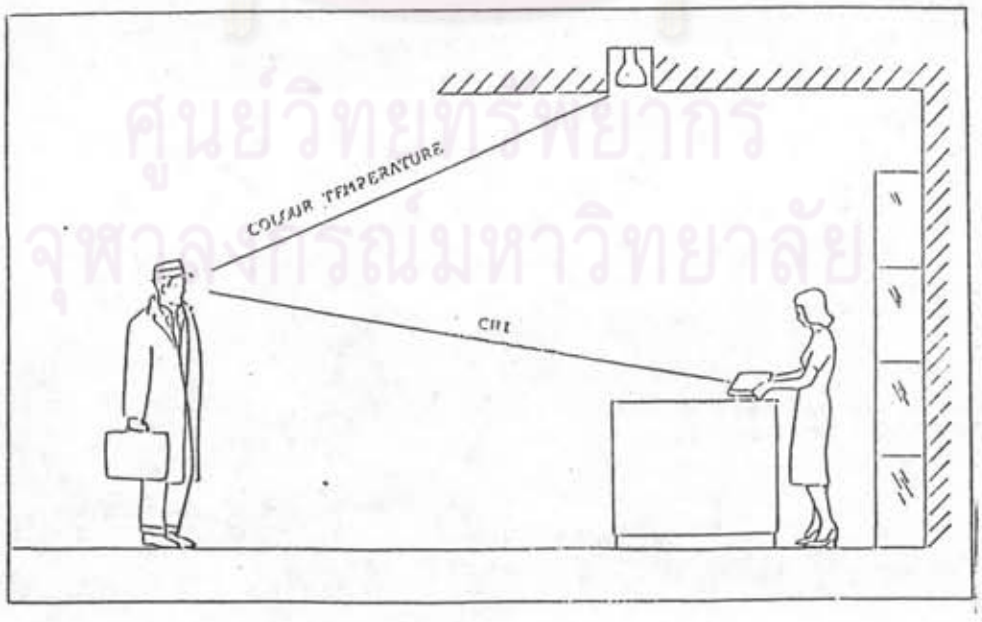
ในรูปที่ 2.1 เป็นการแสดงความแตกต่างระหว่าง Color Temperature และ Color Rendering

Color Temperature มีหน่วยเป็นเคลวิน (K) เป็นค่าที่แสดงให้เราทราบว่าสีของแสงที่ออกจากหลอดไฟฟ้าแต่ละชนิดเป็นสีขาวมากน้อยเพียงใด เช่นหลอดไฟฟ้าที่ให้แสงสี 2500 K จะมีสีคล้าย ๆ กับแสงจากเทียนไข หลอดไฟฟ้าที่ให้แสงสี 5000 K จะมีสีขาวมากขึ้นคล้ายกับแสงแดดเวลาเที่ยงวัน และหลอดไฟฟ้าที่ให้แสงสี 7000 K จะมีสีขาวค่อนไปทางสีฟ้า เป็นต้น

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติของหลอดไฟฟ้าชนิดต่าง ๆ

LIGHTING SOURCE CHARACTERISTICS	INCANDESCENT	TUNGSTEN HALOGEN	FLUORESCENT	MERCURY	LOW PRESSURE SODIUM	HIGH PRESSURE SODIUM	METAL HALIDE
EFFICACY (LM/W)	LOW	LOW	HIGH	HIGH	VERY HIGH	VERY HIGH	HIGH TO V.HIGH
COLOR RENDITION	VERY GOOD	VERY GOOD	FAIR TO V.GOOD	FAIR TO GOOD	VERY POOR	POOR TO GOOD	GOOD
LIFE	SHORT TO V.SHORT	SHORT TO V.SHORT	LONG TO V.LONG	VERY LONG	VERY LONG	VERY LONG	LONG TO V.LONG
COMPACTNESS	GOOD	VERY GOOD	FAIR TO V.GOOD	FAIR TO GOOD	FAIR TO GOOD	FAIR TO GOOD	FAIR TO GOOD
BURNING POSITION LIMIT	NONE TO FEW	NONE TO SOME	NONE	NONE	SOME	NONE	NONE TO SOME
LUMEN MAINTENANCE	GOOD	VERY GOOD	FAIR TO GOOD	FAIR TO GOOD	GOOD	GOOD	POOR TO FAIR
RADIANT HEAT	HIGH	VERY HIGH	VERY LOW	LOW	LOW	LOW	LOW
DIMMING CAPACILITY	VERY GOOD	VERY GOOD	GOOD	FAIR	POOR	POOR	POOR
BRIGHTNESS	HIGH	VERY HIGH	LOW	HIGH	HIGH TO V.HIGH	HIGH TO V.HIGH	HIGH TO V.HIGH
STARTING TIME	INSTANT	INSTANT	FAST TO INSTANT	VERY SLOW	VERY SLOW	VERY SLOW	VERY SLOW
BALLAST REQUIRED	NO	NO	YES	YES	YES	YES	YES
OPTICAL CONTROL	GOOD	VERY GOOD	POOR	POOR	POOR	GOOD	GOOD

ส่วน Color Rendering Index (CRI) เป็นค่าที่แสดงให้เราทราบว่าสีของวัตถุภายใต้หลอดไฟใด ๆ จะใกล้เคียงกับเมื่อเห็นภายใต้หลอดไฟฟ้าอ้างอิงมากเพียงใด แต่อย่างไรก็ตามเวลาเราจะเปรียบเทียบค่า CRI ของหลอดไฟฟ้าสองชนิดได้ก็ต่อเมื่อหลอดทั้งสองมีค่า Color Temperature เท่ากันเท่านั้น



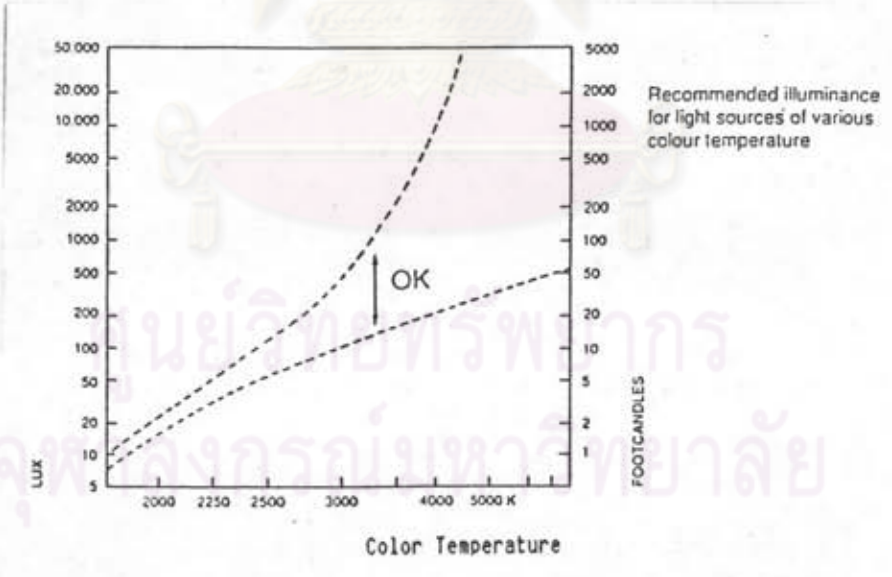
รูปที่ 2.1 ความแตกต่างระหว่าง Color Temperature และ Color Rendering

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.1.3 ความสว่างที่เหมาะสมในการเลือกใช้หลอดไฟฟ้าที่ Color Temperature ต่าง ๆ

จากการทดลองพบว่า ถ้าใช้หลอดที่มี Color Temperature สูง ๆ จะต้องออกแบบให้มีความสว่างมากกว่าเมื่อเลือกใช้หลอดไฟฟ้าที่มี Color Temperature ต่ำกว่า ถ้าเราออกแบบให้มีความสว่างไม่สอดคล้องกับหลอดไฟฟ้าที่เลือกใช้แล้วจะทำให้รู้สึกอึดอัดไม่สบาย ช่วงความสว่างที่เหมาะสมสำหรับ Color Temperature ต่าง ๆ แสดงไว้ในรูปที่ 2.2

สมมติว่าเราเลือกใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ Warm White (ประมาณ 3000 K) ควรออกแบบให้มีความสว่างประมาณ 100-500 lux (ขึ้นกับลักษณะของงาน) ถ้าเลือกใช้หลอด Cool White (ประมาณ 4000 K) ก็ควรออกแบบให้มีความสว่างอยู่ระหว่าง 200-10000 lux (ขึ้นกับลักษณะของงาน)



รูปที่ 2.2 ช่วงความสว่างที่เหมาะสมสำหรับ Color Temperture ต่าง ๆ

2.1.4 การเลือกหลอดไฟฟ้าที่ให้สีเหมาะกับวัตถุและสิ่งแวดล้อมภายในห้อง

ในการออกแบบไฟฟ้าแสงสว่างในอาคารนั้นจะต้องคำนึงถึงสีของวัตถุและสิ่งแวดล้อมภายในห้องที่จะใช้งานด้วย ถ้าเลือกใช้หลอดไฟฟ้าที่เหมาะสม วัตถุและสิ่งแวดล้อมจะดูสวยงามสบายตา เพื่อความสะดวก จะแบ่งสีของหลอดไฟฟ้าออกเป็น 3 กลุ่ม คือ Warm Color, Mid-Range Color และ Cool Color ดังนี้

1. หลอด Warm Color หมายถึง หลอดไฟที่มี Color Temperature ตั้งแต่ 3100 K ลงไป จะทำให้วัตถุที่มีสีแดงและส้มดูสดและสวยงาม แต่วัตถุที่มีสีน้ำเงินจะดูทึม ๆ ส่วนสีเหลือง เขียว และขาวนั้น ส่วนใหญ่จะดูปกติ

2. หลอด Mid-Range Color หมายถึง หลอดไฟที่มี Color Temperature ตั้งแต่ 3100 K ถึง 4000 K จะไม่เน้นสีใดเป็นพิเศษ แต่จะให้สีส่วนใหญ่ดูดี

3. หลอด Cool Color หมายถึง หลอดไฟที่มี Color Temperature ตั้งแต่ 4000 K ขึ้นไป จะทำให้วัตถุที่มีสีน้ำเงินดูสดและสวย แต่จะทำให้สีแดงดูชืด ส่วนสีอื่น ๆ จะดูปกติ

ตารางที่ 2.2 แสดง Color Rendition ของหลอดไฟฟ้าที่นิยมใช้กันในอาคาร รวมทั้งผลของหลอดไฟฟ้าเหล่านั้นที่มีผลต่อวัตถุสีต่าง ๆ

2.2 โคมไฟฟ้า

โคมไฟฟ้า คือ อุปกรณ์ซึ่งมีหน้าที่ควบคุมการกระจายแสงของหลอดไฟฟ้า และป้องกันการเกิดแสงจ้าเข้าตาผู้ใช้ ประกอบด้วยชิ้นส่วนจับยึดหลอดไฟฟ้า ชิ้นส่วนใช้ในการติดตั้ง ปกปิดหรือครอบหลอดไฟฟ้าเพื่อป้องกันสิ่งต่าง ๆ เข้าไป นอกจากนี้โคมไฟฟ้าอาจใช้เป็นส่วนประกอบในการตบแต่งภายนอกและภายในอาคารอีกด้วย

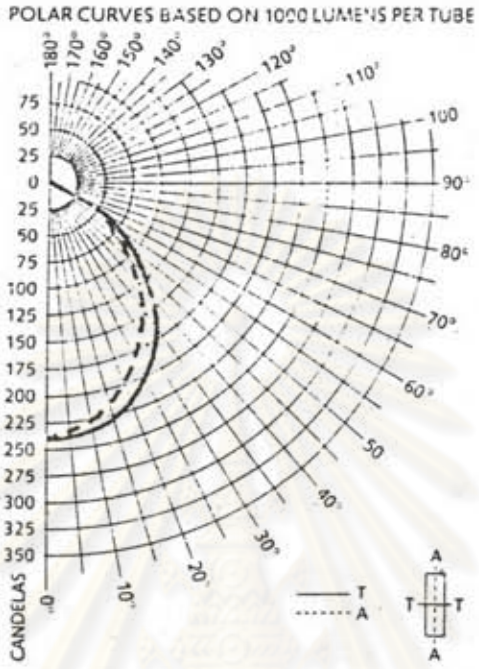
ตารางที่ 2.2 Color Rendition ของหลอดไฟฟ้าที่นิยมใช้และผลที่มีต่อวัตถุสีต่าง ๆ

LAMP TYPE	GENERAL RENDITION & EFFECT	COLORS EMPHASIZED	COLORS GRAYED
INCANDESCENT	VERY GOOD RENDITION (WARM)	RED,ORANGE,YELLOW	BLUE
FLUORESCENT-COOLWHITE	GOOD RENDITION (COOL)	BLUE, YELLOW	RED
FLUORESCENT-WARMWHITE	FAIR RENDITION (WARM)	ORANGE, YELLOW	BLUE, GREEN
FLUOR - COOLWHITE/DELUXE	VERY GOOD RENDITION(MID-RANGE)	ALL	NONE
FLUOR - WARMWHITE/DELUXE	GOOD RENDITION (WARM)	RED,ORANGE,YELLOW	BLUE
COLOR IMPROVED MERCURY	FAIRLY GOOD RENDITION(COOL)	BLUE, YELLOW	GREEN
METAL HALIDE	GOOD RENDITION (MID-RANGE)	YELLOW,GREEN,BLUE	NONE

2.2.1 การกระจายแสงของโคมไฟ

การกระจายแสงของโคมไฟมักจะแสดงในรูปของการกระจายความเข้มแห่งการส่องสว่าง (Luminous Intensity Distribution) ดังแสดงเป็นตัวอย่างในรูปที่ 2.3 นอกจากการกระจายแสงของโคมไฟแล้วยังมีข้อมูลของโคมไฟที่นำไปใช้ในการคำนวณอีกคือ เปอร์เซ็นต์ของแสงที่ส่องขึ้นจากโคมไฟ เปอร์เซ็นต์ของแสงที่ส่องลงจากโคมไฟ และอัตราส่วนโดยตรงของโคมไฟซึ่งอาจใช้ฟลักซ์ที่ได้จากโคมไฟในช่วงโซน 0° ถึง 40° หารด้วยฟลักซ์ที่ออกจากโคมไฟในช่วงครึ่งทรงกลมล่างเป็นค่าประมาณของอัตราส่วนโดยตรงได้

ซีไออี ได้แบ่งการกระจายแสงของโคมไฟออกเป็น 6 ประเภท โดยแบ่งตามเปอร์เซ็นต์ของแสงที่ส่องขึ้นและส่องลงจากโคมไฟ แต่ไม่ได้คำนึงถึงรูปร่างของการกระจายแสงในส่วนที่ส่องขึ้นหรือส่องลงเลย ยกเว้นกรณีที่เป็นแบบกระจายแสงทั่วไป (General diffuse) และเป็น Direct-Indirect ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2.3



รูปที่ 2.3 การแสดง Luminous Intensity Distribution ของโคมไฟในลักษณะของ Polar Curve

ตารางที่ 2.3 การแบ่งโคมไฟของ CIE โดยพิจารณาลักษณะของการกระจายแสง

Category	% Upward lumens	% Downward lumens
Direct	0–10	100–90
Semidirect	10–40	90–60
General diffuse	40–60	60–40
Direct-indirect	40–60	60–40
Semi-indirect	60–90	40–10
Indirect	90–100	10–0

2.2.2 ประสิทธิภาพของโคมไฟ (Luminaire Efficiency)

ประสิทธิภาพของโคมไฟ เป็นอัตราส่วนของฟลักซ์ทั้งหมดที่ส่องออกจากโคมไฟต่อฟลักซ์ทั้งหมดที่ได้จากหลอดไฟ ยิ่งค่าประสิทธิภาพของโคมไฟต่ำ แสดงว่าแสงที่เปล่งออกมาจากหลอดไฟถูกดูดกลืนไปโดยโคมไฟ โคมไฟที่ดีไม่ควรมีประสิทธิภาพต่ำกว่า 70% ความแตกต่างระหว่างเปอร์เซ็นต์ของแสงที่ส่องขึ้นและเปอร์เซ็นต์ที่แสงส่องลง (% Upward lumens และ % Downward Lumens) ในตารางที่ 2.3 กับประสิทธิภาพของโคมไฟ คือ เปอร์เซ็นต์แสงที่ส่องขึ้นและเปอร์เซ็นต์แสงที่ส่องลง จะเป็น 100% เสมอ โดยไม่ขึ้นกับประสิทธิภาพของโคมไฟ

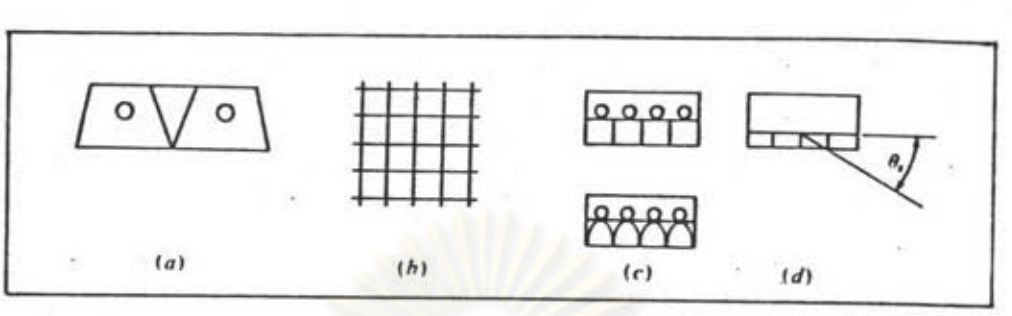
2.2.3 การควบคุมแสง

ในการออกแบบเราจะพยายามหลีกเลี่ยงการใช้หลอดเปลือย ดังนั้นเราจึงต้องใช้โคมไฟในการควบคุมแสงจากหลอดไฟให้กระจายไปตามทิศทางที่ต้องการ เทคนิคเบื้องต้นในการควบคุมแสง ได้แก่

1. ตัวกระจายแสง (Diffusers) ได้แก่ เลนซ์แบบ Prismatic Lenes และ/หรือ ตัวส่งผ่านแสงแบบแผ่น ซึ่งอาจทำด้วยกระจกหรือพลาสติกก็ได้ ติดตั้งอยู่ด้านใต้และด้านข้างของโคมไฟเพื่อบังคับและกระจายแสงไปในทิศทางที่ต้องการ เพื่อลดความส่องสว่างของโคมไฟในช่วงมุม จาก 45° - 90° ซึ่งจะมีผลต่อแกลร์มาก ตัวกระจายแสงหรือ Diffusers ต้องมีการดูดกลืนแสงต่ำมาก เพราะถ้าฟลักซ์ตอนแรกไม่สามารถส่งผ่านไปได้จะถูกสะท้อนกลับไปที่ตัวสะท้อน (Reflector) ซึ่งตัวสะท้อนจะสะท้อนกลับมาที่ตัวกระจายแสงอีกครั้ง จึงทำให้ผลรวมของฟลักซ์ที่ถูกส่งผ่านไปก็มากขึ้น

2. กำบังและบานเกล็ด (Baffles and Louvers) โดยปกติกำบังจะเป็นวัสดุกั้นแสงที่มีรูปร่างเป็นรูปตัววี โดยจะวางต่อขนานกับตัวหลอด ดังในรูปที่ 2.4 (a) บานเกล็ดมีลักษณะคล้ายกับตะแกรงซึ่งเอากำบังหลาย ๆ อันมาวางเป็นตาราง ดังรูปที่ 2.4 (b) บานเกล็ดอาจมีลักษณะตรง ๆ หรือเป็นรูปพาราโบลา ดังในรูปที่ 2.4 (c) มุมบัง

(Shielding Angle) หาได้ดังที่แสดงไว้ในรูปที่ 2.4 (d) ซึ่งในรูปมุมบังเท่ากับ Os ส่วนรูปร่างและขนาดของบานเกล็ดก็แตกต่างกันไปตามลักษณะการใช้งาน



รูปที่ 2.4 เทคนิคการควบคุมแสงโดยใช้กำบังและบานเกล็ด

3. ตัวสะท้อนแสง (Reflectors) มีอยู่ 2 ชนิด คือ แบบ Specular หรือ Semispecular กับแบบกระจายแสง (Diffuse Type) โดยตัวสะท้อนแสงจะติดตั้งอยู่เหนือหลอดไฟ เพื่อสะท้อนแสงที่ส่องจากส่วนบนของหลอดลงสู่พื้นที่ทำงานให้มากที่สุด รูปร่างของแบบ Specular ที่เป็นพื้นฐานคือ วงกลม พาราโบลา วงรี หรือลักษณะรวม ๆ ของที่กล่าวข้างต้น

ตัวสะท้อนแสงแบบ Specular หรือ Semispecular นิยมใช้ในโคมไฟที่ใช้หลอดไฟฟ้าแบบมีไส้และโคมไฟที่ใช้หลอดแบบ HID (High Intensity Gas Discharge) มักทำด้วยอลูมิเนี่ยมและมีการปรับแต่งผิวหน้าเพื่อให้ผิวของตัวสะท้อนมีการสะท้อนแสงได้ดีและมีความคงทนต่อสภาพแวดล้อม

ส่วนตัวสะท้อนแสงแบบกระจายแสง มักใช้ในโคมไฟฟ้าแบบฟลูออเรสเซนต์ โดยพยายามสะท้อนแสงส่วนที่ส่องขึ้นจากหลอดไฟลงมาสู่พื้นที่ทำงานให้มากที่สุด และกระจายแสงไปในทิศทางต่าง ๆ ให้มากที่สุด

การใช้ตัวสะท้อนแสงในโคมไฟ มีข้อควรคำนึงถึงหลายข้อ ข้อแรก การบังคับให้แสงสะท้อนกลับมาสู่พื้นที่ทำงานจะทำให้ตัวหลอดไฟต้องทำงานที่อุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิห้อง ซึ่งอาจจะมีผลให้ฟลักซ์ที่ได้จากหลอดไฟลดลง ข้อที่สอง การที่อุณหภูมิของหลอดและโคมไฟสูงขึ้นอาจ

ทำให้ตัวกระจายแสงหรือพวกเลนซ์ต่าง ๆ เกิดความเค้น (Stress) และจะทำให้คุณสมบัติของตัวกระจายแสงเสื่อมลงได้ และข้อสุดท้าย ในกรณีที่ใช้ตัวสะท้อนแสงแบบ Specular ตำแหน่งของหลอดไฟเทียบกับตัวสะท้อนแสงจะมีความสำคัญมาก เนื่องจากถ้าหลอดไฟคลาดเคลื่อนไปเพียงเล็กน้อย จะมีผลต่อลักษณะการกระจายความเข้มแห่งการส่องสว่างอย่างมาก

2.3 Light Loss Factor (LLF)

เนื่องจากในการออกแบบระบบแสงสว่างภายในอาคารนั้น สิ่งที่เราสนใจคือ ค่าความสว่างที่ได้ (Maintained Illuminance) ซึ่งการหาค่าความสว่างที่ได้นี้ทำได้โดยพิจารณาถึงตัวคูณสูญเสียแสง (Light Loss Factor, LLF) อันได้แก่

2.3.1 การสูญเสียที่ควบคุมได้ (Recoverable Losses) ได้แก่

2.3.1.1 Lamps Burnouts (LBO) ในทางปฏิบัติถ้าเพดานของห้องสูงมาก ๆ เราจะไม่เปลี่ยนหลอดไฟทันทีที่หลอดขาด ซึ่งการที่มีหลอดไฟดับเป็นบางดวง ทำให้ความสว่างที่ได้ลดลง LBO Factor ขึ้นอยู่กับว่าจะยอมให้หลอดขาดไปกี่เปอร์เซ็นต์ก่อนที่จะทำการเปลี่ยนหลอดไฟใหม่ LBO Factor หาได้จากสมการ

LBO Factor = (จำนวนหลอดไฟที่ยังใช้งานได้ก่อนมีการเปลี่ยนหลอดใหม่)
/ (จำนวนหลอดไฟทั้งหมด)

(2.1)

2.3.1.2 Lamp Lumen Depreciation ฟลักซ์ที่ได้จากหลอดไฟจะลดลงตามอายุการใช้งานของหลอดไฟเนื่องจากการเสื่อมสภาพของหลอดไฟ ดังนั้นจึงต้องนำ LLD Factor มาคำนวณด้วย

2.3.1.3 Luminaire Dirt Depreciation ความสกปรกที่สะสมอยู่ที่โคมไฟจะมีผลต่อการสะท้อนแสงของผิวโคมไฟ การส่งผ่านแสง (Transmittance) ของเลนซ์ของโคมไฟ และตัวกระจายแสง (Diffusers) ดังนั้นจึงจัดโคมไฟออกตาม Mainte-

nance Category ได้ 6 แบบ จาก I ถึง IV และแบ่ง Degree of Dirt Condition ของบรรยากาศรอบ ๆ โคมไฟออกเป็น 5 ระดับ คือ สะอาดมาก สะอาด ปานกลาง สกปรก และ สกปรกมาก

ค่า Maintenance Category ของโคมนั้นขึ้นกับลักษณะและแบบของโคมไฟซึ่งสามารถหาได้จากข้อมูลของผู้ผลิต เมื่อเราทราบ Maintenance Category ของโคมไฟ และ Degree of Dirt Condition ของบรรยากาศแล้ว นำไปหาค่า A และ B จากตารางที่ 2.4 และ LDD Factor จะมีค่าเป็นไปตามสมการ

$$LDD = \exp(-At^{B}) \qquad (2.2)$$

เมื่อ t = ช่วงเวลาของการทำความสะอาดโคมไฟแต่ละครั้ง (ปี)

ตารางที่ 2.4 Luminaire Dirt Depreciation Constants ที่ใช้ในการคำนวณ LDD สำหรับ 6 Luminaire Categories และ 5 Degrees of Dirtiness

Luminaire Dirt Depreciation Constants (Used for Calculating the LDD for Six Luminaire Categories and for Five Degrees of Dirtiness.)

Luminaire Maintenance Category	B	A				
		Very Clean	Clean	Medium	Dirty	Very Dirty
I	.69	.038	.071	.111	.162	.301
II	.62	.033	.068	.102	.147	.188
III	.70	.079	106	.143	.184	236
IV	.72	.070	.131	.216	.314	.452
V	.53	.078	.128	190	.249	321
VI	.88	.076	.145	.218	.284	.396

2.3.1.4 Room Surface Dirt Depreciation ความสกปรกที่พื้นผิวห้องจะมีผลต่อการสะท้อนแสงจากโคมไฟไปสู่พื้นที่ทำงาน ค่า RSDD Factor นี้ขึ้นอยู่กับความสกปรกของบรรยากาศบริเวณห้อง ช่วงเวลาของการทำความสะอาดพื้นผิวห้อง การกระจายแสงของโคมไฟ และขนาดของห้อง (Room Proportions) การหา RSDD Factor ทำได้ดังนี้

1. ใช้ตารางที่ 2.5 เพื่อหา Expected Dirt Depreciation
2. นำค่า Expected Dirt Depreciation ที่หาได้ในข้อแรก ประกอบกับ Room Cavity Ratio ไปหา RSDD Factor ได้โดยใช้ข้อมูลในรูปที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 ใช้สำหรับหา Expected Dirt Depreciation

Evaluation of Operating Atmosphere[7]
Factors for Use in Table Below

1 = Cleanest conditions imaginable
2 = Clean, but not the cleanest
3 = Average
4 = Dirty, but not the dirtiest
5 = Dirtiest conditions imaginable

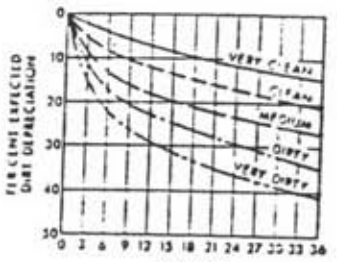
Type of Dirt*	Area Adjacent to Task Area						Filter Factor (per cent of dirt passed)		Area Surrounding Task						Sub Total
	Intermittent Dirt		Constant Dirt		Total				From Adjacent		Intermittent Dirt		Constant Dirt		
Adhesive Dirt		+		=		×		=		+		+		=	
Attracted Dirt		+		=		×		=		+		+		=	
Inert Dirt		+		=		×		=		+		+		=	
													Total of Dirt Factors		

0-12 = Very Clean	13-24 = Clean	25-36 Medium	37-48 = Dirty	49-60 = Very Dirty

* See step 2 under Luminaire Dirt Depreciation.

Five Degrees of Dirt Conditions

	Very Clean	Clean	Medium	Dirty	Very Dirty
Generated Dirt	None	Very little	Noticeable but not heavy	Accumulates rapidly	Constant accumulation
Ambient Dirt	None (or none enters area)	Some (almost none enters)	Some enters area	Large amount enters area	Almost none excluded
Removal or Filtration	Excellent	Better than average	Poorer than average	Only fans or blowers if any	None
Adhesion	None	Slight	Enough to be visible after some months	High—probably due to oil, humidity or static	High
Examples	High grade offices, not near production; laboratories; clean rooms	Offices in older buildings or near production, light assembly, inspection	Mill offices; paper processing; light machining	Heat treating; high speed printing; rubber processing	Similar to Dirty but luminaires within immediate area of contamination



Room Surface Dirt Depreciation Factors

Luminaire Distribution Type	Direct				Semi-Direct				Direct-Indirect				Semi-Indirect				Indirect			
Per Cent Expected Dirt Depreciation	10	20	30	40	10	20	30	40	10	20	30	40	10	20	30	40	10	20	30	40
Room Cavity Ratio																				
1	.98	.96	.94	.92	.97	.92	.89	.84	.94	.87	.80	.76	.94	.87	.80	.73	.90	.80	.70	.60
2	.98	.96	.94	.92	.96	.92	.88	.83	.94	.87	.80	.75	.94	.87	.79	.72	.90	.80	.69	.59
3	.98	.95	.93	.90	.96	.91	.87	.82	.94	.86	.79	.74	.94	.86	.78	.71	.90	.79	.68	.58
4	.97	.95	.92	.90	.95	.90	.85	.80	.94	.86	.79	.73	.94	.86	.78	.70	.89	.78	.67	.56
5	.97	.94	.91	.89	.94	.90	.84	.79	.93	.86	.78	.72	.93	.86	.77	.69	.89	.78	.66	.55
6	.97	.94	.91	.88	.94	.89	.83	.78	.93	.85	.78	.71	.93	.85	.76	.68	.89	.77	.66	.54
7	.97	.94	.90	.87	.93	.88	.82	.77	.93	.84	.77	.70	.93	.84	.76	.68	.89	.76	.65	.53
8	.96	.93	.89	.86	.93	.87	.81	.75	.93	.84	.76	.69	.93	.84	.76	.68	.88	.76	.64	.52
9	.96	.92	.88	.85	.93	.87	.80	.74	.93	.84	.76	.68	.93	.84	.75	.67	.88	.75	.63	.51
10	.96	.92	.87	.83	.93	.86	.79	.72	.93	.84	.75	.67	.92	.83	.75	.67	.88	.75	.62	.50

รูปที่ 2.5 ใช้ในการหา Room Surface Dirt Depreciation Factors

2.3.2 การสูญเสียที่ควบคุมไม่ได้ (Unrecoverable Losses) ได้แก่

2.3.2.1 Luminaire Ambient Temperature (LAT) โดยทั่วไปสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์และโคมไฟ จะกำหนด Rating ที่อุณหภูมิ 25°C อากาศนิ่ง แต่ในการใช้งานจริง ๆ อุณหภูมิของหลอดไฟและโคมไฟจะสูงกว่า 25°C ซึ่งทำให้ฟลักซ์ที่ได้จากหลอดและโคมไฟลดลง เช่นสำหรับโคมไฟฟลูออเรสเซนต์ ถ้าทำงานที่ 30°C ฟลักซ์ที่ได้จากโคมไฟจะลดลงประมาณ 7.5% คือจะได้ LAT Factor เป็น 0.925 ส่วนในกรณีเป็นหลอดไส้ (Incandescent Lamps) และหลอด HID LAT Factor มีค่าใกล้เคียง 1.0

2.3.2.2 Voltage of the Luminaire (VL) เมื่อแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับหลอดไฟตกลง จะมีผลให้ฟลักซ์ที่ได้จากโคมไฟลดลง เช่นถ้าแรงดันเปลี่ยนไป 1% จะทำให้หลอดไส้และหลอดไอปรอทที่ใช้ Reactor Ballast มีฟลักซ์ลดลง 3% และสำหรับหลอด

015809

ฟลูออเรสเซนต์จะมีฟลักซ์ลดลง 0.4%

2.3.2.3 Luminaire Surface Depreciation (LSD) เกิดจากการที่วัสดุที่ใช้ทำโคมไฟมีคุณสมบัติเปลี่ยนไปตามเวลา จึงทำให้ปริมาณแสงที่ได้จากโคมไฟลดลง

2.3.2.4 Ballast Factor (B) เป็นอัตราส่วนของฟลักซ์ที่ได้จากหลอดเมื่อใช้บัลลาสต์ของตัวเอง ต่อฟลักซ์ที่ได้จากหลอดเมื่อต่อกับบัลลาสต์ที่ใช้ในการทดสอบในห้องทดสอบ ทั้งนี้เป็นเพราะบัลลาสต์ที่ใช้อาจมีคุณสมบัติแตกต่างกันได้ โดยทั่วไปสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ธรรมดาจะใช้ Ballast Factor 0.95 และ 0.89 สำหรับหลอดแบบประหยัดพลังงานในกรณีที่ใช้ CBM Ballast ส่วน Non-CBM Ballast และ Small Inductor Fluorescent Ballast จะใช้ค่า Ballast Factor 0.50 ถึง 0.75 ส่วนหลอด HID ไม่สามารถหา Ballast Factor ได้

เมื่อเราทราบแฟกเตอร์ต่าง ๆ ทั้ง 8 ตัวแล้ว ก็สามารถหา Light Loss Factor (LLF) ที่ต้องการได้ โดยเอาแฟกเตอร์ทั้ง 8 ตัวมาคูณกัน ถ้าแฟกเตอร์ตัวใดไม่ทราบหรือไม่สามารถหาได้ ก็ให้ใช้ค่าเป็น 1.0

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย