การประยุกต์คอมพิวเตอร์ในงานออกแบบระบบแสงสว่าง

COMPUTER AIDED IN LIGHTING DESIGN

ปัญญา ติยะจามร
Punya Tiyajamorn
ไพบูลย์ ตวงศิริกุลวัฒนา
Paiboon Toungsirikulwattana

อาจารย์ที่ปรึกษา
รศ.ศุลี บรรจงจิตร
Sulee Banjongit
B.Eng.(KMITT),M.Eng.(KMITL)
ผศ.ทองใบ อรรถเศรษฐ
Thongbai Attaseth
B.Eng.,M.Eng.(KMITT)

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วิทยานิพนธ์สำหรับปริญญาวิศกรรมศาสตร์บัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2531

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของลิขสิทธิ์ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

023141 -8 ส.ค. 2532

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2531

ภาควิชาไฟฟ้ากำลัง

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

การประยุกต์คอมพิวเตอร์ในงานออกแบบระบบแสงสว่าง

COMPUTER AIDED IN LIGHTING DESIGN

ผู้จัดทำ

ปัญญา ติยะจามร

ไพบูลย์ ตวงศิริกุลวัฒนา

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ ศุลี บรรจงจิตร)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ ทองใบ อรรถเศรษฐ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

023141

การประยุกต์คอมพิวเตอร์ในงานออกแบบระบบแสงสว่าง

ปัญญา ติยะจามร
ไพบูลย์ ตวงศิริกุลวัฒนา

อ.ศุลี บรรจงจิตร อาจารย์ที่ปรึกษา
อ.ทองใบ อรรถเศรษฐ อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2531

บทคัดย่อ:

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เรียบเรียงขึ้นจาก โปรแกรมที่ได้เขียนขึ้นสำหรับการคำนวณออกแบบระบบแสงสว่างตามวิธีการบริติชโซนอลของอังกฤษซึ่งเป็นวิธีการที่สมาคมวิศวกรรมการส่องสว่างแห่งประเทศอังกฤษ (IES,London) กำหนดขึ้น โดยโปรแกรมจะแสดงลักษณะการกระจายแสงของโคมไฟแสงสว่าง บนโพลาร์กราฟ (Polar coordinate graph) และ ไอโซแคนเดลากราฟ (Isocandela coordinate graph) ซึ่งทำให้สามารถทราบถึงบริเวณที่มีการส่องสว่างมากน้อยภายใต้โคมไฟแสงสว่างแต่ละชนิด โดยวิธีการบริติชโซนอล โปรแกรมจะคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การใช้งานของโคมไฟแสงสว่าง (Coefficients of Utilization Factor)ซึ่งเป็นข้อมูลทางแสงที่สำคัญของดวงโคมที่ให้ค่าการส่องสว่างเฉลี่ยมีความสม่ำเสมอตลอดพื้นที่ทำงาน โดยวิธีการลูเมน-ระบบบริติชโซนอลโปรแกรมจะคำนวณหาจำนวนโคมไฟแสงสว่าง ต่อ ขนาดพื้นที่ภายใต้ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนของพื้นผิวที่ถูกกำหนด และ แสดงผลเป็นไดอะแกรมบนกราฟล็อก โปรแกรมที่เขียนขึ้นนี้ช่วยให้แสดงข้อมูลทางแสงที่สำคัญของโคมไฟแสงสว่าง เพื่อให้การออกแบบระบบแสงสว่างมีความถูกต้อง สะดวกรวดเร็ว โดยไม่ต้องเสียเวลาและค่าใช้จ่ายสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COMPUTER AIDED IN LIGHTING DESIGN

PUNYA TIYAJAMORN

PAIBOON TOUNGSIRIKULWATTANA

SULEE BANJONGJITR ADVISOR

THONGBAI ATTASETH ADVISOR

1988

Abstract:

This thesis is an application of the Computer Aided in Lighting Design program which based on Lumen Method-British Zonal System that is purposed by I.E.S. (The Illuminating Engineering Society) , London. The purpose to start developing this program is to be used for lighting design. It can indicate the distribution of light on Polar Coordinate Graph and Isocandela Coordinate Graph. And calculate the value of Coefficient of Utilization Factor and the number of luminaires by the graphical solutions of homogram which are suffciently accurated for the result.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

		หน้า
บทที่ 1	บทนำ	1-1
บทที่ 2	พื้นฐานการออกแบบระบบไฟฟ้าแสงสว่าง	2-1
2.1	ปริมาณและคุณภาพของแสงสว่าง	2-1
2.2	อุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่าง	2-11
2.3	การออกแบบระบบไฟฟ้าแสงสว่าง	2-15
2.4	การใช้งานระบบไฟฟ้าแสงสว่าง	2-16
2.5	การซ่อมบำรุงรักษาระบบไฟฟ้าแสงสว่าง	2-17
บทที่ 3	วิธีการคำนวณออกแบบระบบแสงสว่าง	3-1
3.1	ข้อมูลการกระจายแสงของดวงโคม	3-1
3.2	การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การใช้งานของโคมไฟแสงสว่าง	3-8
3.3	การคำนวณหาจำนวนดวงโคมที่ใช้ในการติดตั้ง	3-19
บทที่ 4	การประยุกต์คอมพิวเตอร์ในงานออกแบบระบบแสงสว่าง	4-1
4.1	การออกแบบระบบแสงสว่างโดยใช้คอมพิวเตอร์	4-1
4.2	ตัวอย่างการคำนวณระบบแสงสว่าง	4-4
บทที่ 5	บทสรุป	5-1
ภาคผนวก ก	นิยามและศัพท์ทางแสง	
ภาคผนวก ข	ระดับความสว่างที่แนะนำ	
ภาคผนวก ค	ตารางค่าตัวประกอบ	
ภาคผนวก ง	โปรแกรมออกแบบระบบแสงสว่าง	
กิตติกรรมประกาศ		
หนังสืออ้างอิง		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

		หน้า
รูป 2.1	ความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถภาพในการมองเห็นและความสว่างที่ขนาดและความเข้มต่างๆ	2-2
รูป 2.2	ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซนต์ของผู้สังเกตุที่เกิดความพอใจในการมองเห็นและความสว่าง	2-3
รูป 2.3	แสดงไดอะแกรมของสีและแหล่งกำเนิดแสงต่างๆ	2-8
รูป 2.4	แสดงทิศทางการกระจายแสงของโคมไฟแสงสว่าง	2-14
รูป 2.5	แสดงผลของการสะท้อนแสงที่มีต่อค่าสัมประสิทธิ์การใช้แสงของโคมไฟแสงสว่างประเภทต่างๆ	2-20
รูป 2.6	เส้นโค้งแสดงปริมาณแสงลดลงตามเวลาใช้งานของโคมไฟ 6 ประเภทภายใต้ความสกปรกต่างๆกัน	2-21
รูป 2.7	แสดงการลดลงของแสงสว่างเนื่องจากความเสื่อมและช่วงเวลาการบำรุงรักษา	2-23
รูป 3.1	แสดงตัวอย่างข้อมูลทางแสงของโคมไฟชนิด High Bay	3-2
รูป 3.2	แสดงลักษณะการกระจายแสงของดวงโคมที่ระนาบต่างๆ	3-2
รูป 3.3	แสดงการแบ่งประเภทของดวงโคมตามลักษณะการกระจายแสง	3-6
รูป 3.4	แสดงการกระจายแสงของโคมไฟชนิดหนึ่งบนแกนไอโซแคนเดลากราฟ	3-7
รูป 3.5	แสดงการกระจายแสงของฟลักซ์การส่องสว่างโดยโคมไฟแสงสว่างที่ติดตั้งในห้อง	3-8
รูป 3.6	แสดงห้องมีความยาว L ความกว้าง W และความสูงจากระดับพื้นที่ทำงานสมมติถึงระดับโคมไฟ Hm	3-11
รูป 3.7	โคมไฟแสงสว่างที่ติดตั้งโดยสมมาตร	3-12
รูป 3.8	แสดงการคำนวณหาค่าความสว่างที่ตำแหน่ง	3-14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตาราง 2.1 ค่าความสว่างเฉลี่ยของพื้นที่ทำงาน	2-4
ตาราง 2.2 ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนของพื้นผิวต่างๆ	2-5
ตาราง 2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างสีของแสงที่ออกจากหลอดไฟกับอุณหภูมิสี	2-7
ตาราง 2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างสีของแสงที่ออกจากหลอดไฟกับความสว่าง	2-9
ตาราง 2.5 แสดงดัชนีการตอบสนองสีของหลอดไฟ	2-10
ตาราง 2.6 ประสิทธิภาพแสงของปลอดไฟฟ้าแสงสว่างชนิดต่างๆ	2-11
ตาราง 2.7 แสดงชนิดและคุณภาพของหลอดไฟ	2-12
ตาราง 2.8 แสดงการแบ่งการกระจายแสงของดวงโคม	2-14
ตาราง 3.1 แสดงค่าตัวประกอบประจำโซน (Zone Factor)	3-4
ตาราง 3.2 ความสัมพันธ์ระหว่าง BZ กับ กราฟโพลาร์	3-5
ตาราง 3.3 แสดงข้อมูลที่ใช้คำนวณค่าความสม่ำเสมอของความสว่าง	3-14
ตาราง 3.4 ตัวอย่างการคำนวณหาค่าอัตราส่วนโดยตรง	3-16
ตาราง 3.5 แสดงค่าอัตราส่วนโดยตรงของโคมแบบให้แสงโดยตรง	3-17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ปัจจุบันนี้ คอมพิวเตอร์ได้มีส่วนในการช่วยมนุษย์ทำงานในด้านต่างๆได้สะดวกรวดเร็ว ดังนั้นในการออกแบบแสงสว่างจึงได้นำเอาคอมพิวเตอร์มาประยุกต์ใช้งาน ซึ่งทำให้ประหยัดเวลาในการออกแบบ และทำให้การคำนวณออกแบบมีความถูกต้องแม่นยำมากยิ่งขึ้น

โปรแกรมที่เขียนขึ้นนี้สามารถนำไปใช้ในงานลักษณะต่างๆดังต่อไปนี้

1. ใช้แสดงข้อมูลทางแสงของดวงโคม ได้แก่ ลักษณะการกระจายแสงของดวงโคม (The Distribution of Light) บนโพลาร์กราฟ (Polar Graph) และไอโซกราฟ (Isocandela Graph) ซึ่งบอกให้ทราบว่า แสงที่ส่องออกจากดวงโคมส่องไปในทิศทางใด และบอกให้ทราบถึง ค่าประสิทธิภาพแสง (Light Output Ratio)

2. แสดงค่าสัมประสิทธิ์การใช้งานของดวงโคม (Coefficients of Utilization Factor) ซึ่งเป็นตัวบอกให้ทราบว่า ฟลักซ์การส่องสว่างทั้งหมดที่ตกกระทบพื้นที่ทำงานมีค่ามากน้อยเพียงใด เมื่อเทียบกับฟลักซ์การส่องสว่างจากหลอดไฟที่ติดตั้งอยู่ในโคม ค่าอัตราส่วนระยะห่างระหว่างดวงโคมต่อความสูงของดวงโคม (S/Hm) ที่เหมาะสมที่ให้ค่าเฉลี่ยของการส่องสว่าง (Illumination) มีความสม่ำเสมอ (Uniformity) ตลอดพื้นที่

3. ใช้ออกแบบแสงสว่างทั่วไป (General Lighting) คำนวณด้วยวิธีลูเมนตามระบบบริติชโซนอล (Lumen Method-British Zonal System) คำนวณหาจำนวนดวงโคมที่ใช้ให้ความสว่างบนพื้นที่ทำงาน แสดงผลการคำนวณเป็นไดอะแกรมบนกราฟล็อกซึ่งทำให้สามารถเลือกใช้งานโคมไฟแสงสว่างได้อย่างสะดวกรวดเร็ว

4. ให้การวางตำแหน่งของดวงโคมเป็นลักษณะสมมาตร(Symmetrical)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
พื้นฐานการออกแบบระบบไฟฟ้าแสงสว่าง
(Basic Principles of Lighting Design)

ระบบไฟฟ้าแสงสว่างนั้นถูกติดตั้งใช้งานเพื่อช่วยในการมองเห็น ดังนั้นส่วนที่สำคัญที่จะต้องพิจารณาคือ ปริมาณและคุณภาพของแสงสว่าง ซึ่งต้องพิจารณาถึงชนิดของงานที่กระทำ สภาพพื้นที่ที่ทำงานนั้นๆและผู้ใช้งาน และยังต้องพิจารณาในด้านประสิทธิภาพของระบบและหลักเศรษฐศาสตร์ ซึ่งเป็นผลต่อค่าใช้จ่ายที่สูญเสียไปด้วย ระบบไฟฟ้าแสงสว่างยังอาจมีผลกระทบกับสภาพแวดล้อมและระบบอื่นๆของอาคารอีกด้วย เช่น ระบบปรับอากาศของอาคาร ปัจจัยต่างๆเหล่านี้ ควรพิจารณาอย่างรอบคอบในขั้นตอนการออกแบบ

ระบบไฟฟ้าแสงสว่างที่ดี คือระบบที่ทำให้การประกอบกิจกรรมต่างๆภายใต้การให้แสงสว่างจากระบบ มีความถูกต้อง และสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี มีประสิทธิภาพสูงมีความปลอดภัย มีความประหยัดค่าใช้จ่ายและพลังงาน

หลักการสำคัญที่จะให้ได้มาซึ่งระบบไฟฟ้าแสงสว่างที่ดี มีประสิทธิภาพสูงมีดังต่อไปนี้

1. ปริมาณและคุณภาพของแสงสว่าง
2. อุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่าง
3. การออกแบบระบบไฟฟ้าแสงสว่าง
4. การใช้งานระบบไฟฟ้าแสงสว่าง
5. การซ่อมบำรุงระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

2.1 ปริมาณและคุณภาพของแสงสว่าง

ปริมาณและคุณภาพของแสงสว่างที่ทำให้การทำงานมีความถูกต้อง และสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ต้องอยู่บนข้อกำหนดต่อไปนี้

-สมรรถภาพในการมองเห็น

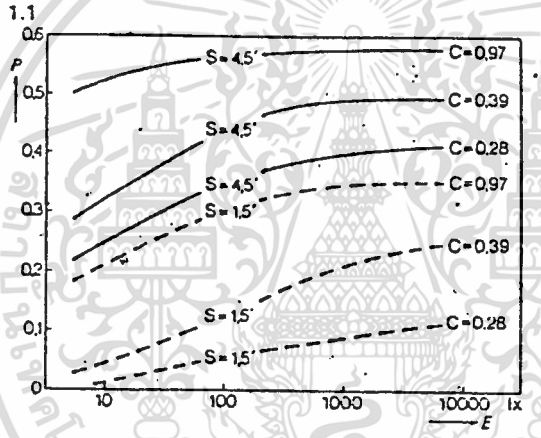
-ความพอใจในการมองเห็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมรรถภาพในการมองเห็น (Visual performance) เป็นเทอมที่ใช้อธิบายถึงความเร็วและความแม่นยำในการทำงาน ขึ้นกับ

- ความสว่าง (Illuminance)
- ความเข้มของสี และความส่องสว่าง (Luminance)
- ขนาดของชิ้นงาน และระยะทางระหว่างชิ้นงานกับตาของผู้ทำงาน

ความสัมพันธ์ระหว่าง สมรรถภาพในการมองเห็น และความสว่างที่ขนาดและความเข้มต่างๆ ดังรูป 2.1 ที่ระดับขนาดของชิ้นงานและความเข้มหนึ่ง ถ้าความสว่างเพิ่มขึ้นสมรรถภาพในการมองเห็นจะดีขึ้นทำให้งานที่ทำจะเสร็จเร็วขึ้นและมีความถูกต้องเพิ่มขึ้น



รูป 2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถภาพในการมองเห็นและความสว่างที่ขนาดและความเข้มต่างๆ

ความพอใจในการมองเห็น (Visual Satisfaction) เป็นเทอมที่ใช้อธิบายถึงความสบายและความพอใจในการมองเห็น จากการศึกษาค้นคว้าของประเทศต่างๆ ในยุโรปตะวันตก ภายใต้ข้อกำหนดที่ว่า ระบบที่ใช้เป็น ระบบแสงสว่างทั่วไปที่ใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์และไม่มีแกลร์ ผลการค้นคว้าดังรูป 2.2 ตำแหน่งความสว่างที่ทำให้เกิดความพอใจสูงสุดจะเปลี่ยนจาก 1500-3000 ลักซ์ บนเส้นโค้งเฉลี่ย ที่ความสว่าง 2000 ลักซ์ จำนวน 75 เปอร์เซนต์ผู้สังเกตมีความพอใจในการมองเห็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

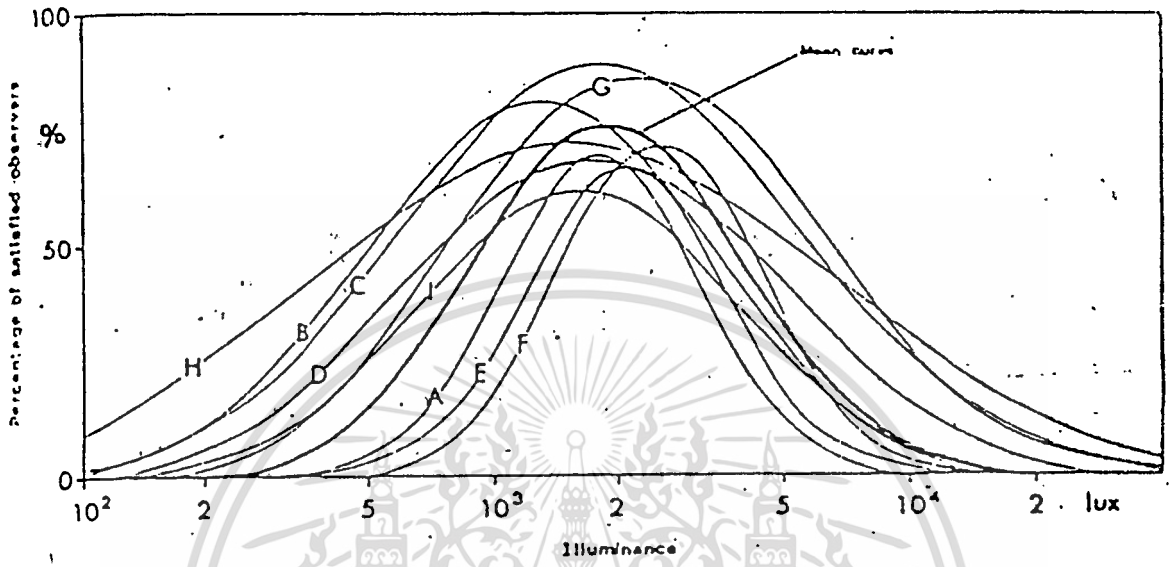


Fig. 1.1
Percentage of observers "satisfied" with different illuminances.

A	Balder, J.J., Lichttechnik, 9, 455 (1957)
B,C	Muck, E., and Bodmann, H.W., Lichttechnik, 13, 512 (1961).
D	Söllner, G., Report No. 1. 14/22, Philips Lichttechnisches Laboratorium, Aachen (unpublished).
E,F	Riemenschneider, W., Bull. SEV, 58, 19 (1967).
G	Westhoff, J.M., and Horeman, H.W., contribution to paper by Bodmann, Lichttechnik, 15, 24 (1963).
H	Boyce, P.R., Lighting Research and Technology 2, 74 (1970).
I	Bodmann, H.W., Söllner, G., and Voit, E., Proc. CIE, Vienna, C, 502 (1963).

รูป 2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซนต์ของผู้สังเกตที่เกิดความพอใจในการมองเห็นและความสว่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณและคุณภาพของแสงสว่าง สามารถอธิบายในเทอมต่างๆดังนี้

2.1.1 ระดับของแสงสว่าง (Lighting Level)

ระดับของแสงสว่างถูกแบ่งขอบเขตของความสว่าง ดังตาราง 1.1 ค่าที่แนะนำในตารางเป็น ค่าความสว่างเฉลี่ย (Average Illuminance) ของพื้นที่ทำงาน โดยความสูงของพื้นที่ทำงานจากพื้นเท่ากับ 0.85 เมตรสำหรับคนยืนทำงาน และ 0.75 เมตรสำหรับคนนั่งทำงาน ค่าความสว่างจริง (Actual Illuminance) บนพื้นที่ทำงานต้องไม่น้อยกว่า 0.8 ของความสว่างที่แนะนำในตาราง

Type of Activity	Illuminance Category	Ranges of Illuminances		Reference Work-Plane
		Lux	Footcandles	
Public spaces with dark surroundings	A	20-30-50	2-3-5	General lighting throughout spaces
Simple orientation for short temporary visits	B	50-75-100	5-7.5-10	
Working spaces where visual tasks are only occasionally performed	C	100-150-200	10-15-20	
Performance of visual tasks of high contrast or large size	D	200-300-500	20-30-50	
Performance of visual tasks of medium contrast of small size	E	500-750-1000	50-75-100	Illuminance on task
Performance of visual tasks of low contrast or very small size	F	1000-1500-2000	100-150-200	
Performance of visual tasks of low contrast and very small size over a prolonged period	G	2000-3000-5000	200-300-500	Illuminance on task, obtained by a combination of general and local (supplementary lighting)
Performance of very prolonged and exacting visual tasks	H	5000-7500-10000	500-750-1000	
Performance of very special visual tasks of extremely low contrast and small size	I	10000-15000-20000	1000-1500-2000	

ตาราง 2.1 ค่าความสว่างเฉลี่ยของพื้นที่ทำงาน

2.1.2 การกระจายความส่องสว่าง (Luminance Distribution)
แบ่งการพิจารณาออกเป็น

1. การกระจายความส่องสว่างในพื้นที่ทำงาน (Luminance Distribution in task area) ความส่องสว่างของผิวรอบๆชิ้นงานต้องมีค่าต่ำกว่าความส่องสว่างของชิ้นงานแต่ต้องไม่ต่ำกว่า 1 ใน 3 ของความส่องสว่างของชิ้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ความสว่างของพื้นผิวห้อง ค่าความสว่างของเพดาน ควรมีค่าอยู่
0.3-0.9 ของค่าความสว่างในแนวนอน การที่มีค่าความสว่างต่ำกว่า จะทำให้เ
เกินไปและกรณีที่มีค่าความสว่างเท่ากับความสว่างของชิ้นงาน จะทำให้เกิดควา
และรบกวนการมองเห็นได้ ส่วนค่าความสว่างของผนัง ควรมีค่าอยู่ระหว่าง ๐
ของค่าความสว่างในแนวนอนโดยที่ไม่ควรมากกว่า 750 ลักซ์ แต่ในกรณีที่ผนังมีหน้
ภาพติดผนังอยู่ ก็อาจจะยอมใช้ความสว่างมากกว่า 750 ลักซ์

สัมประสิทธิ์การสะท้อนของพื้นผิวห้อง

สัมประสิทธิ์การสะท้อนของเพดาน (Reflectance of Ceiling)
อยู่ในช่วง 0.7-0.9

สัมประสิทธิ์การสะท้อนของผนัง (Reflectance of Wall) ควรมีค่
ช่วง 0.3-0.8 ซึ่งรวมพิจารณาอุปกรณ์ติดผนังด้วย

สัมประสิทธิ์การสะท้อนของพื้นที่ทำงาน (Reflectance of W
Plane) ควรมีค่าอยู่ในช่วง 0.2-0.4

Ceilings	0·8	White emulsion paint on plain plaster surface
	0·7	White emulsion paint on acoustic tile
	0·6	White emulsion paint on no-fines concrete
	0·5	White emulsion paint on wood-wool slab
Walls	0·8	White emulsion paint on plain plaster surface; white glazed tiles
	0·4	White asbestos cement sheet; concrete, light grey; Portland cement, smoo
	0·3	Bricks, fletton
	0·25	Concrete, light grey; Portland cement, rough (as board marked)
		Timber panelling: light oak, mahogany, gaboon
	0·2	Timber panelling: teak, afromosia, medium oak
	0·15	Brick, blue engineering
Floors	0·35	Timber: birch, beech, maple
	0·25	Timber: oak
	0·2	Timber: iroko, kerning
	0·1	Quarry tiles: red, heather brown

ตาราง 2.2 ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนของพื้นผิวต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 แกลร์ (Glare)

แกลร์ คือ ความสว่างจ้าที่เกิดจากหลอดไฟ ดวงโคม หน้าต่าง หรือพื้นผิวอื่นๆที่มีความสว่างมากเกินไป เมื่อเปรียบเทียบกับความสว่างทั่วไปภายในห้อง ทำให้เกิด

- ความไม่สบายในการมองเห็น
- ความระคายเคืองตา
- การรบกวนการมองเห็น
- ความเมื่อยล้าของตา

แกลร์สามารถเกิดได้ 2 ลักษณะ คือ

1. แกลร์โดยตรง (Direct Glare) คือ แกลร์ที่เกิดจากความสว่างจ้าของแหล่งกำเนิดแสงเข้าตาโดยตรง

2. แกลร์สะท้อน (Reflected Glare) คือ แกลร์ที่เกิดจากการสะท้อนของแหล่งกำเนิดแสงบนพื้นผิวที่มีสัมประสิทธิ์การสะท้อนสูงพวกวัตถุผิวมัน

แกลร์สะท้อนมักก่อให้เกิดการรบกวนต่อการมองเห็น มากกว่าแกลร์โดยตรง ทั้งนี้เพราะแกลร์สะท้อนเกิดขึ้น ใกล้กับทิศทางการมองเห็นซึ่งตาไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้

แกลร์แบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด

1. ดิสอะบิลิตี้แกลร์ (Disability Glare) คือ แกลร์ที่ทำให้ความสามารถในการมองเห็นลดลง โดยลดสมรรถภาพในการมองเห็น

2. ดิสคอมฟอร์ทแกลร์ (Discomfort Glare) คือ แกลร์ที่ทำให้เกิดความไม่สบายตา ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป ทำให้เกิดความเมื่อยล้าของตา ขึ้นอยู่กับ

- ความส่องสว่างของแหล่งกำเนิดแสงและความส่องสว่างทั่วไปของบริเวณรอบๆ
- มุมเชิงของแข็งระหว่างแหล่งกำเนิดแสงกับตาของผู้สังเกต
- ความแตกต่างของพื้นที่การมองเห็นกับบริเวณรอบๆ
- ตำแหน่งของแหล่งกำเนิดแสงในพื้นที่การมองเห็น

ระบบการคำนวณค่าแกลร์ตามวิธีการของอังกฤษ (I.E.S. Glare Index System-British Method) แสดงดิสคอมฟอร์ทแกลร์ ในเทอมของดัชนีแกลร์ ซึ่งเป็นฟังก์ชันของความส่องสว่าง พื้นที่ของแหล่งกำเนิดแสง ตำแหน่งของดวงโคม ค่าดัชนีแกลร์ที่หาได้ต้องไม่เกินค่าที่กำหนด (Limit Glare Index) ค่าของดัชนีแกลร์หาจาก

$$\text{Glare Index} = 10 \log_{10} \left[0.5 \text{ constant} \sum \frac{Bs^{1.6} w^{0.6}}{BbP^{1.6}} \right]$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Bs คือ ความสว่างจ้าของแหล่งกำเนิดแสง

Bb คือ ความสว่างจ้าของบริเวณรอบๆ

w คือ มุมเชิงของแข็ง

P คือ ดัชนีแสดงตำแหน่งซึ่งสัมพันธ์กับทิศทางที่ตามองเห็น

2.1.4 สี (Colour)

คุณสมบัติของสี สามารถพิจารณาได้ 2 ลักษณะ

1.สีของหลอดไฟ (Chromaticity of Lamp) เป็นสีของแสงที่เปล่งออกมาจากหลอดไฟ พิจารณาได้ดังนี้

1.1 ระบบ CIE ในระบบ CIE [CIE Publication No.15 (1971)] สีของแสงถูกกำหนดในเทอมของโคออร์ดิเนท (x,y) รูป 2.3 แสดงไดอะแกรมของสีโดยโคออร์ดิเนทของสีเหล่านี้ คำนวณได้จากการกระจายของสเปกตรัมในการแผ่รังสีของแสง และจุดต่างๆที่ใช้แทนสีทุกสีจะอยู่ภายใต้พื้นที่ล้อมรอบโดยโลกัส S ซึ่งเป็นเส้นเรียบและต่อกันไปตามสเปกตรัมสีต่างๆโดยมีเส้น P เชื่อมจุดปลายทั้งสองของโลกัส S นี้

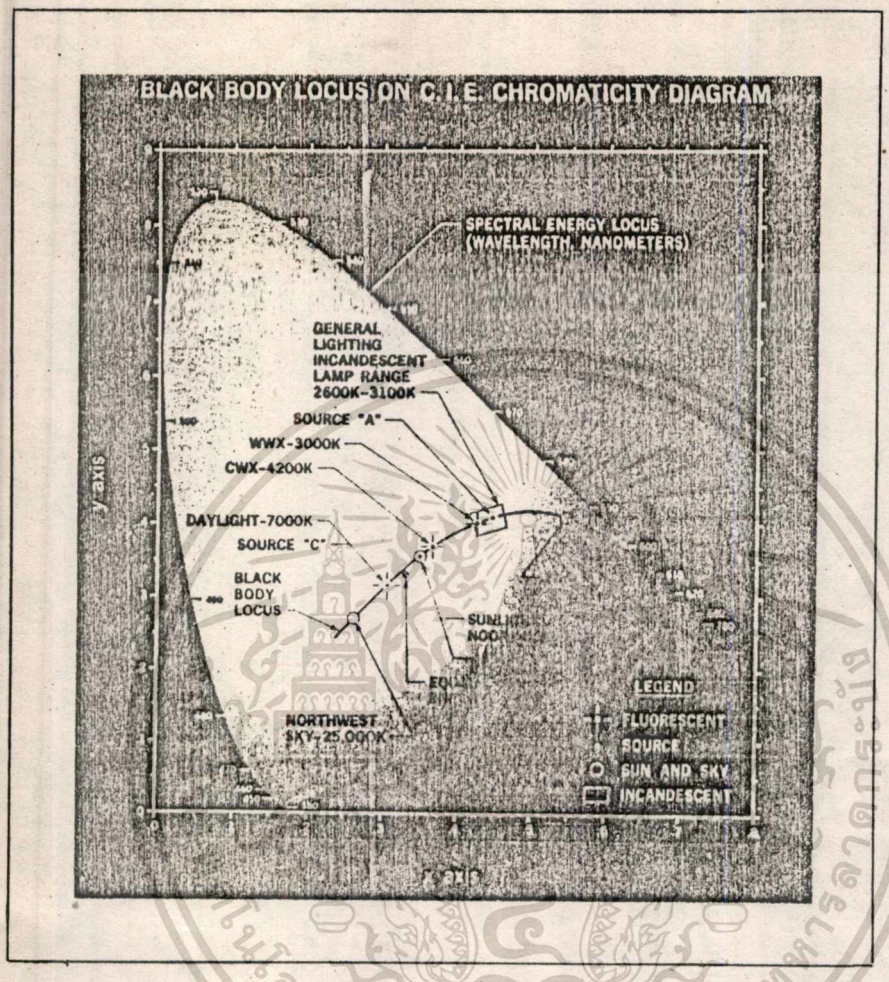
1.2 อุณหภูมิสี (Colour Temperature) เป็นเทอมที่ใช้ในการอธิบายสีของแหล่งกำเนิดแสงโดยเปรียบเทียบสีกับสีของวัตถุดำ (Black Body - สีที่มีจุดรวมของการแผ่รังสีสเปกตรัมสูงสุด)

1.3 สีของแสงที่ออกจากหลอดไฟ (Colour Appearance of Lamp) โดยปกติของหลอดไฟที่ใช้ในระบบแสงสว่างภายในนั้นจะมีสี ซึ่งใกล้เคียงกับ Planckian locus และสามารถแบ่งได้เป็น 3 กลุ่มตามสีที่ปรากฏ ดังแสดงในตาราง 2.3

Correlated Colour Temperature	Colour Appearance
> 5000 K	cool
3300 - 5000 K	intermediate
< 3000 K	warm

ตาราง 2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างสีของแสงที่ออกจากหลอดไฟกับอุณหภูมิสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 แสดงไดอะแกรมของสี และแหล่งกำเนิดแสงต่างๆ

1.4 สีและความสว่าง (Chromaticity and Illuminance) สีของแสงจากแหล่งกำเนิดแสงจะมีความสัมพันธ์กับระดับความสว่าง ที่ระดับความสว่างต่ำควรใช้ชนิด warm light (<3000K) และอุณหภูมิสีของแหล่งกำเนิดแสงควรเพิ่มขึ้นเมื่อความสว่างเพิ่มขึ้น ตาราง 2.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสว่าง กับสีที่ปรากฏ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Illuminance (lux)	Colour appearance of Light		
	Warm	Intermidiate	Cool
< 500	pleasant	neutral	cool
500 - 1000	↕	↕	↕
1000 - 2000	stimulating	pleasant	neutral
2000 - 3000	↕	↕	↕
> 3000	unnatural	stimulating	pleasant

ตาราง 2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างสีของแสงที่ออกจากหลอดไฟกับความสว่าง

2. คัลเลอร์เรนเดอริ่ง (Colour Rendering) เป็นคุณสมบัติการตอบสนองสีที่เป็นตัวกำหนดสีของวัตถุที่มันส่องแสง สามารถพิจารณาดังนี้

2.1วิธีการเลื่อนสีสำหรับกำหนดคุณสมบัติการตอบสนองสีของหลอดไฟ(Color Shift Method for Specifying the Colour Rendering Properties of Light Sources) CIE ได้แนะนำถึงวิธีการวัดและกำหนดคุณสมบัติการตอบสนองของสีของแหล่งกำเนิดแสง โดยพิจารณาการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในสีของวัตถุที่มองเห็นเมื่อแหล่งกำเนิดแสงที่ทดสอบถูกแทนโดยแหล่งกำเนิดแสงอ้างอิง การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นนี้หมายถึง ขนาดของการเลื่อนโคออดิเนทจุดสีในไดอะแกรมสี ซึ่งตัวเลขนี้เรียกว่า ดัชนีการตอบสนองสีเฉพาะ (Special Colour Rendering Index;R_i) มีค่าสูงสุด 100 ซึ่งเกิดขึ้นเมื่อการกระจายสเปกตรัมของแหล่งกำเนิดแสงที่ใช้ทดสอบเหมือนกับแหล่งกำเนิดแสงอ้างอิง สีของวัตถุที่ใช้จะมี 8 สี โดยในแต่ละสีมีค่า R_i ของมันเอง (R1-R8) ค่าเฉลี่ยของดัชนีการตอบสนองสีเฉพาะ ของสีทั้ง 8 สีนี้เรียกว่า ดัชนีการตอบสนองสีทั่วไป (General Colour Rendering Index;R_a) ถ้าค่า R_a มีค่าน้อยกว่า 100 มากเท่าใดก็จะแสดงถึง คุณสมบัติการตอบสนองสีของหลอดไฟที่ทดสอบบิดเบือนไปจากแหล่งกำเนิดแสงอ้างอิงมากขึ้น นอกจากนี้สีของวัตถุที่ใช้อาจใช้มากกว่านี้ก็ได้ (R9-R14)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

023141

2.2 คุณสมบัติการตอบสนองสีของหลอดไฟ (Colour Rendering Properties of Lamps) ในระบบแสงสว่างภายใน ค่าดัชนีการตอบสนองสีทั่วไปที่น้อยที่สุดของหลอดไฟสามารถแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม ดังตาราง 2.5 สำหรับกลุ่ม Special เป็นกลุ่มที่แหล่งกำเนิดแสงถูกออกแบบให้มีการกระจายสเปกตรัมพิเศษ สำหรับใช้ในกรณีที่เกิดความเพี้ยนของสีที่แตกต่างไปจากธรรมชาติ เนื่องจากต้องการเน้นลักษณะบางอย่างของสี

Colour rendering group	*Colour rendering index range*	*Colour appearance*	*Examples of use*
1	$R_a \geq 85$	Cool	Textile, paint and printing industries
		Intermediate	Shops, hospitals
		Warm	Homes, hotels, restaurants
2	$70 \leq R_a < 85$	Cool	Offices, schools, fine industrial work
		Intermediate	
		Warm	
3	Lamps with $R_a < 70$, but with acceptable colour rendering properties for use in general working interiors	—	Interiors where colour rendering is not very important
S (Special)	Lamps with unusual colour rendering properties	—	Special applications

ตาราง 2.5 แสดงดัชนีการตอบสนองสีของหลอดไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 อุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่าง

2.2.1 คุณภาพของหลอดไฟ

การเลือกหลอดไฟฟ้าแสงสว่างให้ได้หลอดที่มีประสิทธิภาพสูงและเหมาะกับงานที่สุดต้องพิจารณา องค์ประกอบหลายๆตัว คุณภาพของหลอดไฟ มีองค์ประกอบที่สำคัญๆดังนี้

1. ประสิทธิภาพแสง (Luminous output หรือ Luminous Efficacy) หมายถึง อัตราส่วนระหว่างปริมาณฟลักซ์การส่องสว่างที่ออกมาจากแหล่งกำเนิดแสง ต่อหนึ่งหน่วยพลังงานที่เข้าเป็นวัตต์

$$\text{ประสิทธิภาพแสง} = \frac{\text{output (Lumen)}}{\text{Input (watt)}} = \text{Lumen/watt}$$

หลอดไฟฟ้าแสงสว่างแต่ละประเภทจะมีความสามารถในการแปลงพลังงานแสงสว่างไม่เท่ากัน ประสิทธิภาพแสงของหลอดไฟฟ้าแสงสว่างชนิดต่างๆแสดงดังตารางที่ 2.6

ชนิดของหลอด	ประสิทธิภาพแสง (ลูเมน/วัตต์)
1) อินแคนเดสเซนต์	8-20
2) ทังสเตน-ฮาโลเจน	17-25
3) หลอดแสงผสม	12-30
4) หลอดไอปรอทความดันสูง (หลอดแสงจันทร์)	35-50
5) หลอดฟลูออเรสเซนต์	45-65
6) หลอดเมตัลฮาไลด์	45-70
7) หลอดโซเดียมความดันสูง	60-110
8) หลอดโซเดียมความดันต่ำ	70-155

ตาราง 2.6 ประสิทธิภาพแสงของหลอดไฟฟ้าแสงสว่างชนิดต่างๆ

2. อายุการใช้งานของหลอด (Service Life) ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญที่จะต้องนำมาพิจารณา การเลือกใช้หลอดที่มีราคาถูกแต่อายุการใช้งานสั้น ต้องเปลี่ยนหลอดบ่อยๆ อาจเสียค่าใช้จ่ายสูงกว่าการใช้งานหลอดที่มีราคาแพงแต่อายุการใช้งานยาวนาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. Radio Interference เป็นคุณสมบัติของหลอดที่มีคุณสมบัติแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งมีผลรบกวนต่อสัญญาณวิทยุ โดยเฉพาะในคลื่น AM.

4. Restart เป็นคุณสมบัติของหลอดในการจุดสว่างใหม่ทันทีหลังจากดับ

5. ระยะเวลาอุ่นหลอด องค์ประกอบนี้ถูกพิจารณาด้วยในกรณีที่ต้องการระบบแสงสว่างที่ให้แสงสว่างทันทีที่เปิดใช้งาน

6. สีของแสง(Color Tone Of Light) เป็นลักษณะสีที่เปล่งออกจากหลอด หลอดแต่ละชนิดจะให้แสงที่มี ส่วนประกอบทางสเปคตรัม (Spectrum) ไม่เหมือนกัน จึงอาจทำให้สีของวัตถุผิดเพี้ยนไปจากการมองเห็นภายใต้แสงอาทิตย์ได้ การเลือกใช้งานจึงต้องพิจารณาเรื่องสีของแสงด้วย

	Incandescent	Fluorescent	Mercury vapour	Mercury tungsten	Sodium vapour
Efficacy ที่ 225 VAC	ประมาณ 8 - 20	ประมาณ 4 เท่าของหลอด incandescent ที่ watt เท่าๆ กัน	ประมาณ 3-5 เท่าของหลอด incandescent ที่ watt เท่า ๆ กัน	ประมาณ 1.2-1.5 เท่าของหลอด incandescent ที่ watt เท่าๆ กัน	ประมาณ 10 เท่าของหลอด incandescent ที่ watt เท่า ๆ กัน
Colour tone of light	สีเหลืองแดงเป็นส่วนใหญ่ (มีบางที่ผลิตใกล้เคียงกับ day light ซึ่งเป็นชนิดพิเศษ)	มีหลาย tone ให้เลือก (ดูตารางที่ 2)	หลอดชนิดไม่เคลือบจะให้แสงสีขาวฟ้า ถ้าเคลือบจะได้แสงสีขาว	เหมือน day light	สีเหลือง
Restart	ได้ทันที	ได้ทันทีตามปกติ	ไม่สามารถ Restart ทันที เนื่องจาก pressure ในหลอดยังสูงอยู่ต้องรอให้หลอดเย็นตัวลง	เหมือนหลอด mercury vapour	ไม่สามารถ Restart ได้ทันทีต้องรอให้หลอดเย็นตัวลง
Radio Interference	ไม่มี	มี หากจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ filter แก้ไข	มีในบางครั้งที่ติดตั้งในที่โล่ง (open air)	เหมือนหลอด Mercury vapor	เหมือนหลอด Fluorescent
Service life ที่ rated Voltage	ประมาณ 1,000 ชม.	ประมาณ 7.5-18 เท่าของหลอด incandescent	ประมาณ 16-24 เท่าของหลอด incandescent	ประมาณเท่า ๆ กับหลอด incandescent	ประมาณ 12-24 เท่าของหลอด incandescent

ตาราง 2.7 แสดงชนิดและคุณภาพของหลอดไฟชนิดต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 โคมไฟแสงสว่าง (Luminaire)

เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ควบคุมการกระจายแสงของหลอดไฟแสงสว่าง ให้ตกลงบนพื้นที่ที่ต้องการ และป้องกันการเกิดแสงจ้าเข้าตาผู้ใช้ ประกอบด้วยชิ้นส่วนยึดจับหลอดไฟแสงสว่างและอุปกรณ์ประกอบอื่นๆเช่น บัลลาสต์ สตาร์ทเตอร์ และชิ้นส่วนที่ใช้ในการติดตั้ง ปกปิดหรือ ครอบหลอด เพื่อป้องกันสิ่งต่างๆเข้าไป และนอกจากนี้ โคมไฟแสงสว่างยังใช้เป็นส่วนประกอบในการตกแต่งภายในหรือภายนอกอาคารได้อีกด้วย

จุดสำคัญที่ใช้ในการเลือกโคมไฟ เพื่อให้ได้โคมไฟที่มีประสิทธิภาพและเหมาะสมกับการนำไปใช้งาน คือ ประสิทธิภาพการใช้แสงของโคมไฟและการควบคุมแสงจ้าแยงตาโคมที่ประสิทธิภาพสูงจะไม่ดูดกลืนกักเก็บแสงไว้มาก สัมประสิทธิ์การใช้แสงของโคมไฟจะบอกให้ทราบว่า โคมไฟชนิดนั้นๆสามารถทำให้แสงตกลงบนพื้นที่ทำงานที่ต้องการมากน้อยเพียงใดเมื่อเทียบกับปริมาณแสงที่ออกจากหลอดไฟ โดยที่ได้รวมเอาผลของสภาพแวดล้อมของพื้นที่นั้นๆ เช่น ขนาดพื้นที่การสะท้อนแสงของพื้นผิวต่างๆ เข้าไปด้วยแล้ว การเลือกใช้งานจึงควรพิจารณาองค์ประกอบที่จะมีผลต่อค่าใช้จ่ายด้วย และควรเลือกใช้งานโคมไฟที่มีข้อมูลพร้อมสำหรับการคำนวณออกแบบและการตรวจสอบคุณภาพของระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

โคมไฟแสงสว่างสามารถแบ่งตามลักษณะการกระจายแสงของดวงโคมได้ 5 แบบด้วยกัน คือ

1. แบบให้แสงโดยตรง (Direct) แสงจากโคมไฟ จะมีการกระจายแสงในทิศทางลงข้างล่าง 100-90% และในทิศทางขึ้นข้างบน 0-10% เป็นแบบที่ให้ความสว่างที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุดเพราะ แสงส่องลงบนพื้นที่ทำงานมาก ดวงโคมแบบนี้จะมีแผ่นสะท้อนแสงติดอยู่ข้างในเพื่อทำหน้าที่สะท้อนแสงลงมา ข้อเสียคือ ทำให้เกิดแสงจ้าได้ แก้ได้โดยการใช้แหล่งกำเนิดแสงที่มีพื้นที่ส่องสว่างขนาดใหญ่ (Luminous Area) หรือทำการติดตั้งโคมให้ใกล้กันกว่าอัตราส่วนระยะห่างระหว่างดวงโคมสูงสุด ต่อระยะความสูง

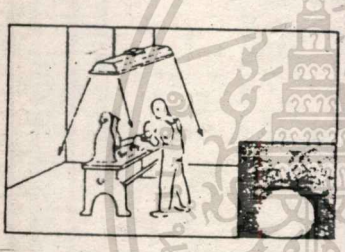
2. แบบให้แสงกึ่งโดยตรง (Semi-Direct) แสงจากโคมไฟจะมีการกระจายแสงในทิศทางลงข้างล่าง 90-60% และในทิศทางขึ้นข้างบน 10-40% เป็นแบบที่ให้ความสว่างที่มีประสิทธิภาพสูงรองลงมา การใช้ประโยชน์จากแบบนี้ขึ้นกับ สัมประสิทธิ์การสะท้อนของเพดานและผนังส่วนบน เนื่องจากมีแสงสว่างบางส่วนส่องขึ้นข้างบน และบริเวณโดยรอบ ทำให้ความสว่างโดยรอบดีขึ้นและยังลดการสะสมความสกปรก เพราะมีอากาศไหลผ่านช่องเปิดด้านบนของดวงโคม

3. แบบให้แสงกระจายทั่วไป (General Diffuse) แสงจากโคมไฟจะมีการกระจายแสงในทิศทางลงข้างล่าง 60-40% และทิศทางขึ้นข้างบน 40-60% เป็นแบบที่ให้แสงโดยรอบ ประสิทธิภาพจะขึ้นกับสัมประสิทธิ์การสะท้อนของพื้นผิวทั้งหมด

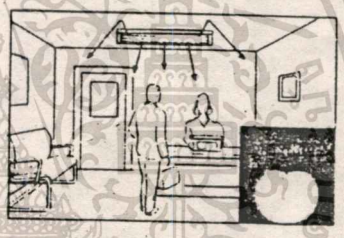
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LUMINAIRE CLASSIFICATION		
TYPE	DOWNWARD(%)	UPWARD (%)
Direct	90-100	0-10
Semi-Direct	60-90	10-40
General Diffuse	40-60	40-60
Semi-Indirect	10-40	60-90
Indirect	0-10	90-100

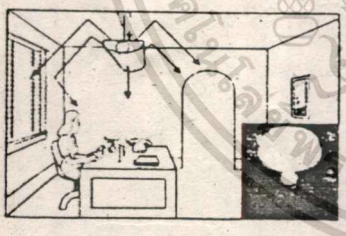
ตาราง 2.8 แสดงการแบ่งการกระจายแสงของดวงโคม



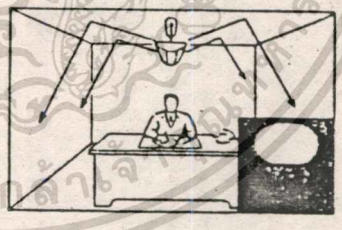
ก. แบบให้แสงโดยตรง



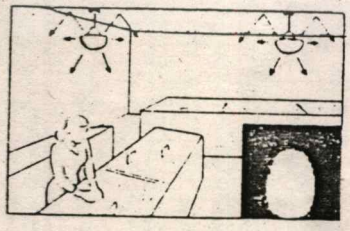
ข. แบบให้แสงกึ่งโดยตรง

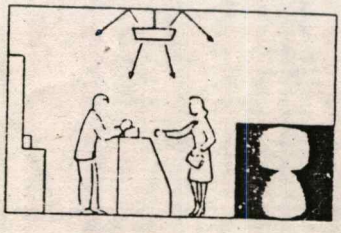


ง. แบบให้แสงกึ่งทางอ้อม



จ. แบบให้แสงทางอ้อม





ค. แบบให้แสงสว่างอย่างสม่ำเสมอหรือกระจายทั่วไป

รูปที่ 2.4 แสดงทิศทางการกระจายแสงของโคมไฟแสงสว่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. แบบให้แสงกึ่งโดยอ้อม (Semi-Indirect) แสงจากโคมไฟจะมีการกระจายแสง ในทิศทางลงข้างล่าง 40-10% และในทิศทางขึ้นข้างบน 60-90% เป็นแบบที่ให้แสงสว่างที่มีประสิทธิภาพต่ำ เนื่องจากแสงส่วนใหญ่บนพื้นที่ทำงานได้จากการสะท้อนของเพดานและผนังส่วนบน ความสว่างบนพื้นที่ทำงานจะสม่ำเสมอดี

5. แบบให้แสงโดยอ้อม (Indirect) แสงจากโคมไฟจะมีการกระจายแสงในทิศทางลงข้างล่าง 10-0% และในทิศทางขึ้นข้างบน 90-100% เป็นแบบที่ให้แสงบนพื้นที่ทำงานมีประสิทธิภาพต่ำที่สุด แสงที่ตกลงบนพื้นที่ทำงานเกิดจากการสะท้อนจากเพดานและผนังส่วนบน ทำให้เกิดความสว่างสม่ำเสมอมาก

2.3 การออกแบบระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

การออกแบบและติดตั้งระบบแสงสว่างอย่างเหมาะสม เพื่อให้การทำงานต่างๆภายใต้ระบบแสงสว่างเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและสภาพแวดล้อมทั่วไปของการมองเป็นมีความปลอดภัยนับเป็นสิ่งสำคัญของการออกแบบระบบแสงสว่าง

ระบบแสงสว่างสามารถแบ่งออกได้ดังนี้ คือ

1. ระบบแสงสว่างแบบทั่วไป (General Lighting) เป็นระบบที่ให้ความสว่างที่มีความสม่ำเสมอตลอดพื้นที่ทำงาน การจัดวางโคมไฟแสงสว่างจะต้องสมมาตรตลอดพื้นที่เพดาน ระบบนี้สามารถจะทำการติดตั้งดวงโคมก่อนที่จะรู้ตำแหน่งที่ทำงานและสามารถจะเปลี่ยนตำแหน่งการทำงานได้โดยไม่ต้องเปลี่ยนตำแหน่งของดวงโคม ระบบนี้จะสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการติดตั้งและพลังงานมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่มีพื้นที่ทำงานเพียงส่วนน้อยของพื้นที่ทั้งหมด

2. ระบบแสงสว่างเฉพาะพื้นที่ (Localised General Lighting) เป็นระบบที่มีการจัดวางตำแหน่งโคมไฟแสงสว่างที่ตำแหน่งของงานที่ทำ (Visual Task) ซึ่งได้แบ่งพื้นที่ทำงานไว้แล้ว และระบบนี้จะให้แสงสว่างกระจายทั่วไปสำหรับพื้นที่ที่เหลือด้วยเพื่อให้การดำเนินงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ระบบนี้จะประหยัดค่าใช้จ่ายและพลังงานแต่เปลี่ยนแปลงตำแหน่งของพื้นที่ทำงานไม่ได้ ถ้ามีการเปลี่ยนแปลง จะต้องมีการวางตำแหน่งดวงโคมใหม่ด้วย ซึ่งจะทำให้ยุ่งยากและสิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย

3. ระบบแสงสว่างแบบเฉพาะตำแหน่ง (Local Lighting) เป็นระบบที่ให้ความสว่างเฉพาะพื้นที่ทำงานนั้นๆซึ่งต้องการแสงสว่างเสริม ในกรณีระบบแสงสว่างทั่วไปให้ความสว่างไม่เพียงพอ ลักษณะงานที่ต้องการแสงสว่างเฉพาะตำแหน่งเนื่องจาก

- เป็นงานที่ต้องใช้สายตามากและต้องการความสว่างบนพื้นที่ทำงานมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เป็นงานที่ต้องมีความละเอียดสูงซึ่งต้องการทิศทางของแสงโดยเฉพาะ

- เมื่อต้องการความสว่างสูงสำหรับคนที่สมรรถภาพในการมองเห็นลดลง เช่น บุคคลที่มีอายุมาก

- เมื่อต้องการลดผลของแสงกระพริบ (Stroboscope Effect) จากระบบแสงสว่างที่ใช้หลอดกาซดีซชาร์จ โดยใช้หลอดอินแคนเดสเซนต์ให้แสงสว่างเฉพาะตำแหน่ง

- เมื่อต้องการลดผลของแสงสะท้อนจากพื้นที่ทำงานหรือพื้นที่ใกล้เคียง (Veiling Reflection) โดยการติดตั้งดวงโคมให้อยู่นอกเส้นทางการสะท้อนแสงเข้าตาผู้ทำงาน หรือใช้ดวงโคมที่มีพื้นที่ผิวขนาดใหญ่และความส่องสว่างต่ำ

- เมื่อมีสิ่งกีดขวางบังแสงจากระบบแสงสว่างทั่วไป

2.4 การใช้งานระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

เมื่อทำการติดตั้งระบบไฟฟ้าแสงสว่างไปแล้ว การใช้งานระบบไฟฟ้าแสงสว่างอย่างเหมาะสมจะช่วยให้สามารถประหยัดพลังงานและค่าใช้จ่ายได้ การประหยัดพลังงานไฟฟ้าจากระบบไฟฟ้าแสงสว่างไม่ได้หมายความถึง การปิดไฟหรือ การลดระดับความสว่างลง เพราะนั่นเป็นการทำให้ความสว่างของการใช้งานต่ำกว่ามาตรฐาน และจะทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานลดลง เกิดความเหนื่อยล้าเร็ว เกิดอุบัติเหตุได้ง่ายและเกิดการผิดพลาดในการทำงานมากขึ้น การประหยัดไฟฟ้าจากระบบไฟฟ้าแสงสว่าง คือใช้แสงอย่างถูกต้องในสถานที่ที่ต้องการและเวลาที่ต้องการ ปิดไฟในพื้นที่ที่ไม่ต้องการใช้ไฟฟ้าแสงสว่างเท่านั้น เช่น ไม่ได้ทำงาน หรือ สามารถใช้แสงสว่างจากแสงอาทิตย์ได้ และสามารถลดจำนวนหลอดหรือจำนวนโคมไฟลงได้ ถ้าพิจารณาแล้วพบว่าระบบไฟฟ้าแสงสว่างนั้นให้ความสว่างบนพื้นที่ทำงานสูงกว่ามาตรฐานกำหนด

การเปิด-ปิดไฟฟ้าแสงสว่างในการใช้งานอย่างเหมาะสมจะช่วยให้สามารถลดค่าใช้จ่าย ค่าพลังงานไฟฟ้า (Energy charge) และ ค่าพลังไฟฟ้า (Demand charge) ได้

1. การปิดไฟแสงสว่างทั้งหมด เช่น ในเวลาหยุดพักเที่ยงให้ทำการตัดไฟทั้งหมดโดยตัดที่สายเมนของระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

2. การปิดไฟแสงสว่างเป็นบางส่วน เช่นในบริเวณที่สามารถใช้แสงสว่างจากแสงอาทิตย์ได้ หรือบริเวณที่ไม่ใช้ไฟแสงสว่างในช่วงเวลาสั้นๆ เช่น ไฟส่องสว่างเฉพาะตำแหน่งเป็นต้น

3. ใช้สวิตช์ควบคุมการเปิด-ปิด 2 ทางเพื่อให้สามารถควบคุมการใช้ไฟแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สว่างที่จุดต่างๆที่เหมาะสม โดยมีตัวบอก (Indicators) เพื่อบอกให้ทราบสภาวะ การทำงานของหลอดไฟที่แผงสวิตช์

4. ใช้อุปกรณ์ควบคุมอัตโนมัติต่างๆ เช่น การตั้งเวลาเปิด-ปิด ใช้สวิตช์ที่ควบคุมด้วยปริมาณแสงและใช้อุปกรณ์ที่สามารถโปรแกรมการทำงานได้

2.5 การซ่อมบำรุงรักษาระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

จากการใช้งานระบบไฟฟ้าแสงสว่างไปเป็นระยะเวลานานๆ ความสว่างจะลดลงเรื่อยๆตามระยะเวลา อันเนื่องมาจากการสะสมความสกปรกของดวงโคมและพื้นผิวอื่นๆ ความเสื่อมสภาพของอุปกรณ์ต่างๆ เช่น หลอดไฟ องค์ประกอบที่มีผลทำให้ค่าความสว่างลดลงมีหลายอย่าง การออกแบบระบบไฟฟ้าจึงต้องคำนึงถึงองค์ประกอบเหล่านี้ด้วย ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆคือ

1. ประเภทองค์ประกอบที่ไม่สามารถทำให้ดีขึ้นได้ หลังจากติดตั้งระบบไฟฟ้าแสงสว่างแล้วได้แก่
   - ผลของอุณหภูมิรอบๆหลอดไฟ
   - ผลของการเปลี่ยนแปลงระดับแรงดันไฟฟ้า
   - ผลจากบัลลาสต์
   - ผลจากการเสื่อมสภาพของวัสดุต่างๆที่ใช้ทำโคมไฟ
2. ประเภทองค์ประกอบที่สามารถทำให้ดีขึ้นได้โดยการทำความสะอาดเปลี่ยนหลอดเสื่อมสภาพ หมดอายุ ได้แก่
   - ผลจากการเสื่อมสภาพของหลอด
   - ผลจากหลอดหมดอายุ หลอดขาด
   - ผลจากดวงโคมไฟสกปรก
   - ผลจากเพดาน ฝาผนัง พื้นห้อง สกปรก

ผลของอุณหภูมิ (Luminaire ambient temperature) หลอดไฟแสงสว่างบางชนิด เช่น หลอดฟลูออเรสเซนต์ จะให้ปริมาณฟลักซ์การส่องสว่างเปลี่ยนแปลงไปถ้าอุณหภูมิรอบๆหลอดเปลี่ยนไป การใช้งานหลอดประเภทนี้จึงต้องใช้กับสถานที่ที่มีอุณหภูมิอยู่ในช่วงที่หลอดสามารถให้แสงออกมาได้สูงสุด อย่างไรก็ตาม การติดตั้งหลอดไฟฟ้าใช้งานในโคมไฟ อาจจะทำให้อุณหภูมิภายในโคมไฟเพิ่มขึ้นสูงกว่าช่วงที่หลอดสามารถให้แสงสูงสุดได้ เป็นเหตุให้แสงลดลง การเลือกใช้โคมจึงต้องคำนึงถึงผลของอุณหภูมิด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลของระดับแรงดันไฟฟ้า (Voltage to luminaire) ถ้าแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้โคมไฟแสงสว่าง เปลี่ยนไปจากค่าพิกัดของหลอดไฟและอุปกรณ์ประกอบ จะทำให้คุณสมบัติการทำงานของหลอดเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งจะมีผลทำให้ ปริมาณฟลักซ์การส่องสว่างเปลี่ยนไป ดังนั้นจึงควรทำการสำรวจระบบไฟฟ้าแสงสว่างที่ใช้งานอยู่ว่า รับแรงดันตรงตามพิกัดหรือไม่ ในระบบไฟฟ้าแสงสว่าง โคมไฟชุดที่ต่ออยู่ปลายทางของระบบจ่ายไฟ มักรับแรงดันต่ำกว่าค่าพิกัด โดยเฉพาะอย่างยิ่งระบบไฟฟ้าแสงสว่างที่ใช้หลอดกาซดีชชาร์จส่วนใหญ่มักใช้ บัลลาสต์ชนิด Reactor ธรรมดาที่มีค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ต่ำ มีผลทำให้แรงดันในระบบจ่ายไฟตกมาก ซึ่งอาจแก้ปัญหานี้ โดยการต่อตัวคาปาซิเตอร์ เพื่อแก้ค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ให้สูงขึ้น ลดปัญหาแรงดันไฟฟ้าตกได้

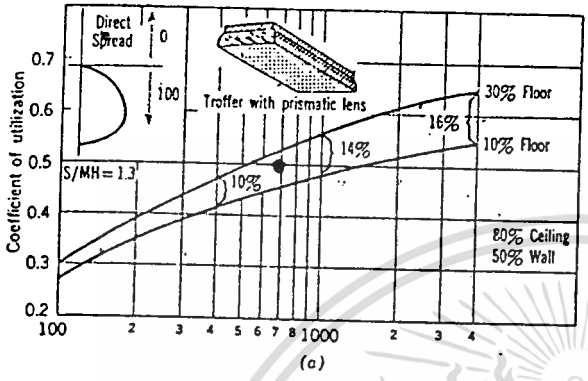
ผลจากบัลลาสต์ (Ballast factor) การติดตั้งใช้งานหลอดไฟแสงสว่างที่ต้องต่อใช้งานร่วมกับบัลลาสต์แต่ละชนิด จะทำให้คุณสมบัติการทำงานของหลอดไฟแสงสว่างแตกต่างกันได้ ซึ่งจะมีผลต่อฟลักซ์การส่องสว่างของหลอด บัลลาสต์ที่มีคุณภาพต่ำทำให้สิ้นเปลืองพลังงานและทำให้อายุการใช้งานของหลอดสั้นลง ควรเลือกใช้บัลลาสต์ให้เหมาะสมกับหลอดแต่ละชนิด

ผลจากการเสื่อมสภาพของวัสดุต่างๆที่ใช้ทำโคมไฟ (Deterioration of Luminaire) ดวงโคมหลังจากใช้งานไปเป็นเวลานานๆ วัสดุต่างๆที่ใช้ทำหรือเป็นส่วนประกอบของดวงโคมจะมีการเปลี่ยนสภาพ หรือ เสื่อมสภาพลง เช่น แผ่นสะท้อนแสง (Reflector) มีผิวขรุขระ เพราะถูกกัดกร่อนจากไอกรดในบรรยากาศรอบๆ ทำให้สะท้อนแสงได้น้อยลง ฝาครอบกระจายแสง (Diffuser) มีสีหมองคล้ำยอมให้แสงผ่านได้น้อยลง เป็นต้น ดังนั้นการเลือกใช้งานโคมไฟจึงต้องเลือกโคมไฟที่ผลิตจากวัสดุชั้นดีมีคุณภาพสูง เหมาะกับสภาพแวดล้อมทั่วไปของพื้นที่ที่จะต้องนำไปติดตั้งใช้งาน เช่น ในโรงงานต้องทนกรด ด่าง ความร้อน ความชื้น รังสีต่างๆ และถ้าพบว่าโคมไฟที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบันมีสภาพไม่เหมาะสมกับการใช้งานอีกต่อไป ก็ควรจะเปลี่ยนโคมใหม่ที่มีประสิทธิภาพดีกว่าทดแทน

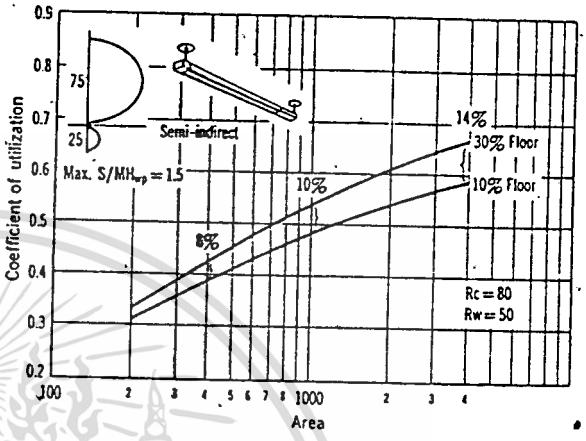
ผลจากเพดานผนังพื้นห้องสกปรก (Room surface dirt depreciation) วัสดุที่ใช้ทำเพดาน ฝาผนัง พื้นห้อง หรือ สีที่ใช้ทา จะเสื่อมสภาพไปตามอายุการใช้งาน มีสีหมองคล้ำลง ตลอดจนเกิดความสกปรกเนื่องจากฝุ่นละอองต่างๆ ทำให้แสงที่สะท้อนจากพื้นผิวห้องตกกระทบบนพื้นที่ทำงานน้อยลง จากการที่ค่าการสะท้อนแสงของพื้นผิวห้องลดลง จะทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การใช้แสงของดวงโคมลดลงด้วย สำหรับผิวที่เป็นมันเงาจะมีความสกปรกน้อยกว่าทำความสะอาดง่ายกว่า แต่ก็มีผลของการสะท้อนแสง รบกวนการมองเห็นด้วย การเลือกสีที่ใช้ทาห้องเป็นสีสว่างสะท้อนแสงได้ดี จะทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การใช้แสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

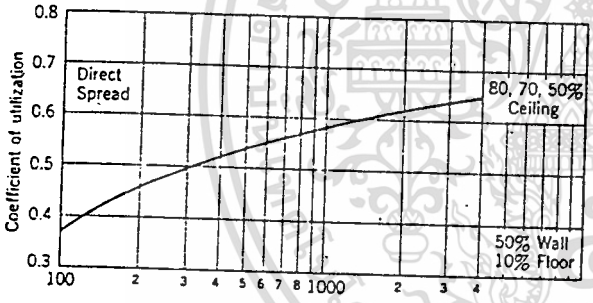
ของโคมไฟมีค่าสูง แต่ถ้าสีที่ใช้ทาห้องเป็นสีมืดคล้ำ หรือ ส่วนต่างๆของห้องมีความสกปรก สามารถสะท้อนแสงได้น้อย ก็จะทำให้ ค่าสัมประสิทธิ์การใช้แสงของโคมไฟมีค่าต่ำลง ดัง รูป 2.5



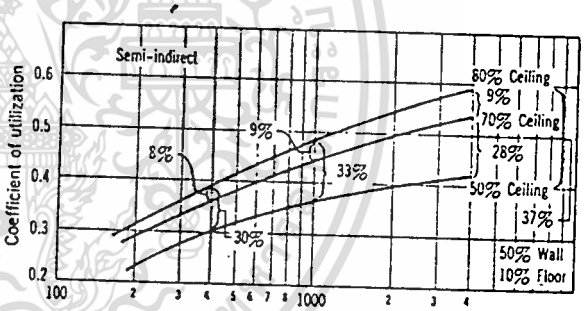
(a)



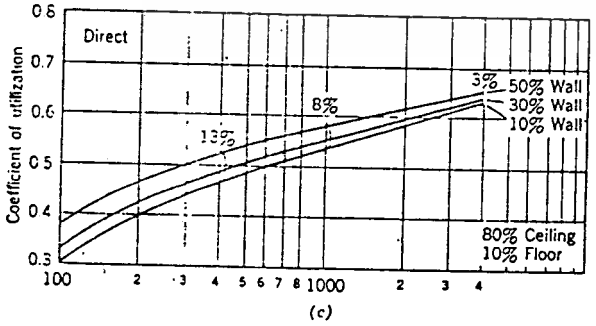
(a)



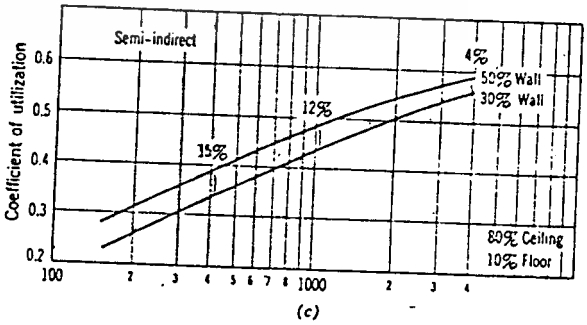
(b)



(b)



(c)

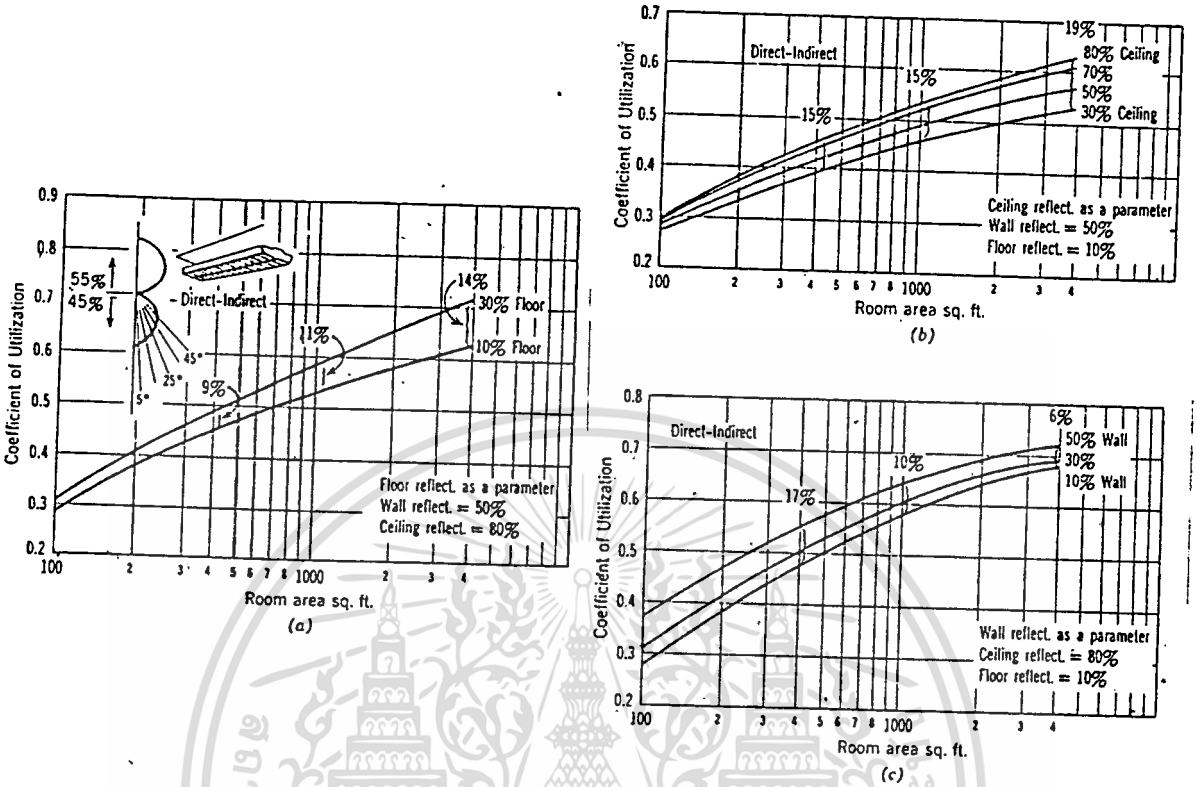


(c)

รูป 2.5 ก

รูป 2.5 ข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



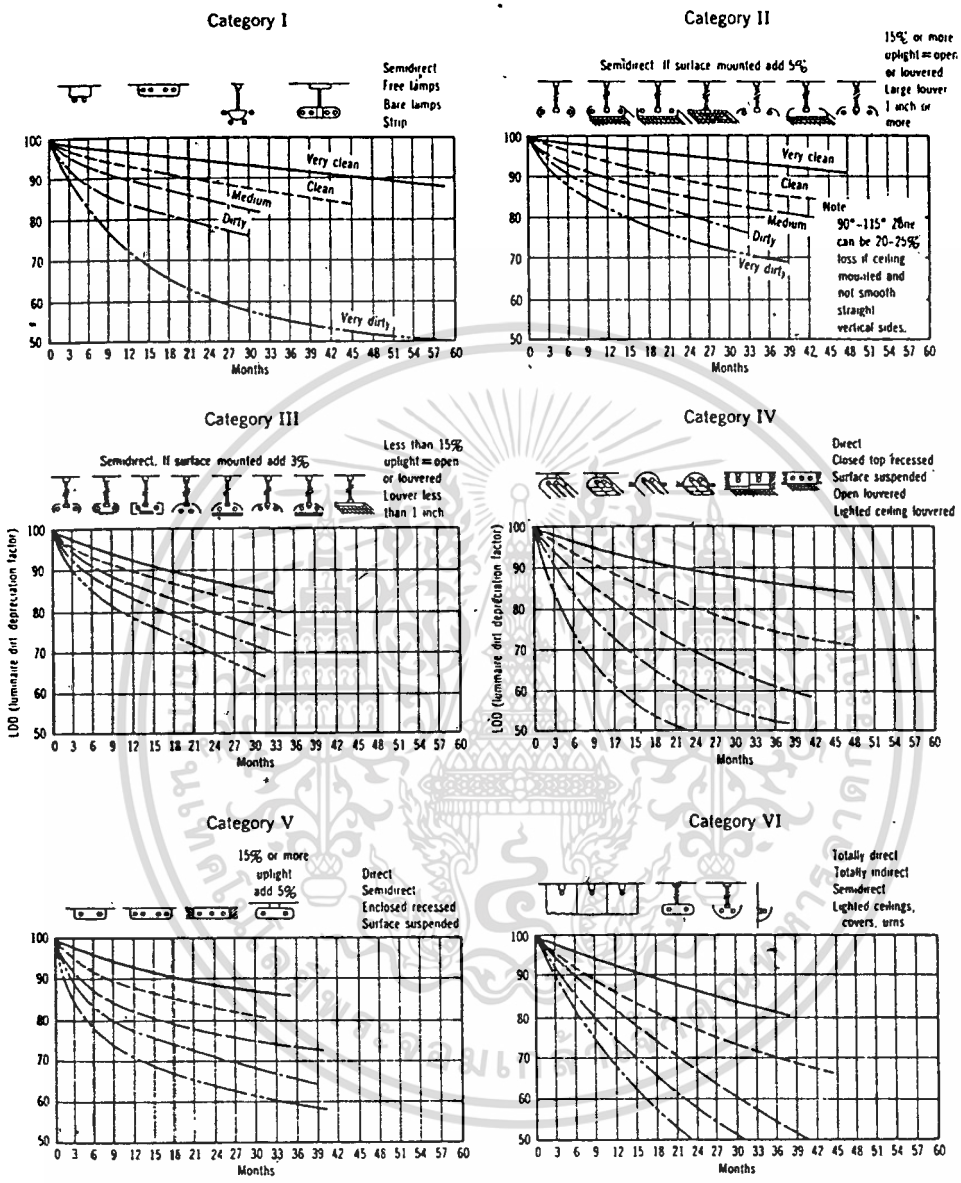
รูป 2.5 ค.

รูปที่ 2.5 แสดงผลของการสะท้อนแสงที่มีต่อค่าสัมประสิทธิ์การใช้แสงของโคมไฟแสงสว่างประเภทต่างๆ

เพื่อให้การสะท้อนแสงของส่วนต่างๆของห้องเป็นไปตามข้อกำหนดในมาตรฐาน ซึ่งจะทำให้ได้ระบบไฟฟ้าแสงสว่างที่ดี และประหยัดพลังงานจึงต้องมีการทำความสะอาดสิ่งสกปรกอยู่เป็นประจำอย่างสม่ำเสมอ และเมื่อเห็นว่าส่วนต่างๆมีสีหมองคล้ำลงมากตามอายุการใช้งาน ควรดำเนินการทาสีใหม่

ผลจากดวงโคมไฟสกปรก (Luminaire dirt depreciation) ฝุ่นละออง และสิ่งสกปรกต่างๆจะสะสมตัว เกาะติดอยู่ที่ตัวโคมไฟแสงสว่าง หลังจากใช้งานไประยะเวลาหนึ่ง ทำให้ประสิทธิภาพของโคมไฟลดลง การกระจายแสงเปลี่ยนไปและปริมาณฟลักซ์การส่องสว่างที่ได้จะลดลง ความสกปรกที่สะสมตัวจะมีผลต่อมุมการหักเหของแสง ความมันเงา และอุณหภูมิของผิวดวงโคม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 เส้นโค้งแสดงปริมาณแสงลดลงตามเวลาใช้งานของโคมไฟ 6 ประเภท ภายใต้ความสกปรกต่างๆกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นจึงควรทำความสะอาดดวงโคมเป็นประจำ เช่น ทำความสะอาดทุกครั้งที่เปลี่ยนหลอด หรือ ถี่กว่านั้น จากการพิจารณาโคมไฟประเภทต่างๆ ทั้ง 6 ประเภท ตามลักษณะโครงสร้าง จะเห็นว่าประเภทที่ 2 และ 3 จะให้แสงลดลงตามระยะเวลาใช้งานน้อยกว่าประเภทอื่นเช่น ประเภทที่ 2 ที่ติดตั้งใช้งานในสภาพแวดล้อมที่มีระดับความสะอาดปานกลาง ถ้าทำความสะอาด ทุก 6 เดือน ปริมาณแสงจะลดลงเพียง 7 % ถ้าทำความสะอาดทุก 1 ปี ปริมาณแสงจะลดลง 11% จากการเปรียบเทียบโคมไฟประเภทที่ 2,3,4 ที่ติดตั้งใช้งานในสถานที่เดียวกัน (ระดับความสะอาดปานกลาง)และทำความสะอาดในช่วงเวลาเดียวกัน (2 ปี) พบว่าโคมไป ประเภท 2,3,4 จะมีปริมาณแสงลดลง 15,20,30% ตามลำดับ ดังนั้นถ้าปัจจุบันมีการใช้โคมไฟประเภทที่ 4 อยู่และมีสภาพที่ไม่เหมาะสมกับการใช้งานอีกต่อไปแล้ว ก็ควรจะเปลี่ยนมาใช้โคมไฟประเภทที่ 2 หรือ 3 แทน

ผลจากหลอดขาด หลอดเสีย และการเสื่อมสภาพของหลอด (Burnouts and Lamp lumen depreciation) ในการใช้งานระบบไฟฟ้าแสงสว่างไปนานๆปริมาณฟลักซ์การส่องสว่างของหลอดจะลดลง เนื่องจากการเสื่อมสภาพของหลอด และมีหลอดอยู่จำนวนหนึ่งขาดหรือเสียใช้งานไม่ได้ ทำให้ปริมาณแสงจากระบบไฟฟ้าแสงสว่างลดลง ถ้าตำแหน่งของโคมไฟอยู่ในระดับต่ำ ก็อาจจะเปลี่ยนหลอดใหม่ได้โดยง่าย แต่ถ้าตำแหน่งของโคมไฟอยู่ในระดับสูงๆ เช่น ในโรงงานอุตสาหกรรมทั่วไป การเปลี่ยนหลอดใหม่ ก็อาจจะกระทำได้ไม่ง่ายนักและมักจะเสียค่าใช้จ่ายสูง ดังนั้นจึงต้องมีการวางแผนการเปลี่ยนหลอดไว้ด้วย ซึ่งพิจารณาจากองค์ประกอบที่สำคัญ 2 ตัวคือ

1. การเสื่อมสภาพของหลอด
2. จำนวนที่หลอดขาดหรือเสียก่อนหมดอายุใช้งาน

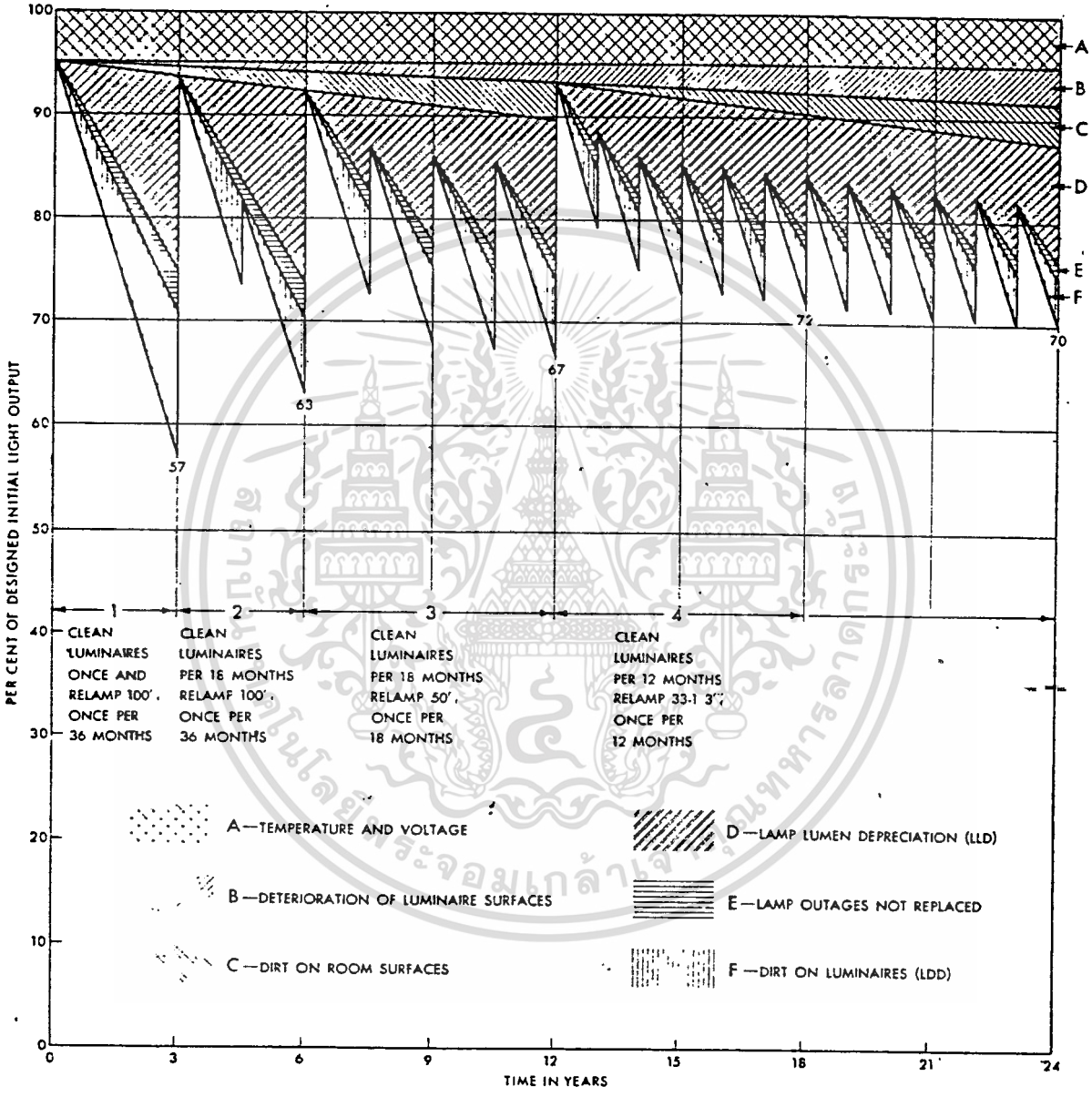
ถ้าเราใช้งานหลอดไฟแสงสว่างเป็นเวลานานเท่ากับอายุใช้งานตามที่บริษัทผู้ผลิตกำหนดไว้ เราจะพบว่าจะเหลือหลอดที่ใช้งานได้เพียงครึ่งหนึ่งเท่านั้น ดังนั้นการเปลี่ยนหลอดจึงต้องกระทำที่ช่วงเวลาก่อนหลอดหมดอายุใช้งาน โดยอาศัยเส้นโค้งกำหนดอายุใช้งาน (Mortality Curve) ของหลอดแต่ละชนิด ช่วงเวลาที่เหมาะสมของการเปลี่ยนหลอด คือเมื่อใช้งานไปได้ประมาณ 70-85% ของอายุใช้งานจะมีหลอดที่ขาดหรือเสีย ประมาณ 9-23%

หลอดไฟแสงสว่างบางชนิดมีอายุการใช้งานยาวนานมาก เช่น หลอดไอปรอทความดันสูงมีอายุการใช้งานมากกว่า 24,000 ชั่วโมง แต่เมื่อใช้งานหลอดชนิดนี้ไปนานๆ หลอดจะเสื่อมสภาพเร็ว ถ้าใช้งานเท่ากับอายุใช้งาน คือ 24,000 ชั่วโมง จะมีฟลักซ์การส่องสว่างเหลืออยู่ประมาณ 50% ของค่าเริ่มต้นเท่านั้น ดังนั้นแผนการเปลี่ยนหลอดชนิดนี้จะถูกกำหนดด้วยการเสื่อมสภาพของหลอดแทนจำนวนหลอดที่ขาดหรือเสียไป การเลือกใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลอดที่ฟลักซ์การส่องสว่างลดลงไม่มากตามระยะเวลาใช้งาน

ดังรูปที่ 2.7 แสดงให้เห็นถึง ความเสื่อมของฟลักซ์การส่องสว่างเนื่องจากองค์ประกอบต่างๆ ตามช่วงเวลาที่กำหนด



รูปที่ 2.7 แสดงให้เห็นถึงการลดลงของแสงสว่างเนื่องจากความเสื่อมและช่วงเวลาการบำรุงรักษา โดยที่ ตัวอย่างใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ 40 วัตต์ cool white rapid start ใช้งาน 10 ชม./วัน 5 วัน/สัปดาห์-2600 ชม./ปี เปรียบเทียบการลดลงของแสงสว่างของการวางแผนการบำรุงรักษาทั้ง 4 แบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าองค์ประกอบของการบำรุงรักษา (Maintenance Factor)

ค่าองค์ประกอบของการบำรุงรักษา คือ อัตราส่วนของความสว่างเฉลี่ย บนพื้นที่ทำงาน หลังจากช่วงเวลาการใช้งานช่วงเวลาหนึ่ง ต่อความสว่างเฉลี่ยที่ได้รับของการติดตั้งใหม่

$$M = \frac{E}{Eo}$$

M = ค่าองค์ประกอบของการบำรุงรักษา

E = ความสว่างเฉลี่ยบนพื้นที่ทำงาน หลังจากช่วงเวลาการใช้งานช่วงเวลาหนึ่ง

Eo = ความสว่างเฉลี่ยบนพื้นที่ทำงานของการติดตั้งใหม่

ในการคำนวนออกแบบระบบไฟฟ้าแสงสว่างจะต้องนำค่าองค์ประกอบของการบำรุงรักษามาใช้ในการคำนวนออกแบบด้วย เนื่องจากในความเป็นจริงจะมีค่าเสื่อมของหลอดไฟ ดวงโคมและพื้นผิวห้อง ตามที่ได้กล่าวมาแล้ว ซึ่งจะทำให้ ระบบไฟฟ้าแสงสว่างที่ติดตั้งใช้งาน มีค่าต่ำกว่าค่าในการคำนวนออกแบบ

1. ค่าองค์ประกอบในการบำรุงรักษาดี (Good Maintenance Factor) คือในสภาวะแวดล้อมที่ดี มีฝุ่นน้อยและมีการทำความสะอาดบ่อย มีการบำรุงรักษาอยู่เสมอ

2. ค่าองค์ประกอบในการบำรุงรักษาปานกลาง (Medium Maintenance Factor) คือในสภาวะยรรยากาศที่มีความสกปรกไม่มากนักและหลอดที่ใช้ทำการเปลี่ยนเมื่อหลอดเดิมหมดสภาพแล้ว

3. ค่าองค์ประกอบในการบำรุงรักษาเลว(Bad Maintenance Factor) คือ ในสภาวะบรรยากาศที่สกปรก อุปกรณ์ทุกอย่างของดวงโคม ไม่ได้รับการดูแลรักษาเลย

ค่า Maintenance Factor โดยทั่วไป มีค่าประมาณ 0.85-0.5 ค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับช่วงเวลาในการทำความสะอาด ความสกปรกของห้อง ดวงโคม และหลอดไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการคำนวณออกแบบแสงสว่างภายใน
(Procedure for Calculation Lighting Design)

3.1 ข้อมูลการกระจายแสงของดวงโคม(Photometric Luminaire Data)

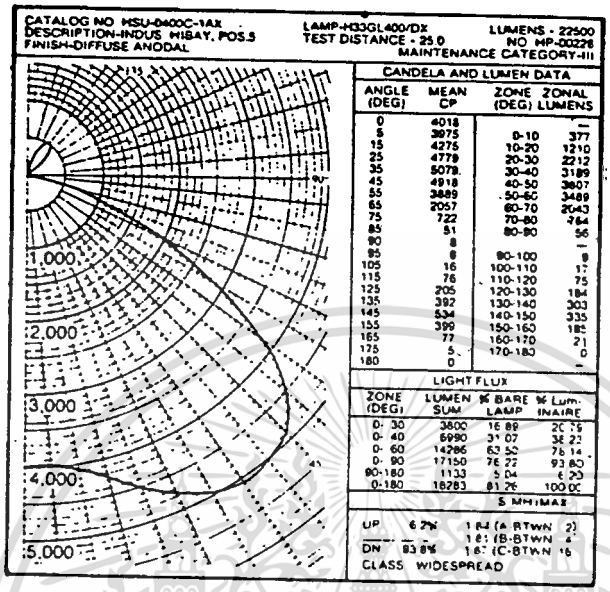
ข้อมูลการกระจายแสงของดวงโคมได้มาจาก. การวัดค่ากำลังสองสว่าง (Candle Power) หรือเรียก ค่าความเข้มแห่งการส่องสว่าง(Luminous Intensity) ที่มุมต่างๆรอบแหล่งกำเนิดแสงหรือรอบดวงโคม มีหน่วยเป็น แคนเดลา (candela) หรือ แคนเดลาต่อ 1000 ลูเมน (cd/1000 lm) ปริมาณการกระจายแสงในทิศทางต่างๆของดวงโคม เป็นคุณสมบัติที่สำคัญของดวงโคม ลักษณะการกระจายแสงของดวงโคมแต่ละชนิดจะไม่เหมือนกัน สามารถแสดงการกระจายแสงได้ด้วย กราฟแบบโพลาร์(Polar Curve) หรือเรียกว่า กราฟการกระจายกำลังส่องสว่าง (Candle Power Distribution Curve) กราฟนี้ได้มาจาก การนำค่าความเข้มแห่งการส่องสว่างที่วัดได้มาพลอตค่าลงบนโพลาร์โคออดิเนทกราฟ (Polar Coordinate Graph) จากกราฟนี้ ทำให้สามารถบอกได้ว่าดวงโคมนั้นมีการกระจายแสงไปในทิศทางใดมากน้อยแค่ไหน

จากรูปที่ 3.1 แสดงตัวอย่างของโคมไฟชนิด High Bay เป็นแบบที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมทั่วไป การกระจายแสงของโคมไฟแบบนี้ส่วนใหญ่เป็นแบบสมมาตรรอบแกนดิ่ง ดังนั้น ค่าความเข้มแห่งการส่องสว่างที่วัดได้ในแต่ละระนาบ จะมีค่าใกล้เคียงกันและมีแสงบางส่วนส่องขึ้นข้างบน กราฟโพลาร์แสดงให้เห็นว่า ทิศทางของการกระจายแสงส่วนใหญ่ส่องไปในช่วงมุม -75 ถึง 75 องศา กับ แสงที่ส่องขึ้นข้างบนอีกเล็กน้อย

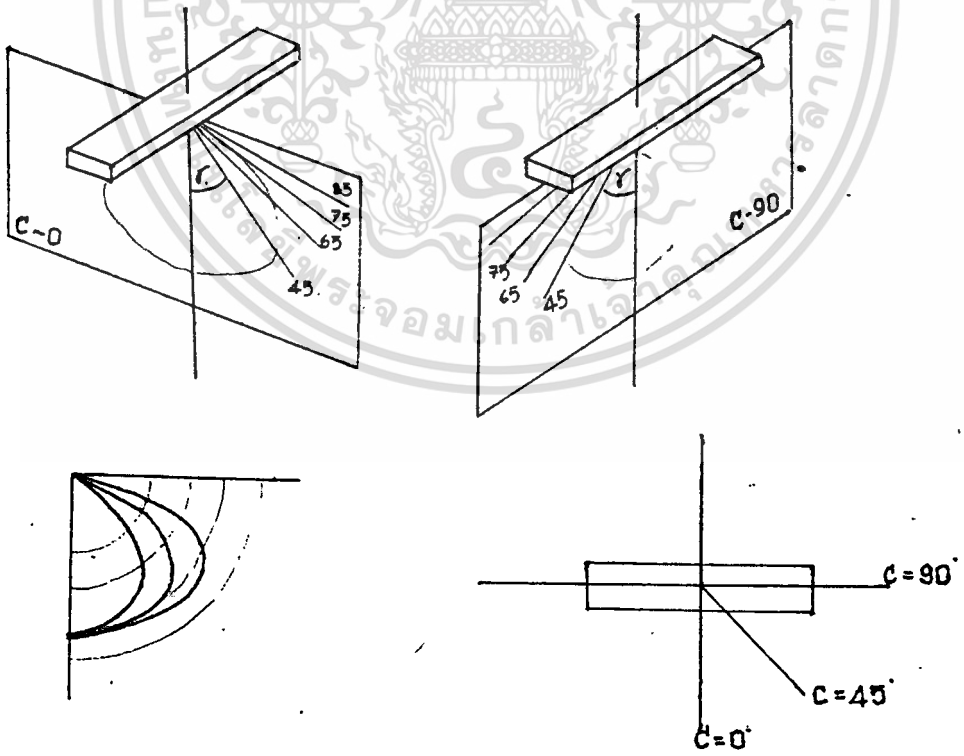
กรณีของโคมไฟแสงสว่างสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ หรือหลอดที่มีลักษณะยาวนั้นการกระจายแสงของโคมไฟบน ระนาบที่ขนาน และ ระนาบตั้งฉากกับแกนของหลอดจะมีค่าค่อนข้างแตกต่างกันมาก จึงมักจะแสดงลักษณะการกระจายแสงของดวงโคมเป็น 2 ระนาบ หรือ 3 ระนาบ จากรูปที่ 3.2 ระนาบในแนวดิ่งตามความยาวดวงโคม คือ ระนาบ C (Parallel Plane) ระนาบในแนวดิ่งที่ตั้งฉากกับความยาวดวงโคม คือ ระนาบ A (Perpendicular Plane) และอีกระนาบเป็น ระนาบในแนวดิ่งที่ทำมุม 45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

องศา กับความยาวดวงโคม คือ ระนาบ B โดยทั่วไปแล้ว ระนาบ A จะให้ลักษณะการกระจายแสงที่กว้างกว่า ระนาบ B และระนาบ C ตามลำดับ



รูปที่ 3.1 แสดงตัวอย่างข้อมูลทางแสงของโคมไฟชนิด High Bay



รูป 3.2 แสดงลักษณะการกระจายแสงของดวงโคมที่ระนาบต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณหาความเข้มแห่งการส่องสว่างเฉลี่ย จากความเข้มแห่งการส่องสว่างในระนาบต่างๆสามารถหาได้ดังนี้ คือ

C-PLANE	AVERAGE LUMINOUS INTENSITY
C = Ø , 9Ø	$\bar{I} = [I(Ø,\gamma) + I(9Ø,\gamma)]/2$
C = Ø , 45 , 9Ø	$\bar{I} = [I(Ø,\gamma) + 2*I(45,\gamma) + I(9Ø,\gamma)]/4$

γ = มุมครึ่งยอดกรวยในระนาบต่างๆ

I = ความเข้มแห่งการส่องสว่างในระนาบต่างๆ

$\bar{I}$ = ความเข้มแห่งการส่องสว่างเฉลี่ย

การแสดงลักษณะการกระจายแสงของดวงโคมบนกราฟโพลาร์ (Polar Coordinate Graph) นี้ยังบอกให้ทราบถึง ประสิทธิภาพของดวงโคมที่ให้ฟลักซ์การส่องสว่าง ได้แก่

Light Output Ratio คือ อัตราส่วนของฟลักซ์การส่องสว่างที่ส่องออกจากโคมไฟทั้งครึ่งทรงกลมบนและล่างต่อฟลักซ์การส่องสว่างทั้งหมดที่ส่องออกจากหลอดไฟที่ติดตั้งอยู่ภายในโคมไฟนั้น

Upward Light Output Ratio คือ อัตราส่วนของฟลักซ์การส่องสว่างที่ส่องออกจากโคมไฟภายในครึ่งทรงกลมบนต่อฟลักซ์การส่องสว่างทั้งหมดที่ส่องออกจากหลอดไฟที่ติดตั้งอยู่ภายในโคมไฟนั้น

Downward Light Output Ratio คือ อัตราส่วนของฟลักซ์การส่องสว่างที่ส่องออกจากโคมไฟภายในครึ่งทรงกลมล่างต่อฟลักซ์การส่องสว่างทั้งหมดที่ส่องออกจากหลอดไฟที่ติดตั้งอยู่ภายในโคมไฟนั้น

Upper Flux Fraction คือ ค่าอัตราส่วนของฟลักซ์การส่องสว่างที่ส่องออกจากโคมไฟภายในครึ่งทรงกลมบนต่อฟลักซ์การส่องสว่างที่ส่องออกจากโคมไฟทั้งหมด

Lower Flux Fraction คือ ค่าอัตราส่วนของฟลักซ์การส่องสว่างที่ส่องออกจากโคมไฟภายในครึ่งทรงกลมล่างต่อฟลักซ์การส่องสว่างที่ส่องออกจากโคมไฟทั้งหมด

$$\text{Flux Fraction Ratio} = \frac{\text{(Uper Flux Fraction)}}{\text{(Lower Flux Fraction)}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าตัวประกอบประจำโซน (Zone factor)

ค่าความเข้มของการส่องสว่างที่มุมต่างๆบนระนาบ ถูกแบ่งออกเป็นช่วงหรือโซน (zone) โซนละ 10 องศา นำค่าเฉลี่ยของแต่ละโซนไปคูณกับ ค่าตัวประกอบประจำโซน ผลคูณที่ได้ คือ ฟลักซ์ประจำโซน (zonal flux) มีหน่วยเป็น lumen

Zone	Angle from vertical [degree]	Zone factor
1	0-10	0.095
2	10-20	0.284
3	20-30	0.463
4	30-40	0.628
5	40-50	0.774
6	50-60	0.897
7	60-70	0.993
8	70-80	1.058
9	80-90	1.091

ตาราง 3.1 แสดงค่าตัวประกอบประจำโซน (Zone factor)

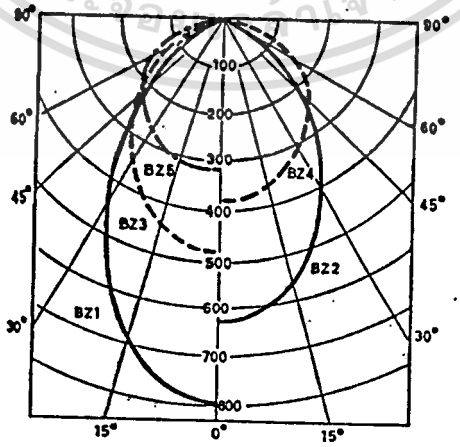
British Zonal (BZ) Classification

เป็นค่าที่กำหนดรูปแบบการกระจายแสงของโคมไฟ ซึ่งจะมีลักษณะแตกต่างกันออกไปใน กราฟโพลาร์ เป็นค่าที่แสดงประเภทของดวงโคม โดยอาศัยลักษณะการกระจายแสงของดวงโคม ซึ่งมีลักษณะแตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 3.2 และรูปที่ 3.3

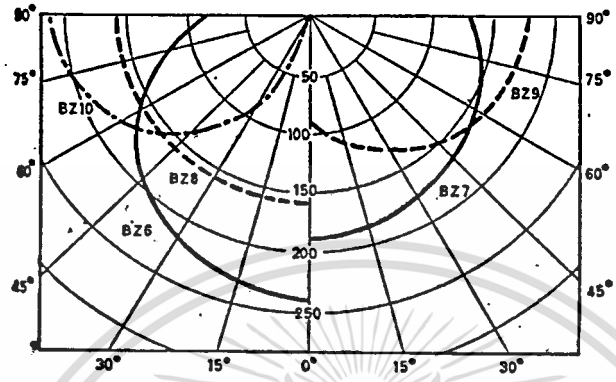
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BZ Class	สมการความสัมพันธ์
B Z 1	I oc $\cos^{4}$ 0
B Z 2	I oc $\cos^{3}$ 0
B Z 3	I oc $\cos^{2}$ 0
B Z 4	I oc $\cos^{1.5}$ 0
B Z 5	I oc cos 0
B Z 6	I oc (1 + 2 * cos 0)
B Z 7	I oc (2 + cos 0)
B Z 8	I constant
B Z 9	I oc (1 + sin.0)
B Z 10	I oc sin 0

ตาราง 3.2 ความสัมพันธ์ระหว่าง BZ classification กับกราฟโพลาร์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



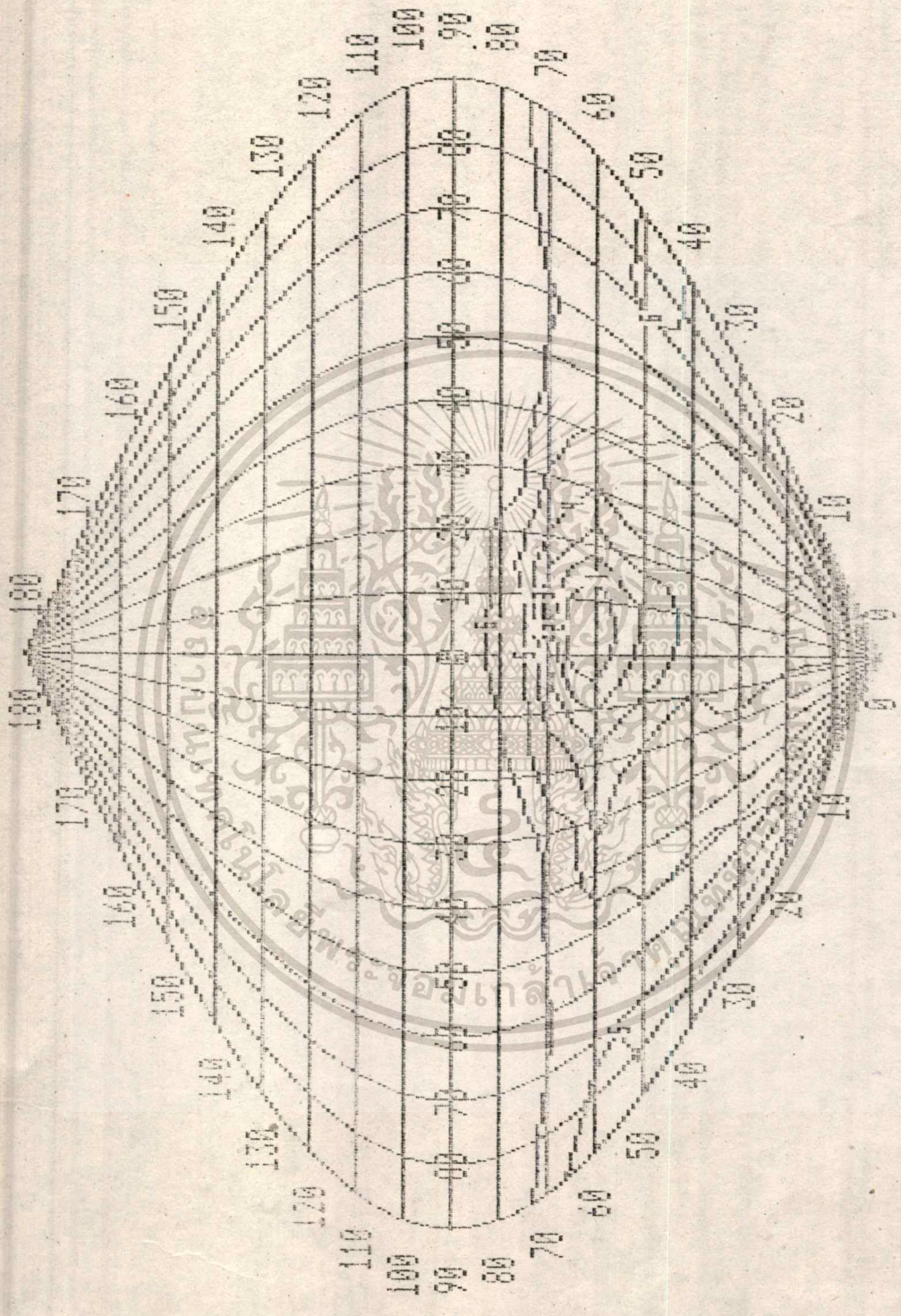
รูปที่ 3.3 แสดงการแบ่งประเภทของดวงโคมตามลักษณะการกระจายแสง

กราฟไอโซแคนเดลา(Isocandela Coordinate Graph)

การแสดงข้อมูลการกระจายแสงของดวงโคม จะเห็นได้ว่า กราฟในระบบโพลาร์ (Polar Coordinate Graph) นั้นสามารถแสดงลักษณะการกระจายแสงของดวงโคมได้เพียงทีละระนาบ แต่การแสดงการกระจายแสงบน แกนไอโซแคนเดลากราฟ (Isocandela Coordinate Graph) สามารถแสดงลักษณะการกระจายแสงของดวงโคม และความเข้มแห่งการส่องสว่างว่ามีค่าสูงต่ำที่มุมต่างๆรอบโคมไฟทุกระนาบบนกราฟเดียวได้

โดยทั่วไป กราฟไอโซแคนเดลา นิยมใช้แสดงลักษณะการกระจายแสง และความเข้มแห่งการส่องสว่างของข้อมูลของโคมไฟประเภทภายนอกอาคาร เนื่องจากโคมไฟประเภทภายนอกอาคารมีกำลังส่องสว่างสูงและใช้ในบริเวณกว้างซึ่ง กราฟไอโซแคนเดลาจะแสดงให้เห็นว่า ทิศทางของแสงจะตกลงบนบริเวณไหนมากน้อยเท่าใด แต่โคมไฟประเภทภายในอาคาร ก็สามารถนำข้อมูลการกระจายแสงมาเขียน กราฟไอโซแคนเดลา ได้เช่นกัน รูป 3.4 แสดง กราฟไอโซแคนเดลาของโคมไฟชนิดหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

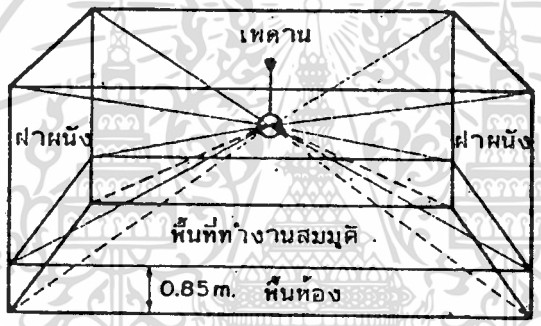


รูป 3.4 แสดงการกระจายแสงของโคมไฟชนิดหนึ่ง บนแกนไอโซแคนเดลากราฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การใช้งานของโคมไฟแสงสว่าง (Coefficients of Utilization Factor)

สัมประสิทธิ์การใช้งานของโคมไฟ คือ อัตราส่วนของฟลักซ์การส่องสว่างทั้งหมดที่ตกกระทบบนพื้นที่ทำงานสมมติต่อฟลักซ์การส่องสว่างทั้งหมดที่แผ่กระจายออกจากหลอดไฟแสงสว่างที่ติดตั้งอยู่ในโคมไฟ ค่านี้ขึ้นอยู่กับการกระจายแสงของดวงโคม ขนาดของห้อง สัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นผิวห้อง และการจัดวางตำแหน่งดวงโคม



รูป 3.5 แสดงการกระจายแสงของฟลักซ์การส่องสว่างโดยโคมไฟแสงสว่างที่ติดตั้งในห้อง

จากรูป เป็นการแสดงการกระจายแสงโดยโคมไฟแสงสว่างในห้อง ฟลักซ์การส่องสว่างที่ออกมาจากโคมไฟแสงสว่าง ส่องลงบนพื้นผิวห้อง

จากรูป แสงสว่างที่กระจายออกจากโคมไฟแสงสว่างในห้องตกลงบนพื้นผิว 3 ส่วนด้วยกัน คือ

ϕc = ฟลักซ์การส่องสว่าง (Luminous Flux) ที่ตกกระทบเพดาน

ϕw = ฟลักซ์การส่องสว่างที่ตกกระทบฝาผนัง

ϕf = ฟลักซ์การส่องสว่างที่ตกลงบนพื้นที่ทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\phi n = \phi c + \phi w + \phi f$$

ϕn เป็น ฟลักซ์การส่องสว่างทั้งหมดที่ได้จากโคมไฟแสงสว่าง

และฟลักซ์การส่องสว่างทั้งหมดที่ออกจากหลอดไฟที่อยู่ในโคมไฟแสงสว่างมีค่าเท่ากับ ϕo

ประสิทธิภาพทางแสงของโคมไฟแสงสว่าง เท่ากับ η

$$\eta = \phi 1/\phi o$$

โดยที่ฟลักซ์ที่ตกกระทบบนพื้นที่ทำงานสมมติเป็นผลรวมของฟลักซ์การส่องสว่างจากโคมไฟแสงสว่างโดยตรงกับฟลักซ์การส่องสว่างที่สะท้อนจากเพดาน ฝาผนังและพื้นที่ทำงานมีค่าเท่ากับ ϕn

$$CU = \phi n/\phi o$$

การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การใช้งานของโคมไฟแสงสว่างจากการวัดค่าความสว่างเฉลี่ยบนพื้นที่ทำงานสมมติ

ค่าความสว่าง(Illuminance)ที่จุดจุดหนึ่งบนพื้นที่ผิวแห่งหนึ่ง หมายถึง ค่าฟลักซ์การส่องสว่างที่ตกกระทบบนส่วนย่อยหนึ่งของพื้นผิวนั้นหารด้วยพื้นที่ของส่วนย่อยนั้น หรือ

$$E = d\phi/dA$$

$$d\phi = D * dA$$

$$\phi = E * dA$$

$$\phi n = Em * A$$

E เป็นค่าความสว่างบนพื้นที่ย่อยใดๆ dA

Em เป็นค่าความสว่างเฉลี่ยบนพื้นที่ทำงานสมมติ Aw

และฟลักซ์การส่องสว่างที่ได้ คือ Em * A

$$Cu = \frac{\phi n}{\phi o}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$Cu = \frac{[\ Em * Aw\ ]}{\phi o}$$

ดังนั้นเมื่อทำการวัดค่าความสว่างบนพื้นที่ทำงานสมมติหลายๆจุด นำมาคิดค่าเฉลี่ย คูณกับพื้นที่ทำงานสมมติ หารด้วยฟลักซ์การส่องสว่างทั้งหมดที่ได้จากหลอดไฟ จะได้ค่าสัมประสิทธิ์การใช้แสงของโคมไฟแสงสว่าง

การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การใช้งานของโคมไฟแสงสว่าง ซึ่งใช้หลักการคำนวณตามวิธีการของ ระบบบริติชโซนอล (British Zonal System) พิจารณาจากฟลักซ์การส่องสว่างที่ใช้บนพื้นที่ทำงานสมมติที่เกิดจาก ฟลักซ์การส่องสว่างจากโคมไฟแสงสว่างส่วนที่ส่องขึ้นและส่วนที่ส่องลงแยกจากกันโดยอิสระ และค่าอัตราส่วนโดยตรง (Direct Ratio) จะเป็นตัวกำหนดคุณลักษณะการกระจายแสงส่วนที่ส่องลงของโคมไฟแสงสว่าง

หลักการคำนวณตามวิธีการของ วิธีบริติชโซนอล (British Zonal System)

ค่าสัมประสิทธิ์การใช้งานของโคมไฟแสงสว่าง (CU) ได้จากผลรวมของค่าสัมประสิทธิ์การใช้งานของส่วนที่ส่องลง(DC) และส่วนที่ส่องขึ้น (UC)

CU = DC + UC

DC = สัมประสิทธิ์การใช้งานของโคมส่วนที่ส่องลง

UC = สัมประสิทธิ์การใช้งานของโคมส่วนที่ส่องขึ้น

DC = LFU * DLOR

LFU (Lower Flux Utilance) = อัตราส่วนของฟลักซ์การส่องสว่างจากโคมไฟในครึ่งทางกลมล่างที่ตกกระทบบนพื้นที่ทำงานทั้งหมดต่อฟลักซ์การส่องสว่างที่ส่องออกจากโคมไฟในครึ่งทรงกลมล่าง

DLOR = คำนวณได้จากข้อมูลการส่องสว่างส่วนที่ส่องลงของดวงโคม

UC = UFU * ULOR

UFU (Upper Flux Utilance) = อัตราส่วนของฟลักซ์การส่องสว่างจากโคมไฟในครึ่งทางกลมบนที่ตกกระทบบนพื้นที่ทำงานทั้งหมด ต่อฟลักซ์การส่องสว่างที่ส่องออกจากโคมไฟในครึ่งทรงกลมบน

ULOR = คำนวณได้จากข้อมูลการส่องสว่างส่วนที่ส่องขึ้นของดวงโคม

LFU และ UFU เป็นค่าตัวคูณ ขึ้นอยู่กับ ค่าอัตราส่วนโดยตรง ดัชนีห้อง และค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนของผิวห้อง อ่านจาก ตารางผนวก ค.1-ค.6

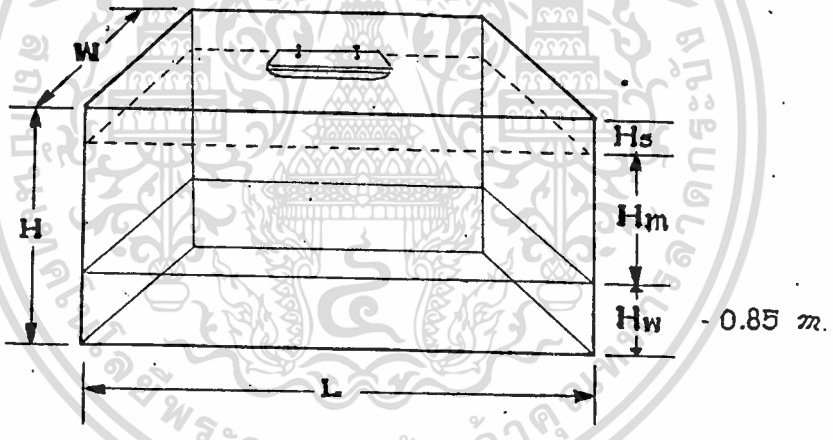
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1 การคำนวณค่าดัชนีห้อง (Room Index ; KR)

ค่าดัชนีห้องเป็นตัวแปรที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง พื้นที่ ความสูง และลักษณะรูปร่างของห้องทางเรขาคณิต

$$\text{ค่าดัชนีห้อง} = \frac{\text{พื้นที่เพดาน} + \text{พื้นที่พื้นห้อง}}{\text{พื้นที่ผนังโดยรอบในช่วงใต้ระดับโคมไฟถึงระดับพื้นที่ทำงานสมมติ}}$$

$$KR = \frac{2 * [\ L * W\ ]}{2 * [\ HM * (L+W)\ ]}$$



รูป 3.6 แสดงห้อง มีความยาว L ความกว้าง W และความสูงจากระดับพื้นที่ทำงานสมมติถึงระดับโคมไฟ Hm

3.2.2 ความสม่ำเสมอของค่าความสว่างบนพื้นที่ทำงานสมมติ

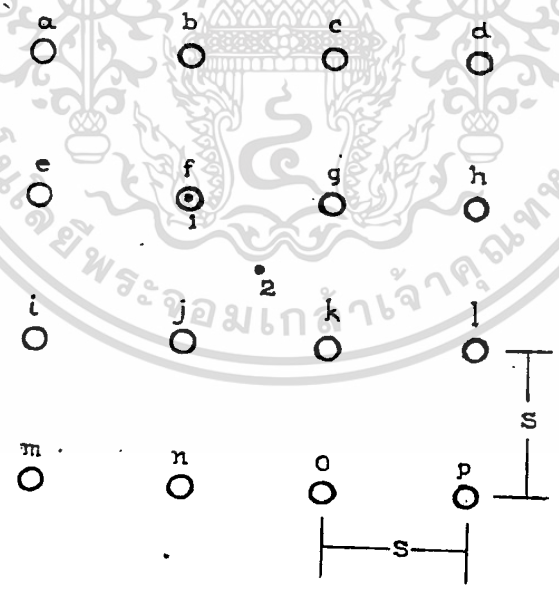
ในการคำนวณออกแบบระบบแสงสว่างค่าอัตราส่วนของระยะห่างระหว่างดวงโคมกับความสูงของดวงโคม จะเป็นสิ่งจำเป็นในการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของดวงโคม การออกแบบระบบแสงสว่างที่ดีไม่เพียงแต่จะต้องได้ปริมาณแสงเฉลี่ยทั้งพื้นที่ผิวของงานตามค่าที่กำหนดไว้เท่านั้น แต่จะต้องพยายามไม่ให้ปริมาณแสงบนพื้นงานที่จุดต่างๆมีค่าแตกต่างกันมากเกินไปอีกด้วยซึ่งเป็นผลต่อเงาหรือการกระจายแสงที่ไม่พอเหมาะหรือค่าแกลร์ที่อาจจะเกิดขึ้น

การจะทำให้เกิดความสม่ำเสมอของค่าความสว่างบนพื้นที่ทำงานสมมติไม่สามารถทำให้เกิดความสม่ำเสมอได้อย่างสมบูรณ์ แต่สามารถทำให้มีความสม่ำเสมอตามที่ต้องการได้โดยการติดตั้งโคมไฟแสงสว่างให้มีค่าอัตราส่วนของระยะห่างระหว่างดวงโคม ต่อส่วนสูงของการติดตั้งที่เหมาะสม ความสม่ำเสมอของค่าความสว่างบนพื้นที่ทำงานสมมติ คืออัตราส่วนของค่าความสว่างต่ำสุดต่อค่าความสว่างสูงสุดที่วัดได้บนพื้นที่ทำงานสมมติบริเวณกลางห้อง

ในการหาค่าอัตราส่วน S/Hm ที่เหมาะสมนั้น ในที่นี้จะพิจารณาเฉพาะแสงที่ตกกระทบบนพื้นที่ทำงานสมมติโดยตรงเท่านั้น เพราะแสงส่วนที่ตกกระทบบนพื้นที่ทำงาน



รูป 3.7 โคมไฟแสงสว่างที่ติดตั้งโดยสมมาตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมมติหลังจากการสะท้อนจากที่อื่นๆแล้ว จะทำให้ค่าความสม่ำเสมอของระบบแสงสว่างดีขึ้น ระบบแสงสว่างที่ใช้ในการคำนวณหาค่าความสม่ำเสมอเพื่อกำหนดอัตราส่วน S/Hm ที่เหมาะสมนั้นจะเป็นแบบสมมาตร รูป 3.7 โคมไฟแสงสว่างที่สมมาตร 16 ดวงโคม ค่าความสม่ำเสมอของระบบแสงสว่าง คือ อัตราส่วนของความสว่างที่เกิดจากโคมไฟทั้งหมดที่ส่องไปยังตำแหน่ง 2 ต่อความสว่างที่เกิดจากโคมไฟทั้งหมดที่ส่องไปยังตำแหน่ง 1

จากรูป 3.7 E_{a_1} เป็นค่าความสว่างในแนวระดับที่ตำแหน่ง 1 ที่เกิดจากโคม a และ E_{b_2} เป็นค่าความสว่างในแนวระดับที่ตำแหน่ง 2 ที่เกิดจากโคม b และค่าความสว่างที่ตำแหน่ง 1 และ 2 ที่เกิดจากโคมอื่นแสดงได้ทำนองเดียวกัน

ค่าความสม่ำเสมอ E_2 / E_1 ที่ได้คือ

$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{4[E_{a2} + 2E_{b2} + E_{f2}]}{4[E_{a1} + E_{b1} + E_{d1}] + 2E_{h1} + E_{f1} + E_{b1}}$$

ค่าความสว่างที่เกิดจากโคมไฟที่ตำแหน่ง จากรูป 3.8 คำนวณได้ดังนี้

$$E = \frac{I(\theta) * [\cos \theta]}{d^2} = \frac{I(\theta) * [\cos^3 \theta]}{Hm^2}$$

E = ค่าความสว่างที่จะทำการคำนวณ

I(θ) = ค่าความเข้มแห่งการส่องสว่างเฉลี่ย ที่มุมในแนวดิ่งต่างๆกัน

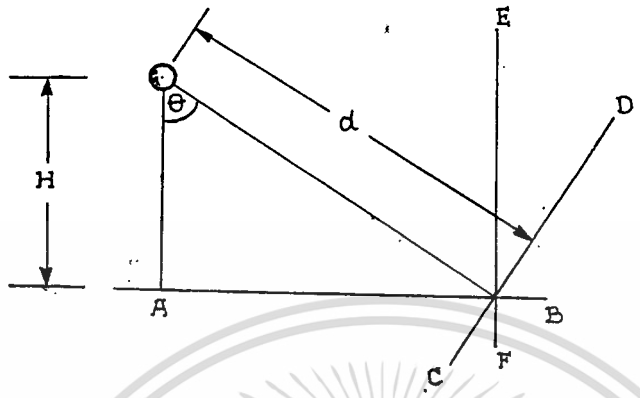
d = ระยะจากดวงโคมถึงตำแหน่งที่ทำการวัดค่า

H = ระยะความสูงของดวงโคม

$$E = \frac{I(\theta) * [\cos^3 \theta]}{Hm^2}$$

ค่า Hm^2 ปรากฏใน E_1 และ E_2 ในการคำนวณความสม่ำเสมอจึงทำการคำนวณค่า $I(\theta) * [\cos^3 \theta]$ เนียงเทอมเดียว ตาราง 3.3 แสดงค่าของมุม θ และ $n \cos^3 \theta$ ที่ค่าอัตราส่วน S/Hm ต่างกัน เพื่อช่วยในการคำนวณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 3.8 แสดงการคำนวณหาค่าความสว่างที่ตำแหน่ง

S/H_m	0.5		0.75		1.0		1.25		1.5	
Position of fitting	Angle θ	Factor $n.\cos^3\theta$	Angle θ	Factor $n.\cos^3\theta$	Angle θ	Factor $n.\cos^3\theta$	Angle θ	Factor $n.\cos^3\theta$	Angle θ	Factor $n.\cos^3\theta$
	Values for calculating E_1									
a	35.3°	2.175	46.7°	1.292	54.7°	0.772	60.5°	0.476	64.7°	0.312
b	26.6°	2.860	36.9°	2.045	45.0°	1.414	51.3°	0.976	56.3°	0.684
d	48.2°	1.184	59.2°	0.537	65.9°	0.272	70.3°	0.152	73.4°	0.092
f	0°	1.000	0°	1.000	0°	1.000	0°	1.000	0°	1.000
h	45.0°	0.708	56.3°	0.342	63.4°	0.180	68.2°	0.102	71.6°	0.062
p	54.7°	0.193	64.7°	0.078	70.5°	0.037	74.2°	0.020	76.7°	0.012
	Values for calculating E_2									
a	46.7°	1.292	57.9°	0.600	64.7°	0.312	69.3°	0.176	72.6°	0.108
b	38.3°	3.865	49.9°	2.138	57.7°	1.224	63.2°	0.736	67.2°	0.464
f	19.5°	3.350	28.0°	2.753	35.3°	2.176	41.5°	1.680	46.7°	1,292

$E = I_\theta \cos^3\theta$

$E_1 = 4(E_{a1} + E_{b1} + E_{d1}) + E_{f1} + 2E_{h1} + E_{p1}$

$E_2 = 4(E_{a2} + 2E_{b2} + E_{f2}) = (I_\theta \times 4\cos^3\theta)_{a2} + (I_\theta \times 8\cos^3\theta)_{b2} + (I_\theta \times 4\cos^3\theta)_{f2}$

For each of the nine positions in this table, find the intensity at the angle (θ) and multiply it by the factor ($n.\cos^3\theta$). Add the six products for positions a to p to give E_1. Add the three products for positions a to f to give E_2. Divide E_2 by E_1 to give the midpoint ratio, E_2/E_1.

ตาราง 3.3 แสดงข้อมูลที่ใช้คำนวณค่าความสม่ำเสมอของความสว่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณค่าความสม่ำเสมอจะกระทำได้ ดังนี้

1. สมมติค่าอัตราส่วน S/Hm ที่จะใช้ โดยเริ่มที่ S/Hm = Ø.5

2. คำนวณค่าความเข้มแห่งการส่องสว่างของโคมไฟแสงสว่างตามมุม θ ที่กำหนดให้ในตาราง 3.3 ที่ตรงกับค่าอัตราส่วน S/Hm ที่เลือกใช้

3. คูณค่าความเข้มแห่งการส่องสว่างที่คำนวณได้ด้วยตัวประกอบ $n \cos^3\theta$ ที่สมนัยกัน

4. คำนวณค่า E_1 และ E_2 แล้วคำนวณค่าความสม่ำเสมอ

5. ถ้าค่าความสม่ำเสมอที่คำนวณได้มีค่าต่ำกว่า Ø.7 ให้ทำการหาค่าความสม่ำเสมอใหม่โดยสมมติค่าอัตราส่วน S/Hm ที่เล็กกว่าเดิม จนกว่าค่าความสม่ำเสมอที่คำนวณได้เริ่มมีค่ามากกว่า Ø.7

6. ถ้าค่าความสม่ำเสมอที่คำนวณได้ครั้งแรกมีค่าสูงกว่า Ø.7 ให้คำนวณหาค่าความสม่ำเสมอใหม่ โดยสมมติค่าอัตราส่วน S/Hm ที่ใหญ่กว่าเดิม จนกว่าค่าความสม่ำเสมอที่คำนวณได้เริ่มมีค่าต่ำกว่า Ø.7

ขอบเขตของการคำนวณจะถูกจำกัดไว้ที่ค่าอัตราส่วน S/Hm ระหว่าง Ø.5 ถึง 1.5 และค่าอัตราส่วน S/Hm ที่เหมาะสมกับโคมที่นำมาคำนวณคือค่าอัตราส่วน S/Hm ที่เริ่มให้ค่าความสม่ำเสมอสูงกว่า Ø.7

3.2.3 ค่าอัตราส่วนโดยตรง (Direct Ratio)

ค่าอัตราส่วนโดยตรงของโคมไฟแสงสว่างจะขึ้นอยู่กับ ลักษณะการกระจายความเข้มแห่งการส่องสว่างของโคมไฟแสงสว่างส่วนที่ส่องลงและค่าดัชนีห้อง

ค่าอัตราส่วนโดยตรง เป็นค่าอัตราส่วนของฟลักซ์ที่ตกลงบนพื้นที่ทำงานทั้งหมดโดยตรง ต่อ ฟลักซ์ที่ออกจากดวงโคมในทิศทางข้างล่างทั้งหมด ค่าอัตราส่วนโดยตรงที่ค่าดัชนีห้องหนึ่งๆหาได้จากการคำนวณ โดยที่ตัวคูณประจำโซน (Zonal Multipliers, ZM) มีค่าเท่ากับ อัตราส่วนของฟลักซ์การส่องสว่างที่พื้นที่ทำงานสมมติได้รับโดยตรงจากโคมของโซนนั้น ต่อ ฟลักซ์การส่องสว่างที่ส่องออกจากโคมทั้งหมดในโซนนั้นๆ ตารางผนวก ค.6 แสดงค่าตัวคูณประจำโซนที่ใช้ในการคำนวณ

การคำนวณหาค่าอัตราส่วนโดยตรง

จากตารางตัวคูณประจำโซน ค่าดัชนีห้อง(KR)และค่าอัตราส่วนระยะแขวน จะเป็นตัวกำหนดการเลือกตัวคูณ นำตัวคูณที่ได้ไปคูณกับ ค่าฟลักซ์ประจำโซน รวมผลลัพธ์ที่ได้เข้าด้วยกัน หารด้วยผลรวมของฟลักซ์ประจำโซนทั้งหมด ค่าที่ได้คือค่าอัตราส่วนโดยตรง ซึ่งแสดงตัวอย่างการคำนวณ ได้ดังตาราง 3.4 และ ตาราง 3.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โซน (องศา)	ข้อมูลทางแสงของโคมไฟ			ดัชนีห้อง = 0.6	
	I (เฉลี่ย) (cd.)	Zone factor	ฟลักซ์ประจำโซน (lm.)	ZM	Prod
0 - 10	705.1	0.095	67.0	1.00	67.0
10 - 20	678.1	0.284	192.6	1.00	192.6
20 - 30	640.6	0.463	296.6	0.85	252.1
30 - 40	596.2	0.628	374.4	0.19	71.1
40 - 50	545.6	0.774	422.3	0.09	38.0
50 - 60	485.5	0.897	435.5	0.02	8.7
60 - 70	410.4	0.993	407.5	-	-
70 - 80	330.3	1.058	349.5	-	-
80 - 90	248.8	1.091	271.4	-	-
ผลรวม			2816.8	-	629.5
ค่าอัตราส่วนโดยตรง					0.223

ตาราง 3.4 ตัวอย่างการคำนวณหาค่าอัตราส่วนโดยตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Description of fitting	แบบให้แสงโดยตรง																							
Zone (deg)	Photometric data			S/H_m ratio = 1.0 ROOM INDEX																				
	Av int (cd)	Zone factor	Zonal flux (lm)	0.6		0.8		1.0		1.25		1.5		2		2.5		3		4		5		
				ZM	Prod	ZM	Prod	ZM	Prod	ZM	Prod	ZM	Prod	ZM	Prod	ZM	Prod	ZM	Prod	ZM	Prod	ZM	Prod	
0-10	1036.2	.095	98.4	1.0	98.4	1.0	98.4	1.0	98.4	1.0	98.4	1.0	98.4	1.0	98.4	1.0	98.4	1.0	98.4	1.0	98.4	1.0	98.4	
10-20	943.7	.284	268.0	1.0	268.0	1.0	268.0	1.0	268.0	1.0	268.0	1.0	268.0	1.0	268.0	1.0	268.0	1.0	268.0	1.0	268.0	1.0	268.0	
20-30	801.7	.463	371.2	.85	315.5	.89	330.4	.91	337.8	.93	345.2	.94	348.9	.96	356.4	.97	360.1	.97	360.1	.98	363.8	.98	363.8	
30-40	628.4	.628	394.6	.19	75.0	.38	149.9	.52	205.2	.61	240.7	.68	268.3	.76	299.9	.81	319.6	.84	331.5	.88	347.2	.90	355.1	
40-50	444.1	.774	343.7	.09	30.9	.29	99.7	.42	144.3	.52	178.7	.59	202.8	.69	237.1	.75	257.8	.79	271.5	.84	288.7	.87	299.0	
50-60	289.7	.897	259.9	.02	5.2	.16	41.6	.29	75.4	.39	101.4	.49	127.4	.61	158.5	.68	176.7	.73	189.7	.80	207.5	.83	215.7	
60-70	177.0	.993	175.8	-	-	-	-	.02	3.5	.14	24.6	.24	42.2	.40	70.3	.51	89.6	.58	102.0	.68	119.5	.74	130.1	
70-80	87.9	1.058	93.0	-	-	-	-	-	-	-	-	.01	0.9	.10	9.3	.21	19.5	.31	28.8	.46	42.8	.56	52.1	
80-90	24.5	1.091	26.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.01	0.3	.05	1.3	.10	2.7	
Total of products			2031.3	793.0		988.0		1132.8		1257.0		1356.9		1487.9		1588.7		1650.3		1737.6		1784.9		
Direct ratios				0.390		0.486		0.557		0.619		0.668		0.737		0.783		0.812		0.855		0.879		

ZM = Zonal multiplier Prod = Zonal flux x ZM

3.2.4 ค่า LFU และ UFU ของโคมไฟแสงสว่าง

ในการคำนวณได้กำหนดให้ โคมไฟแสงสว่างติดตั้งแบบติดกับเพดาน จึงไม่มีช่องว่างเหนือโคมไฟแสงสว่าง ไม่มีการดูดกลืนแสงสว่างของช่องว่างเหนือโคม จึงไม่ต้องคำนวณหาค่าเพดานเสมือน ในกรณีทั่วๆไป เมื่อระยะความสูงของเพดานเหนือโคมไฟแสงสว่าง (Hs) มีค่าน้อยกว่า เศษหนึ่งส่วนห้าของระยะความสูงของโคมไฟแสงสว่างจากพื้นที่ทำงานสมมติ (Hm) แล้วจะกำหนดให้การคำนวณโคมไฟเป็นแบบติดตั้งติดกับเพดานเช่นกัน

ค่า LFU และ UFU ของโคมไฟแสงสว่าง แบบติดตั้งติดกับเพดานห้องสามารถอ่านค่าได้จาก ตารางผนวก ค.1-ค.5 โดยมีค่าสมประสิทธิ์การสะท้อนแสงเฉลี่ยบนพื้นที่ทำงานสมมติหรือพื้นห้องเป็น 10% และ 30%

ตารางผนวก ค.1-ค.4 แสดงค่า LFU ที่ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของฝาผนังต่างๆกัน 4 ค่า คือ ที่ค่า 50,30,10,0 % และแต่ละตาราง ค่า LFU จะอ่านได้จากตัวกำหนด คือ ค่าดัชนีห้อง ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของเพดานและค่าอัตราส่วนโดยตรง

เนื่องจากแสงที่ส่องขึ้นของโคมไฟแสงสว่างแบบติดตั้งกับเพดานนั้น ตกลงบนเพดานห้องทั้งหมด ค่า UFU จึงมีตารางเดียว คือ ตารางผนวก ค.5 โดยรวมตัวประกอบที่มีผลต่อค่า UFU ไว้

การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การใช้งานของโคมไฟแสงสว่าง ลำดับขั้นตอนการคำนวณได้ดังนี้

1. คำนวณค่าดัชนีห้อง ;KR
2. คำนวณค่าอัตราส่วนโดยตรง ;DR จากข้อมูลการกระจายแสงของดวงโคม และค่าดัชนีห้อง โดยใช้ตัวคูณประจำโซนที่สมนัยกับค่าอัตราส่วน S/Hm ที่กำหนด
3. อ่านค่า LFU จาก ตารางผนวก ค.1-ค.4
4. คำนวณค่า DC ซึ่งได้จากผลคูณของ LFU กับ DLOR
5. อ่านค่า UFU จาก ตารางผนวก ค.5
6. คำนวณค่า UC ซึ่งได้จากผลคูณของ UFU กับ ULOR
7. คำนวณค่า CU ซึ่งได้จากผลบวกของ DC และ UC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การคำนวณหาจำนวนดวงโคมที่ใช้ในการติดตั้ง (Number of Luminaires)

ในการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร สามารถคำนวณหาค่าความสว่างเฉลี่ยของทุกๆจุดบนพื้นที่ทำงานสมมติได้ดังนี้

$$\text{ความสว่างเฉลี่ย} = \frac{\text{ฟลักซ์ที่กระทบบนพื้นที่นั้น}}{\text{พื้นที่นั้น}}$$

ซึ่งฟลักซ์การส่องสว่างที่ออกจากหลอดไฟทั้งหมด คือ

$$\text{Installed flux} = \phi * S * N$$

N จำนวนดวงโคมที่ใช้ในการติดตั้ง

S จำนวนหลอดไฟใน 1 ดวงโคม

ϕ ฟลักซ์การส่องสว่างที่ออกจากหลอดไฟ Lumen

เนื่องจากฟลักซ์ที่ออกจากหลอดไฟทั้งหมด ไม่ได้ตกกระทบลงบนพื้นที่ทำงานสมมติทั้งหมดแต่มีการสูญเสียเมื่อผ่านทางดวงโคมและการสะท้อนจากผิวอื่น ซึ่งตัวองค์ประกอบที่แสดงความสัมพันธ์อันนี้ คือ ค่าสัมประสิทธิ์การใช้งานของดวงโคม (Coefficients of Utilization Factor ;CU)

$$CU = \frac{\text{ฟลักซ์ที่ตกกระทบลงบนพื้นที่นั้น}}{\text{ฟลักซ์ที่ออกจากหลอดไฟ}}$$

ดังนั้น

$$\text{ความสว่างเฉลี่ย} = \frac{\text{ฟลักซ์ที่ออกจากหลอดไฟ} * CU}{\text{พื้นที่นั้น}}$$

เนื่องจากค่าความสว่างนี้เป็นค่าความสว่างเริ่มต้นจากการติดตั้งใหม่ เมื่อมีการใช้งานเป็นระยะเวลาหนึ่ง ค่าความสว่างจะลดลง ความสูญเสียของแสงที่เกิดจากความเสื่อมของหลอดไฟ ของดวงโคม และของพื้นผิวห้อง ซึ่งตัวองค์ประกอบที่แสดงความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัมฟันธ์อันนี้ คือ ค่าองค์ประกอบการบำรุงรักษา (Maintenance Factor ;MF)

$$\text{ความสว่างที่ต้องการ} = \frac{\text{ฟลักซ์ที่ออกจากหลอดไฟ} * CU * MF}{\text{พื้นที่นั้น}}$$

$$E = \frac{[\phi * S * N * CU * MF]}{A}$$

A = Floor Area (m^2) พื้นที่ห้อง

E = ความสว่างที่ต้องการ ในการออกแบบระดับความสว่างการใช้งานจะขึ้นอยู่กับประเภทการใช้งานของสถานที่นั้นว่าเป็นงานลักษณะใด ซึ่งจะทราบค่าได้จากตารางความสว่างที่แนะนำของ IES ตาราง 2.1 บทที่ 2 หรือ ภาคผนวก ข. มีหน่วยเป็น ลักซ์ (lux)

MF = ค่าองค์ประกอบการบำรุงรักษา กำหนดให้มีค่าเป็น 0.8

ดังนั้น จำนวนดวงโคมที่ใช้ในการติดตั้ง ที่คำนวณได้ คือ

$$N = \frac{E * A}{\phi * s * CU * MF}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การประยุกต์คอมพิวเตอร์ในงานออกแบบระบบแสงสว่าง
(Computor Aided in Lighting Design)

ในการคำนวณออกแบบระบบแสงสว่างนี้ อุปกรณ์ที่ต้องการคือ เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ 16 BIT IBM PC/XT/AT หรือเครื่องเลียนแบบ(Compatible) ที่สามารถแสดงกราฟฟิคทางจอภาพได้ และเครื่องพิมพ์ (PRINTER) โปรแกรมการคำนวณออกแบบนี้ใช้ภาษาเบสิก(GWBASIC language) ในการเขียนโปรแกรมซึ่งเป็นภาษาที่เข้าใจง่ายใช้งานได้กว้าง สามารถศึกษาให้เข้าใจได้อย่างรวดเร็ว เหมาะสำหรับ ผู้ที่สนใจศึกษาทางด้านวิศวกรรมการส่องสว่างที่จะนำโปรแกรมไปพัฒนาให้ดียิ่งขึ้น

4.1 การออกแบบระบบแสงสว่างโดยใช้คอมพิวเตอร์

4.1.1 ลักษณะการทำงานต่างๆของโปรแกรม

โปรแกรมการทำงาน (PROGRAM OPERATION)

ไฟล์ที่ใช้ในโปรแกรมแบ่งเป็น

1. ส่วนโปรแกรมหลัก

EN1.COM	เป็นโปรแกรมเรียกการทำงานกราฟฟิค
EN2.COM	เป็นโปรแกรมเรียกการทำงานกราฟฟิค
GRAPHICS.COM	เป็นโปรแกรมสำหรับสั่งการพิมพ์ผลทางจอภาพออกสู่เครื่องพิมพ์
GWBASIC.EXE	เป็นโปรแกรมภาษาเบสิค

2. ส่วนโปรแกรมออกแบบระบบแสงสว่าง

INTRO.BAS	เป็นโปรแกรมเริ่มต้นการทำงานและคำอธิบาย
LIGHT.BAS	เป็นโปรแกรมหลักเลือกการทำงาน
IN.BAS	เป็นโปรแกรมสำหรับโคมภายในอาคาร
OUT.BAS	เป็นโปรแกรมสำหรับโคมภายนอกอาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ส่วนไฟล์ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณ

KZL.DAT	เป็นข้อมูลค่าตัวประกอบกระจำโซน
ZM.DAT	เป็นข้อมูลค่าตัวคูณประจำโซน (Zonal Multipliers)
UFU.DAT	เป็นข้อมูลค่า Upper Flux Utilance
LFU.DAT	เป็นข้อมูลค่า Lower Flux Utilance ที่ค่า 10 %
ADD.DAT	เป็นข้อมูลตัวปรับค่า LFU เป็นที่ ค่า 30 %
NUM.DAT	เป็นข้อมูลตัวเลขบนกราฟ
POLAR.PIC	เป็นไฟล์เก็บสเกลรูปโพลาร์กราฟ
ISO.PIC	เป็นไฟล์เก็บสเกลรูปไอโซแคนเดลากราฟ
LOG.PIC	เป็นไฟล์เก็บสเกลรูปกราฟล็อก

การทำงานประกอบอื่นๆในโปรแกรม

การพิมพ์ สามารถให้เครื่องพิมพ์ พิมพ์ผลการทำงานที่อยู่บนจอภาพลงบนเครื่องพิมพ์ โดยใช้แป้น Shift + PrtSc สั่งให้เครื่องทำงาน

แป้น Spacebar ใช้สั่งให้เครื่องทำงานตามขั้นตอนต่อไป

4.1.2 การเตรียมข้อมูลสำหรับโปรแกรม

ข้อมูลที่ใช้สำหรับการคำนวณที่ต้องป้อนในโปรแกรมเป็นข้อมูลของหลอดไฟและโคมไฟ ได้แก่

-ชนิดของโคมไฟ (LUMINAIRE TYPE)

-ปริมาณฟลักซ์การส่องสว่างของหลอดไฟทั้งหมดในดวงโคม (TOTAL LAMP FLUX)

-ข้อมูลการกระจายแสงของดวงโคม เป็นค่าความเข้มแห่งการส่องสว่างในระนาบต่างๆ แบ่งออกเป็น

1. INTERIOR LIGHTING	-2 ระนาบ (0,90)
	-3 ระนาบ (0,45,90)
2. EXTERIOR LIGHTING	-37 ระนาบ (-90 ถึง 90 ทุกระยะ 5 องศา)

4.1.3 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม

รายละเอียดการทำงานของโปรแกรม สรุปได้ดังรูปแผนภูมิการทำงาน โดยแบ่งการทำงานเป็น

โปรแกรมเริ่มต้นและโปรแกรมหลัก

1. พิมพ์หัวเรื่องและคำอธิบาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เลือกการทำงานจากโปรแกรมหลัก

-คำนวณระบบแสงสว่างภายในอาคาร

-คำนวณระบบแสงสว่างภายนอกอาคาร

-เลิกการทำงาน

การคำนวณระบบแสงสว่างภายในอาคาร

1. อ่านข้อมูลพื้นฐานที่ใช้ในการคำนวณ

KZL , ZM , UFU , LFU

2. ป้อนข้อมูลการกระจายแสงของโคมไฟ

3. คำนวณค่าความเข้มแห่งการส่องสว่างในหน่วย (cd/1000lm)

4. เลือกการทำงาน

-แสดงลักษณะการกระจายแสง POLAR GRAPH ของระนาบ 0,45,90

-แสดงลักษณะการกระจายแสง ISOCANDELA GRAPH

-คำนวณระบบแสงสว่าง

การคำนวณระบบแสงสว่าง

การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การใช้งานของโคมไฟแสงสว่าง

1. การคำนวณค่าดัชนีห้อง (KR)

2. คำนวณหาอัตราส่วนระยะห่างระหว่างดวงโคมต่อความสูง (S/Hm)

3. คำนวณหาค่าอัตราส่วนโดยตรง (DR)

4. คำนวณค่าสัมประสิทธิ์การใช้งานของดวงโคม

5. แสดงผลการคำนวณค่า UF

การคำนวณหาจำนวณดวงโคมที่ต้องการ

1. เลือกค่าแฟคเตอร์การสะท้อนของแสง

2. คำนวณหาจำนวณดวงโคม โดยกำหนดให้

-ค่าความสว่างที่ใช้งาน

เท่ากับ 100 lux ที่ Total Flux ตั้งแต่ 10000 lumen ลงมา

และ เท่ากับ 1000 lux ที่ Total Flux มากกว่า 10000 lumen

-ค่าองค์ประกอบการบำรุงรักษา MF=0.8

3. แสดงผลการคำนวณด้วยกราฟ (CHART FOR CALCULATING NO. OF LAMP REQUIRED) แกนตั้งเป็นจำนวณดวงโคมที่ต้องการ และแกนนอนเป็นพื้นที่ห้อง (AREA) มีหน่วยเป็น ตารางเมตร และเส้นกราฟที่แสดงแบ่งเป็น 3เส้น คือระยะความสูงจากเพดานถึงพื้นที่ทำงานที่ระยะ 2,3,4 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ การใช้งานกรณีที่ต้องการความสว่างเฉลี่ยเป็นค่าอื่น ให้คูณค่าที่อ่านได้จากกราฟด้วย $\frac{\text{ความสว่างที่ต้องการใช้ (lux)}}{\text{ความสว่างที่ใช้ในการคำนวณ (100,1000 lux)}}$

การคำนวณระบบแสงสว่างภายนอกอาคาร

1. อ่านข้อมูลพื้นฐานที่ใช้ในการคำนวณ

   KZL , ZM

2. ป้อนข้อมูลการกระจายแสงของโคมไฟ
3. คำนวณค่าความเข้มแห่งการส่องสว่างในหน่วย (cd/1000lm)
4. เลือกการทำงาน

   -แสดงลักษณะการกระจายแสง POLAR GRAPH

   -แสดงลักษณะการกระจายแสง ISOCANDELA GRAPH

4.2 ตัวอย่างการคำนวณระบบแสงสว่าง

4.2.1 ระบบแสงสว่างภายในอาคาร

ข้อมูลของโคมไฟ

ชนิดของโคมไฟ โคม National รุ่น G421

ชนิดของหลอดไฟ FLR40SW

ฟลักซ์การส่องสว่างทั้งหมดของหลอดไฟ 3000 lumen

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลการกระจายแสงของโคม

THE LUMINOUS INTENSITY DISTRIBUTION (cd/1000 lm) ON PLANE(0,45,90)? 0

1. I(0)	= 210	2. I(5)	= 217
3. I(10)	= 215	4. I(15)	= 210
5. I(20)	= 215	6. I(25)	= 210
7. I(30)	= 205	8. I(35)	= 200
9. I(40)	= 187	10. I(45)	= 167
11. I(50)	= 140	12. I(55)	= 110
13. I(60)	= 75	14. I(65)	= 41
15. I(70)	= 25	16. I(75)	= 12
17. I(80)	= 10	18. I(85)	= 8
19. I(90)	= 6	20. I(95)	= 0
21. I(100)	= 0	22. I(105)	= 0
23. I(110)	= 0	24. I(115)	= 0
25. I(120)	= 0	26. I(125)	= 0
27. I(130)	= 0	28. I(135)	= 0
29. I(140)	= 0	30. I(145)	= 0
31. I(150)	= 0	32. I(155)	= 0
33. I(160)	= 0	34. I(165)	= 0
35. I(170)	= 0	36. I(175)	= 0
37. I(180)	= 0		

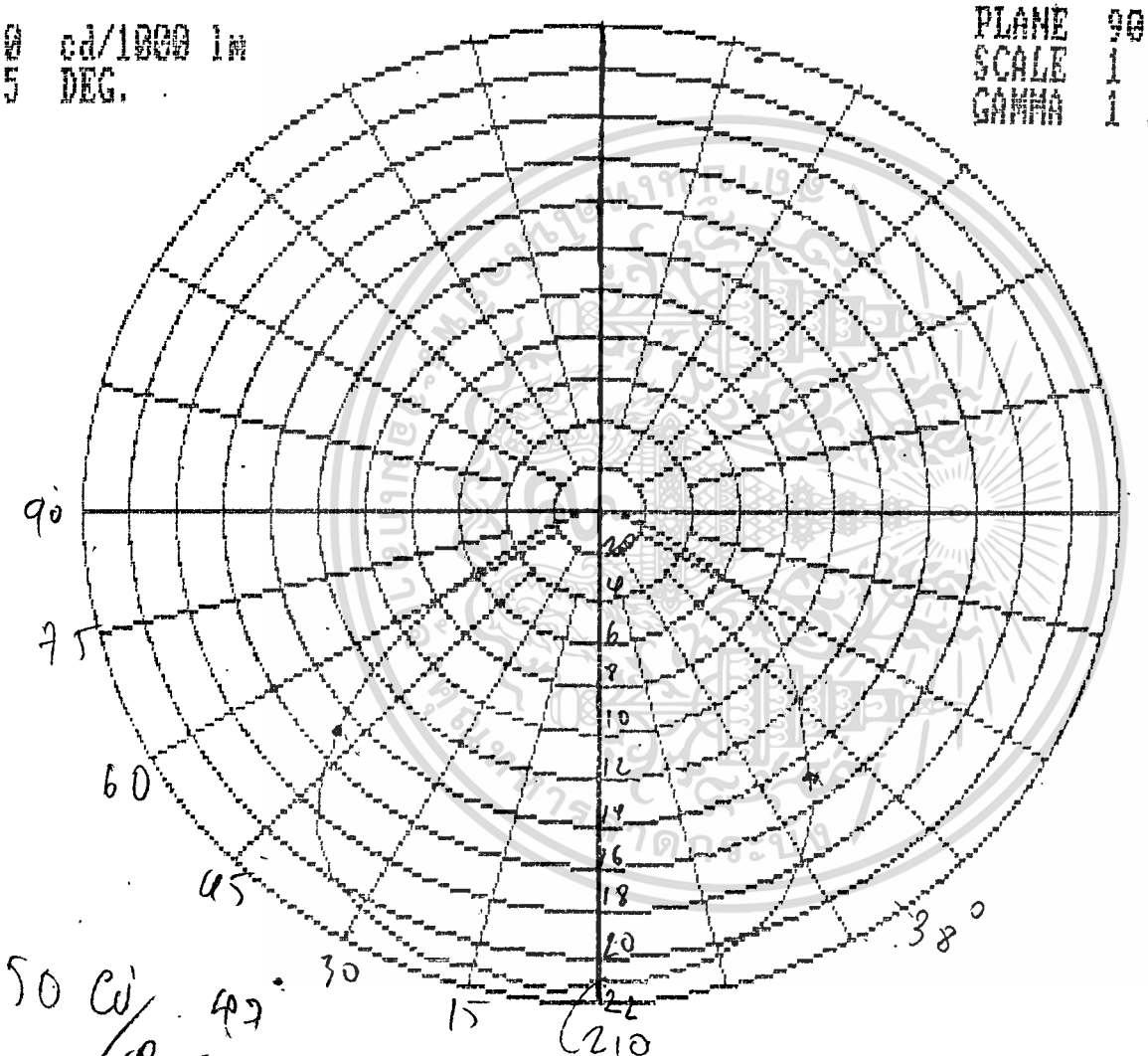
THE LUMINOUS INTENSITY DISTRIBUTION (cd/1000 lm) ON PLANE(0,45,90)? 90

1. I(0)	= 210	2. I(5)	= 212
3. I(10)	= 210	4. I(15)	= 205
5. I(20)	= 200	6. I(25)	= 190
7. I(30)	= 178	8. I(35)	= 162
9. I(40)	= 140	10. I(45)	= 122
11. I(50)	= 105	12. I(55)	= 92
13. I(60)	= 73	14. I(65)	= 41
15. I(70)	= 25	16. I(75)	= 12
17. I(80)	= 10	18. I(85)	= 8
19. I(90)	= 6	20. I(95)	= 0
21. I(100)	= 0	22. I(105)	= 0
23. I(110)	= 0	24. I(115)	= 0
25. I(120)	= 0	26. I(125)	= 0
27. I(130)	= 0	28. I(135)	= 0
29. I(140)	= 0	30. I(145)	= 0
31. I(150)	= 0	32. I(155)	= 0
33. I(160)	= 0	34. I(165)	= 0
35. I(170)	= 0	36. I(175)	= 0
37. I(180)	= 0		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PLANE 0
SCALE 1 : 20 cd/1000 lm
GAMMA 1 : 15 DEG.

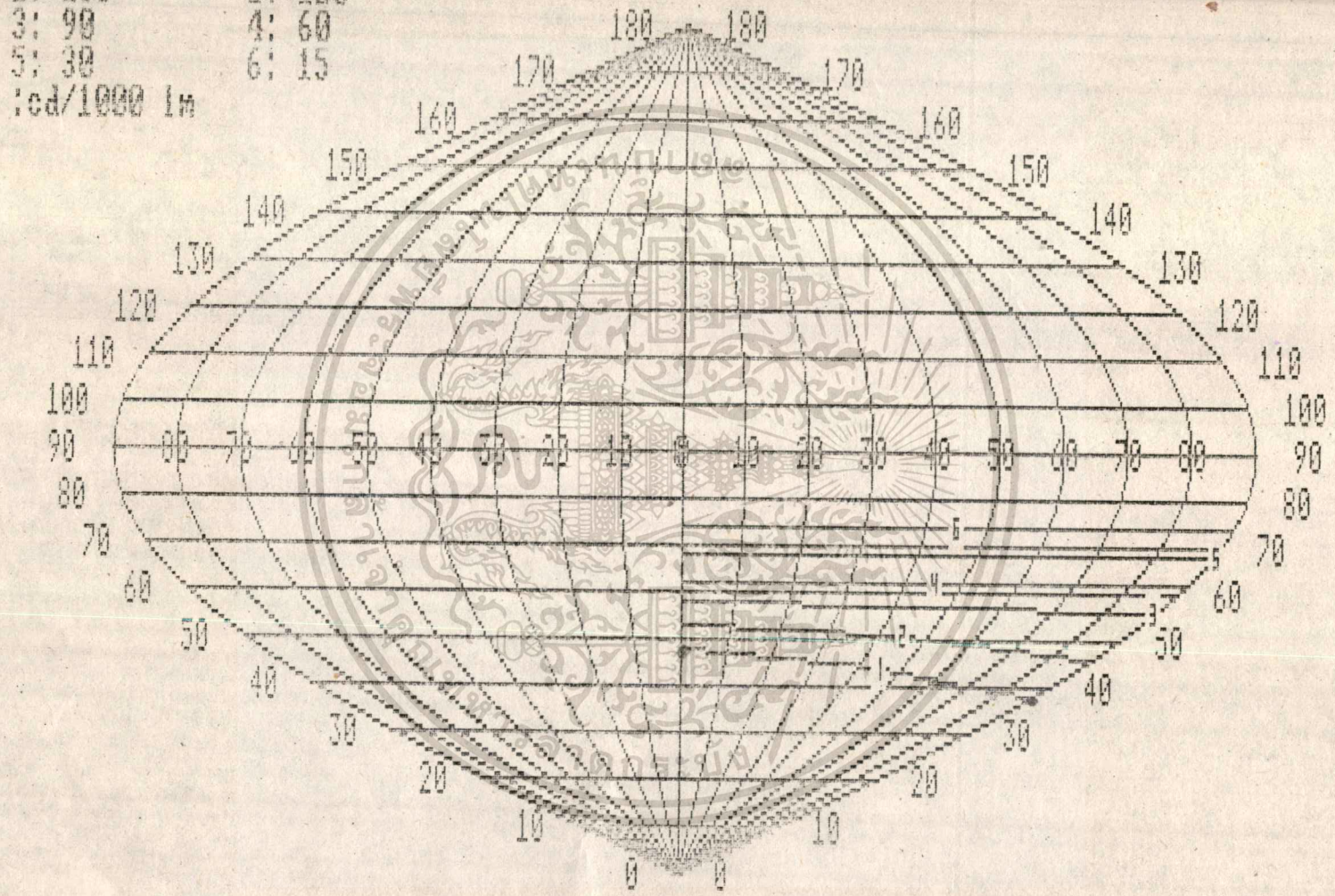
PLANE 90
SCALE 1 : 20 cd/1000 lm
GAMMA 1 : 15 DEG.



150 cd/1000 lm

DAIGRAM OF POLAR COORDINATE GRAPH

4-6



DAIGRAM OF ISOCANDELA COORDINATE GRAPH

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ห้ามนำไปใช้ในการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น

KMIT'LKB LIGHTING TEST

INTERIOR LIGHTING %DLOR : 55

LUMINAIRE TYPE :FLR40SW %ULOR : 0

TOTAL LAMP LUMEN : 3000 LUMENS S/Hm : 1.25

REFL. CEILING:	70	70	70	50	50	50	30	30	70	70	70	50	50	50	30	30
FACTOR WALLS:	50	30	10	50	30	10	30	10	50	30	10	50	30	10	30	10
(%) FLOOR:	10	10	10	10	10	10	10	10	30	30	30	30	30	30	30	30

COEFFICIENTS OF UTILIZATION TABLE

ROOM	0.60	.30	.26	.24	.29	.26	.24	.26	.24	.31	.27	.24	.30	.26	.24	.26	.24
INDEX	0.80	.34	.31	.28	.34	.30	.28	.30	.28	.36	.32	.29	.35	.31	.28	.31	.28
	1.00	.38	.35	.32	.37	.34	.32	.34	.32	.41	.36	.33	.39	.36	.33	.35	.32
	1.25	.42	.39	.37	.41	.39	.36	.38	.36	.46	.41	.38	.44	.40	.38	.39	.36
	1.50	.45	.42	.39	.44	.41	.39	.40	.39	.48	.45	.41	.47	.43	.40	.42	.40
	2.00	.48	.45	.43	.47	.45	.43	.44	.42	.53	.49	.46	.50	.48	.45	.46	.43
	2.50	.50	.48	.46	.49	.47	.46	.47	.45	.56	.53	.50	.53	.51	.48	.48	.47
	3.00	.52	.50	.48	.51	.49	.47	.48	.46	.58	.55	.52	.55	.52	.50	.50	.49
	4.00	.54	.52	.50	.52	.51	.50	.50	.49	.60	.58	.56	.57	.55	.53	.52	.51
	5.00	.55	.53	.52	.54	.52	.51	.51	.51	.63	.60	.58	.59	.57	.56	.54	.53

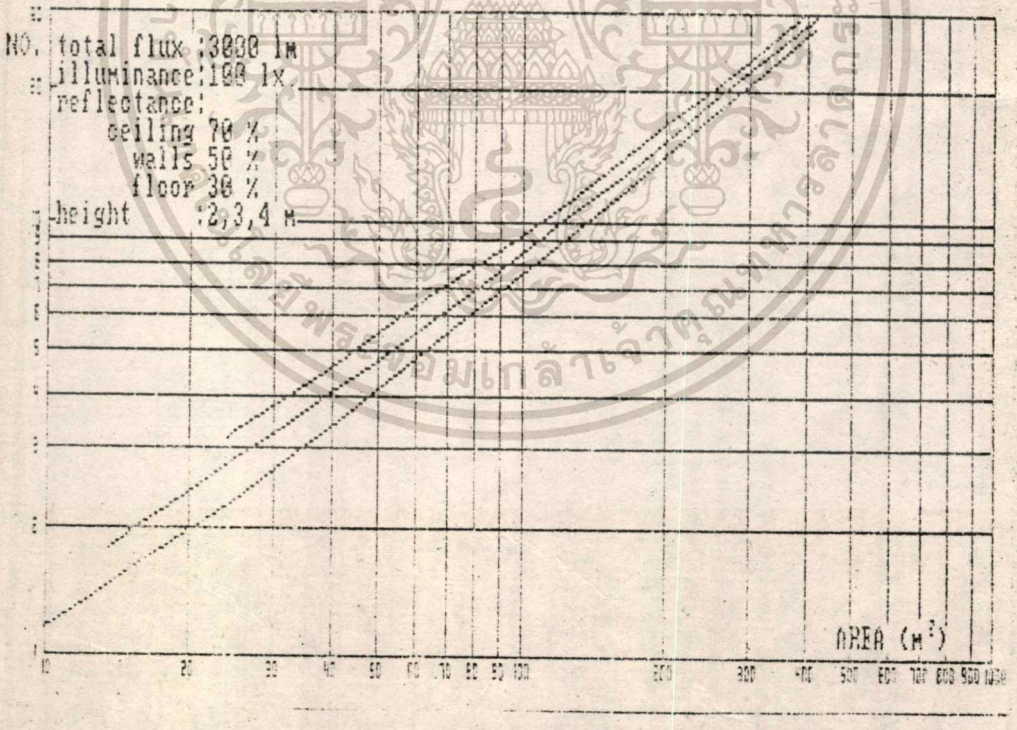


CHART FOR CALCULATING NUMBER OF LAMP REQUIRED

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดของโคมไฟ โคม National รุ่น FA41010

ชนิดของหลอดไฟ FLR40SW

ฟลักซ์การส่องสว่างทั้งหมดของหลอดไฟ 3000 lumen

ข้อมูลการกระจายแสงของโคม

THE LUMINOUS INTENSITY DISTRIBUTION (cd/1000 lm) ON PLANE(0,45,90)? 0

1.	I(0)	= 140	2.	I(5)	= 140
3.	I(10)	= 140	4.	I(15)	= 140
5.	I(20)	= 142	6.	I(25)	= 145
7.	I(30)	= 148	8.	I(35)	= 150
9.	I(40)	= 150	10.	I(45)	= 150
11.	I(50)	= 150	12.	I(55)	= 147
13.	I(60)	= 145	14.	I(65)	= 140
15.	I(70)	= 132	16.	I(75)	= 127
17.	I(80)	= 120	18.	I(85)	= 117
19.	I(90)	= 115	20.	I(95)	= 115
21.	I(100)	= 115	22.	I(105)	= 115
23.	I(110)	= 120	24.	I(115)	= 125
25.	I(120)	= 125	26.	I(125)	= 110
27.	I(130)	= 75	28.	I(135)	= 50
29.	I(140)	= 20	30.	I(145)	= 14
31.	I(150)	= 7	32.	I(155)	= 5
33.	I(160)	= 5	34.	I(165)	= 5
35.	I(170)	= 5	36.	I(175)	= 5
37.	I(180)	= 5			

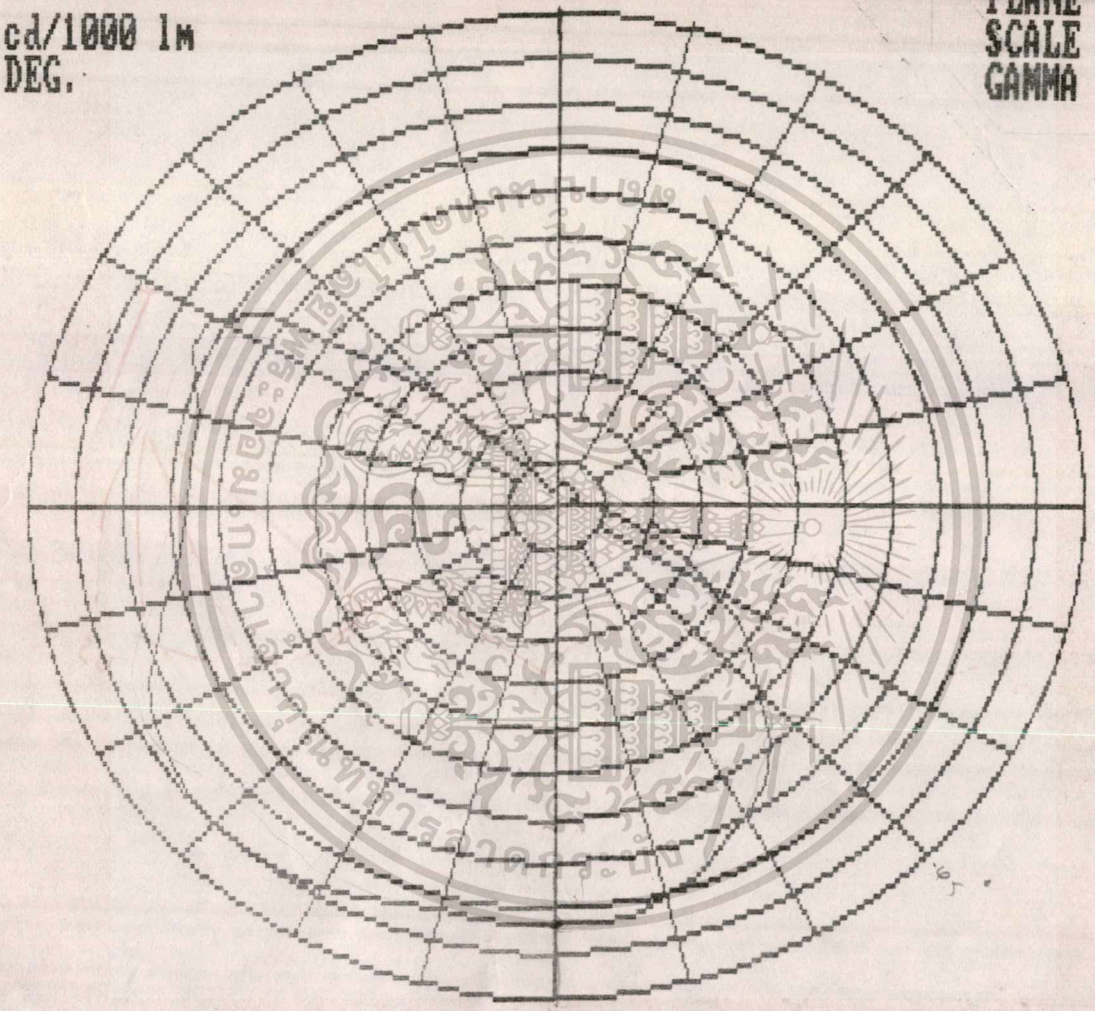
THE LUMINOUS INTENSITY DISTRIBUTION (cd/1000 lm) ON PLANE(0,45,90)? 90

1.	I(0)	= 140	2.	I(5)	= 140
3.	I(10)	= 140	4.	I(15)	= 135
5.	I(20)	= 132	6.	I(25)	= 125
7.	I(30)	= 120	8.	I(35)	= 115
9.	I(40)	= 105	10.	I(45)	= 90
11.	I(50)	= 80	12.	I(55)	= 70
13.	I(60)	= 55	14.	I(65)	= 45
15.	I(70)	= 30	16.	I(75)	= 20
17.	I(80)	= 15	18.	I(85)	= 13
19.	I(90)	= 10	20.	I(95)	= 5
21.	I(100)	= 7	22.	I(105)	= 7
23.	I(110)	= 7	24.	I(115)	= 7
25.	I(120)	= 7	26.	I(125)	= 7
27.	I(130)	= 7	28.	I(135)	= 7
29.	I(140)	= 7	30.	I(145)	= 7
31.	I(150)	= 7	32.	I(155)	= 7
33.	I(160)	= 7	34.	I(165)	= 7
35.	I(170)	= 7	36.	I(175)	= 7
37.	I(180)	= 7			

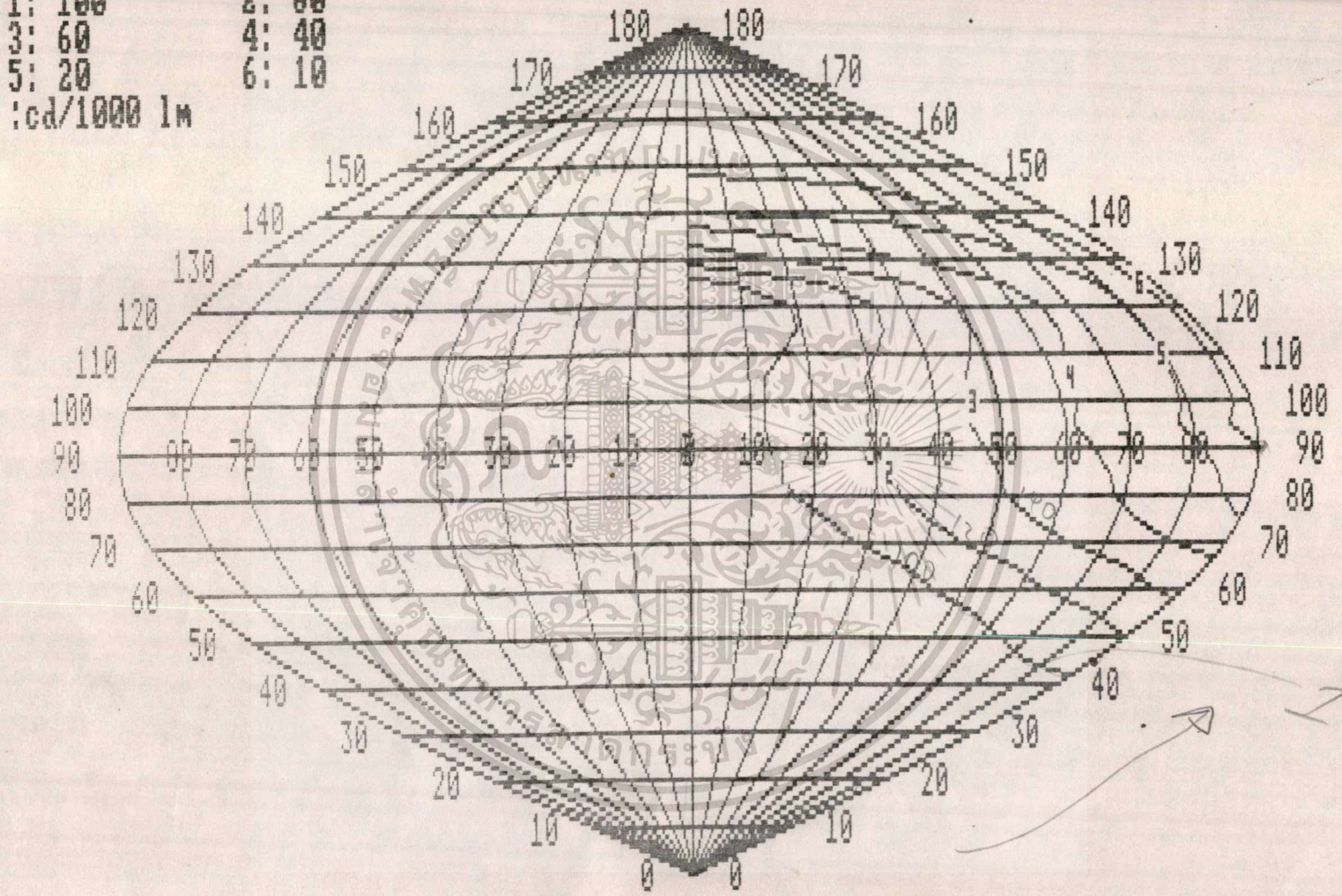
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PLANE 0
SCALE 1 : 15 cd/1000 lm
GAMMA 1 : 15 DEG.

PLANE 90
SCALE 1 : 15 cd/1000 lm
GAMMA 1 : 15 DEG.



DAIGRAM OF POLAR COORDINATE GRAPH



DAIGRAM OF ISOCANDELA COORDINATE GRAPH

KMIT'LKB LIGHTING TEST

INTERIOR LIGHTING — %DLOR : 63

LUMINAIRE TYPE :FA41010 — %ULOR : 28

TOTAL LAMP LUMEN : 3000 LUMENS — S/Hm : 1.5

REFL. CEILING:	70	70	70	50	50	50	30	30	70	70	70	50	50	50	30	30
FACTOR WALLS:	50	30	10	50	30	10	30	10	50	30	10	50	30	10	30	10
(%) FLOOR:	10	10	10	10	10	10	10	10	30	30	30	30	30	30	30	30

COEFFICIENTS OF UTILIZATION TABLE

ROOM																	
INDEX	0.60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	0.80	.41	.34	.30	.37	.31	.28	.29	.25	.44	.36	.31	.39	.33	.28	.30	.26
	1.00	.47	.40	.35	.43	.37	.33	.34	.30	.50	.42	.36	.45	.38	.34	.34	.30
	1.25	.52	.46	.40	.47	.42	.37	.38	.34	.57	.48	.42	.50	.43	.39	.39	.35
	1.50	.56	.50	.45	.50	.45	.41	.41	.38	.61	.53	.47	.54	.48	.43	.43	.38
	2.00	.62	.56	.51	.56	.51	.47	.46	.43	.68	.61	.55	.60	.54	.49	.48	.44
	2.50	.66	.61	.56	.59	.55	.51	.49	.47	.73	.66	.60	.64	.59	.54	.51	.48
	3.00	.69	.64	.60	.62	.58	.55	.53	.50	.77	.71	.65	.68	.63	.59	.55	.52
	4.00	.73	.69	.65	.65	.63	.59	.56	.54	.82	.77	.71	.72	.67	.64	.59	.56
	5.00	.75	.72	.69	.68	.65	.63	.59	.56	.86	.81	.77	.75	.71	.68	.62	.59

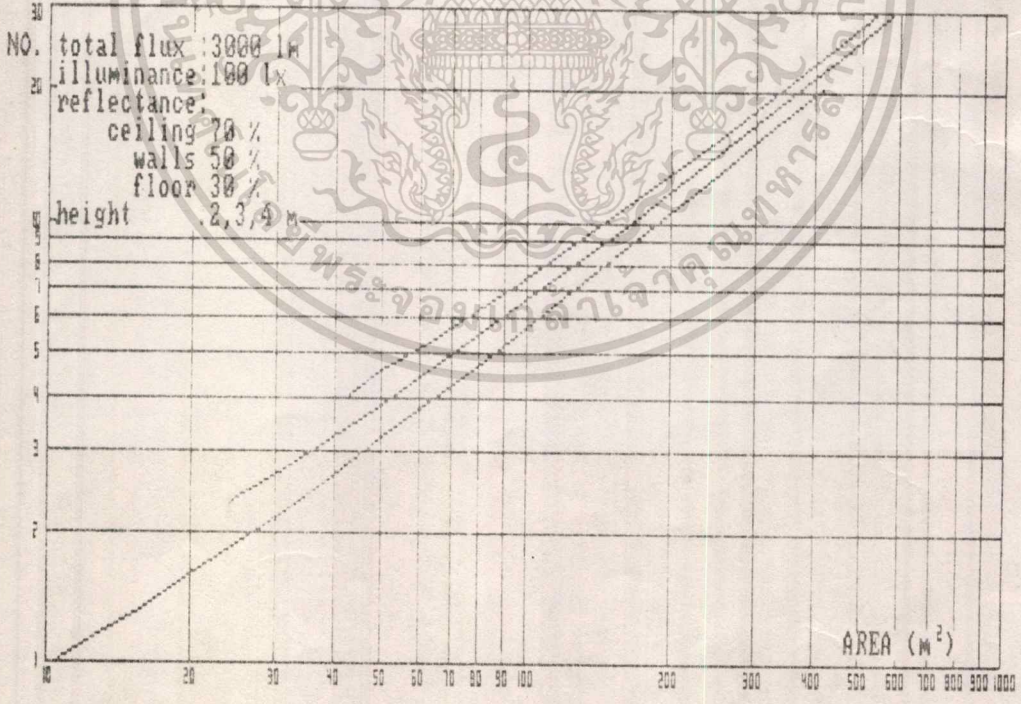


CHART FOR CALCULATING NUMBER OF LAMP REQUIRED

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดของโคมไฟ โคม National รุ่น YKØ2344

ชนิดของหลอดไฟ NH36ØFLM

ฟลักซ์การส่องสว่างทั้งหมดของหลอดไฟ 47500 lumen

ข้อมูลการกระจายแสงของโคม

THE LUMINOUS INTENSITY DISTRIBUTION (cd/1000 lm) ON PLANE(0,45,90)? 0

1.	I(0) = 265	2.	I(5) = 273
3.	I(10) = 295	4.	I(15) = 325
5.	I(20) = 353	6.	I(25) = 370
7.	I(30) = 357	8.	I(35) = 322
9.	I(40) = 275	10.	I(45) = 210
11.	I(50) = 135	12.	I(55) = 85
13.	I(60) = 50	14.	I(65) = 25
15.	I(70) = 10	16.	I(75) = 7
17.	I(80) = 5	18.	I(85) = 5
19.	I(90) = 0	20.	I(95) = 0
21.	I(100) = 1	22.	I(105) = 2
23.	I(110) = 3	24.	I(115) = 4
25.	I(120) = 5	26.	I(125) = 7
27.	I(130) = 9	28.	I(135) = 12
29.	I(140) = 15	30.	I(145) = 15
31.	I(150) = 13	32.	I(155) = 11
33.	I(160) = 9	34.	I(165) = 7
35.	I(170) = 5	36.	I(175) = 5
37.	I(180) = 5		

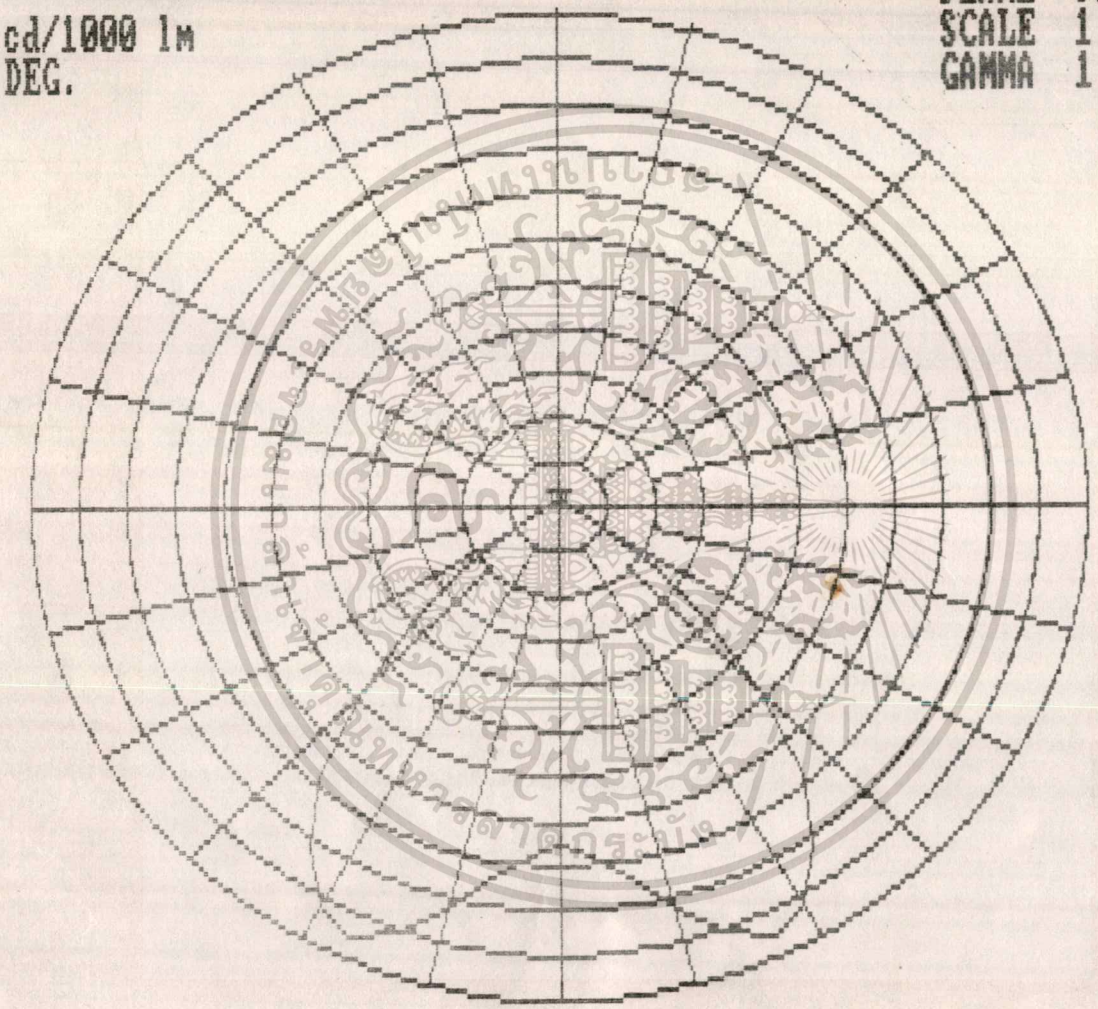
THE LUMINOUS INTENSITY DISTRIBUTION (cd/1000 lm) ON PLANE(0,45,90)? 90

1.	I(0) = 265	2.	I(5) = 273
3.	I(10) = 295	4.	I(15) = 325
5.	I(20) = 353	6.	I(25) = 370
7.	I(30) = 357	8.	I(35) = 322
9.	I(40) = 275	10.	I(45) = 210
11.	I(50) = 135	12.	I(55) = 85
13.	I(60) = 50	14.	I(65) = 25
15.	I(70) = 10	16.	I(75) = 7
17.	I(80) = 5	18.	I(85) = 5
19.	I(90) = 0	20.	I(95) = 0
21.	I(100) = 1	22.	I(105) = 2
23.	I(110) = 3	24.	I(115) = 4
25.	I(120) = 5	26.	I(125) = 7
27.	I(130) = 9	28.	I(135) = 12
29.	I(140) = 15	30.	I(145) = 15
31.	I(150) = 13	32.	I(155) = 11
33.	I(160) = 9	34.	I(165) = 7
35.	I(170) = 5	36.	I(175) = 5
37.	I(180) = 5		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

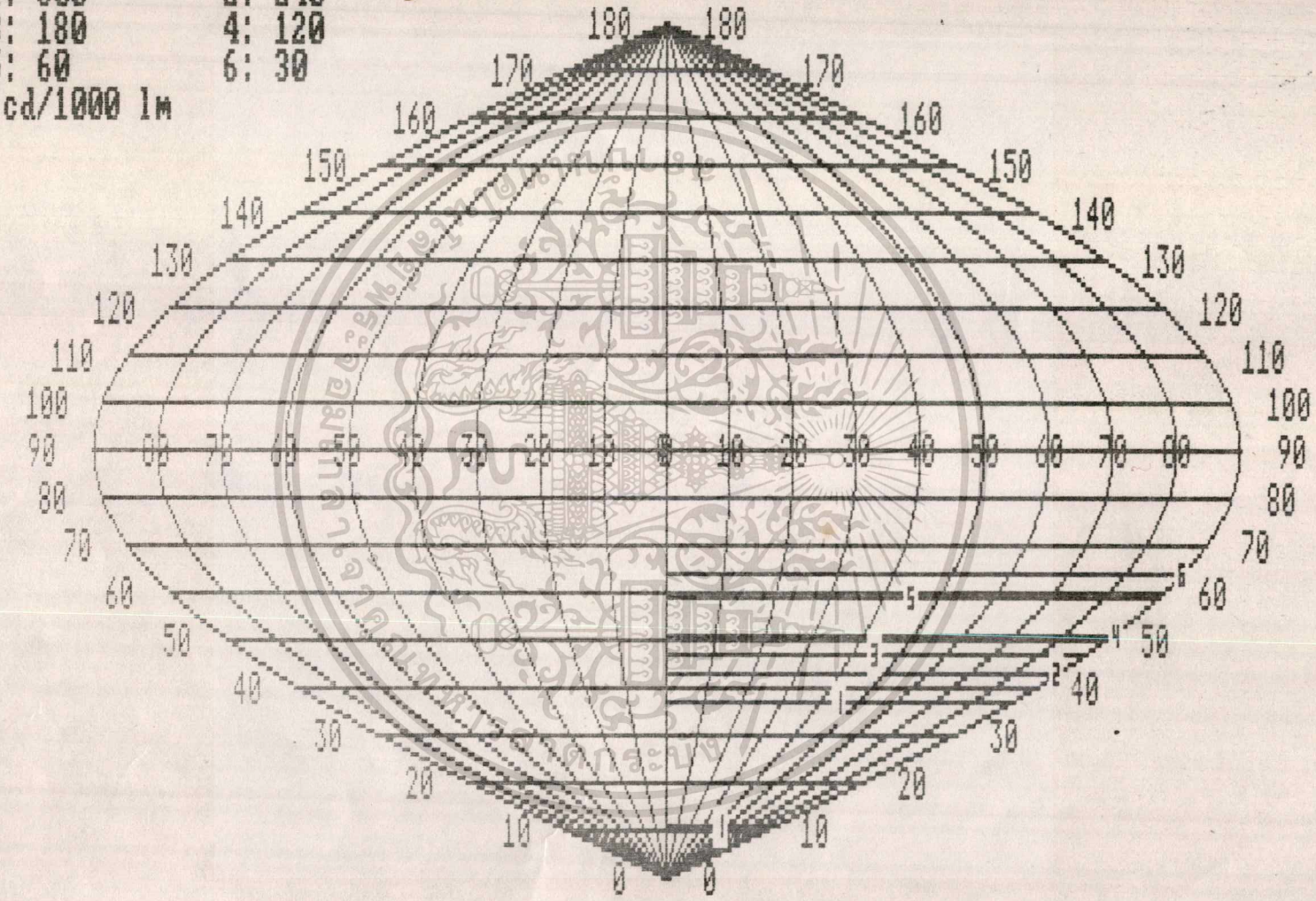
PLANE 0
SCALE 1 : 35 cd/1000 lm
GAMMA 1 : 15 DEG.

PLANE 90
SCALE 1 : 35 cd/1000 lm
GAMMA 1 : 15 DEG.



DAIGRAM OF POLAR COORDINATE GRAPH

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำ ดัดแปลง หรือนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า



DAIGRAM OF ISOCANDELA COORDINATE GRAPH

KMIT'LKB LIGHTING TEST

INTERIOR LIGHTING %DLOR : 77

LUMINAIRE TYPE :YK02344 %ULOR : 4

TOTAL LAMP LUMEN : 47500 LUMENS S/Hm : 1.5

REFL.	CEILING:	70	70	70	50	50	50	30	30	70	70	70	50	50	50	30	30
FACTOR	WALLS:	50	30	10	50	30	10	30	10	50	30	10	50	30	10	30	10
(%)	FLOOR:	10	10	10	10	10	10	10	10	30	30	30	30	30	30	30	30

COEFFICIENTS OF UTILIZATION TABLE

ROOM	0.60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
INDEX	0.80	.58	.54	.52	.57	.53	.51	.53	.51	.62	.56	.53	.60	.55	.52	.54	.51
	1.00	.63	.60	.56	.62	.59	.56	.57	.56	.68	.62	.59	.65	.61	.58	.59	.57
	1.25	.67	.64	.61	.66	.62	.60	.62	.59	.72	.67	.64	.70	.65	.62	.63	.60
	1.50	.70	.67	.64	.68	.65	.63	.64	.62	.76	.71	.67	.73	.69	.65	.66	.64
	2.00	.74	.71	.69	.72	.69	.68	.68	.66	.81	.77	.73	.77	.74	.71	.71	.68
	2.50	.75	.73	.71	.74	.72	.70	.70	.68	.84	.80	.77	.80	.76	.74	.73	.71
	3.00	.78	.75	.73	.75	.74	.72	.72	.70	.87	.83	.80	.81	.79	.77	.75	.74
	4.00	.79	.77	.76	.77	.75	.74	.74	.72	.89	.87	.84	.84	.81	.80	.77	.75
	5.00	.80	.79	.77	.78	.77	.76	.75	.74	.92	.89	.87	.85	.84	.83	.79	.78

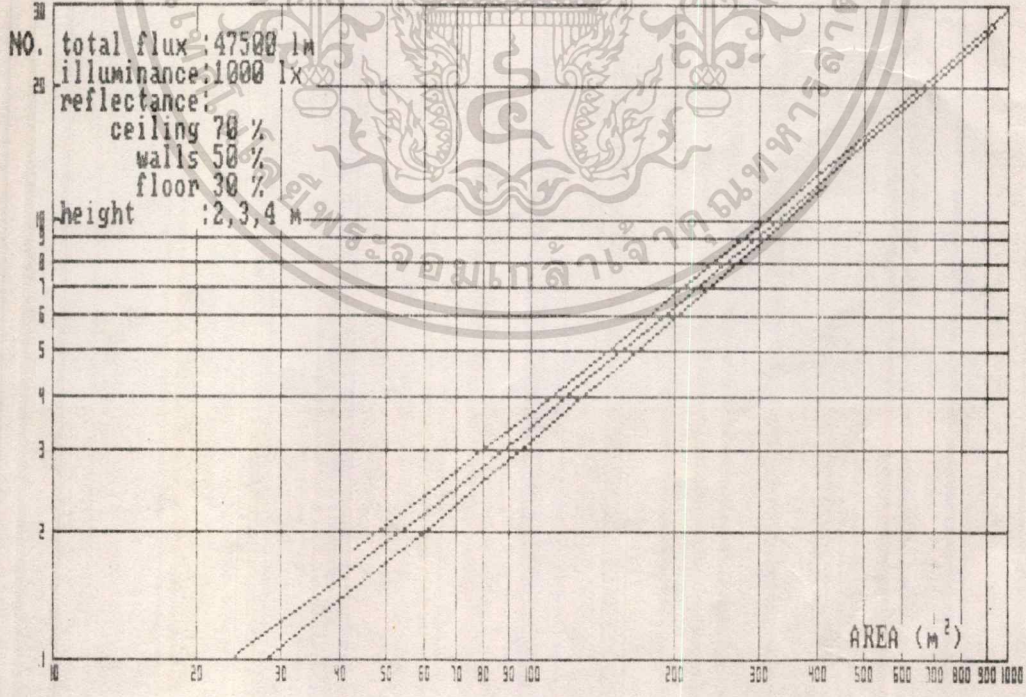


CHART FOR CALCULATING NUMBER OF LAMP REQUIRED

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 ระบบแสงสว่างภายนอกอาคาร

ข้อมูลของโคมไฟ

ชนิดของหลอดไฟ High Pressure Sodium Lamp

ฟลักซ์การส่องสว่างขึ้นหน้าของหลอดไฟ 38000 lumen

ข้อมูลการกระจายแสงของโคม

I-TABLE FOR TYPE 1 LUMINANCE IS:LANTERN TYPE CO LAMP TYPE HPS

GAMMA	C (DEG.)																						
	270.0 5.0	275.0 10.0	280.0 15.0	285.0 20.0	290.0 25.0	295.0 30.0	300.0 35.0	305.0 40.0	310.0 45.0	315.0 50.0	320.0 55.0	325.0 60.0	330.0 65.0	335.0 70.0	340.0 75.0	345.0 80.0	350.0 85.0	355.0 90.0	0.0
0.0	173.0 172.0	173.0 172.0	173.0 172.0	173.0 172.0	173.0 172.0	173.0 172.0	173.0 172.0	173.0 172.0	173.0 172.0	173.0 172.0	173.0 172.0	173.0 172.0	173.0 172.0	173.0 172.0	173.0 172.0	173.0 172.0	173.0 172.0	173.0 172.0	172.0
5.5	139.0 177.0	139.0 177.0	139.0 176.0	139.0 176.0	138.0 176.0	137.0 177.0	138.0 180.0	139.0 180.0	141.0 181.0	141.0 181.0	142.0 182.0	143.0 182.0	145.0 182.0	147.0 181.0	149.0 181.0	171.0 181.0	173.0 182.0	174.0 182.0	175.0
10.0	136.0 209.0	136.0 208.0	135.0 209.0	135.0 209.0	137.0 209.0	143.0 208.0	142.0 206.0	146.0 203.0	151.0 201.0	155.0 196.0	160.0 191.0	164.0 186.0	169.0 182.0	173.0 179.0	182.0 175.0	180.0 175.0	194.0 176.0	200.0 176.0	201.0
15.0	111.0 212.0	113.0 213.0	113.0 212.0	114.0 215.0	116.0 219.0	118.0 214.0	120.0 210.0	127.0 213.0	134.0 212.0	141.0 206.0	148.0 201.0	155.0 196.0	163.0 186.0	171.0 178.0	178.0 169.0	186.0 165.0	192.0 160.0	199.0 156.0	207.0
20.0	95.0 212.0	95.0 213.0	97.0 212.0	98.0 210.0	100.0 205.0	101.0 200.0	108.0 192.0	109.0 185.0	115.0 177.0	121.0 171.0	129.0 164.0	137.0 156.0	145.0 151.0	137.0 145.0	170.0 158.0	182.0 158.0	192.0 137.0	202.0 137.0	208.0
25.0	81.0 226.0	82.0 226.0	84.0 223.0	83.0 216.0	88.0 208.0	92.0 196.0	93.0 183.0	101.0 169.0	107.0 151.0	113.0 142.0	122.0 133.0	131.0 123.0	140.0 114.0	137.0 105.0	174.0 96.0	191.0 97.0	202.0 97.0	213.0 98.0	222.0
30.0	69.0 248.0	70.0 247.0	71.0 244.0	72.0 235.0	77.0 225.0	83.0 203.0	88.0 177.0	93.0 157.0	103.0 137.0	110.0 127.0	120.0 117.0	129.0 107.0	139.0 98.0	162.0 88.0	186.0 79.0	207.0 78.0	221.0 76.0	236.0 73.0	248.0
35.0	56.0 250.0	57.0 250.0	59.0 247.0	60.0 235.0	66.0 219.0	70.0 196.0	78.0 165.0	86.0 143.0	95.0 121.0	103.0 113.0	113.0 105.0	120.0 97.0	140.0 88.0	160.0 80.0	181.0 71.0	201.0 70.0	220.0 68.0	239.0 67.0	251.0
40.0	37.0 253.0	38.0 252.0	39.0 253.0	40.0 216.0	45.0 189.0	70.0 162.0	73.0 141.0	83.0 124.0	96.0 107.0	104.0 100.0	115.0 93.0	127.0 86.0	138.0 77.0	148.0 67.0	159.0 58.0	169.0 57.0	193.0 55.0	221.0 54.0	241.0
45.0	75.0 336.0	74.0 327.0	72.0 299.0	71.0 239.0	74.0 176.0	77.0 143.0	80.0 128.0	98.0 117.0	99.0 106.0	109.0 99.0	117.0 84.0	123.0 73.0	131.0 64.0	130.0 54.0	168.0 45.0	183.0 43.0	230.0 41.0	276.0 39.0	320.0
50.0	105.0 383.0	109.0 377.0	96.0 325.0	91.0 244.0	90.0 176.0	88.0 140.0	87.0 117.0	93.0 106.0	100.0 95.0	106.0 82.0	113.0 72.0	119.0 61.0	123.0 53.0	136.0 49.0	187.0 43.0	218.0 43.0	273.0 42.0	329.0 42.0	373.0
55.0	128.0 480.0	129.0 439.0	111.0 360.0	103.0 291.0	99.0 217.0	96.0 169.0	92.0 125.0	93.0 106.0	93.0 87.0	98.0 76.0	109.0 64.0	123.0 53.0	140.0 54.0	182.0 54.0	223.0 55.0	261.0 61.0	331.0 67.0	397.0 73.0	451.0
60.0	124.0 611.0	117.0 565.0	108.0 488.0	100.0 369.0	98.0 275.0	94.0 214.0	85.0 162.0	88.0 130.0	91.0 76.0	94.0 70.0	139.0 65.0	186.0 59.0	229.0 62.0	258.0 65.0	287.0 68.0	316.0 75.0	407.0 83.0	499.0 90.0	558.0
65.5	104.0 561.0	97.0 520.0	89.0 414.0	82.0 278.0	77.0 207.0	70.0 163.0	68.0 118.0	73.0 90.0	77.0 62.0	82.0 66.0	83.0 57.0	84.0 55.0	85.0 60.0	130.0 66.0	176.0 71.0	221.0 78.0	334.0 86.0	448.0 93.0	535.0
70.0	74.0 333.0	67.0 346.0	61.0 293.0	58.0 209.0	51.0 141.0	67.0 107.0	44.0 81.0	49.0 69.0	53.0 56.0	58.0 53.0	58.0 49.0	58.0 46.0	58.0 53.0	97.0 59.0	136.0 66.0	175.0 76.0	219.0 85.0	264.0 79.0	298.0
75.5	29.0 98.0	27.0 101.0	25.0 117.0	23.0 88.0	22.0 58.0	23.0 45.0	21.0 36.0	22.0 36.0	23.0 32.0	24.0 31.0	27.0 29.0	29.0 28.0	32.0 32.0	48.0 35.0	64.0 37.0	80.0 41.0	83.0 43.0	85.0 45.0	93.0
80.0	10.0 68.0	10.0 69.0	10.0 63.0	10.0 64.0	10.0 38.0	10.0 30.0	10.0 25.0	11.0 21.0	11.0 16.0	12.0 15.0	14.0 13.0	17.0 12.0	17.0 12.0	25.0 15.0	33.0 13.0	38.0 14.0	49.0 14.0	60.0 15.0	67.0
85.5	7.0 36.0	7.0 35.0	7.0 32.0	7.0 28.0	7.0 22.0	7.0 18.0	7.0 15.0	8.0 13.0	8.0 10.0	9.0 9.0	10.0 9.0	11.0 8.0	12.0 8.0	15.0 8.0	19.0 8.0	22.0 8.0	27.0 8.0	32.0 8.0	35.0
90.0	6.0 23.0	6.0 20.0	6.0 20.0	6.0 17.0	6.0 16.0	6.0 14.0	6.0 13.0	7.0 11.0	7.0 9.0	8.0 8.0	8.0 8.0	9.0 7.0	10.0 7.0	12.0 7.0	13.0 7.0	15.0 7.0	18.0 7.0	20.0 7.0	22.0
95.0	3.0 13.0	3.0 14.0	3.0 12.0	5.0 10.0	5.0 10.0	5.0 10.0	5.0 10.0	6.0 9.0	6.0 8.0	7.0 7.0	7.0 7.0	8.0 6.0	8.0 6.0	9.0 6.0	9.0 6.0	10.0 6.0	11.0 5.0	13.0 5.0	15.0
100.0	3.0 12.0	3.0 11.0	3.0 10.0	3.0 9.0	3.0 9.0	4.0 9.0	4.0 8.0	4.0 7.0	5.0 6.0	5.0 6.0	6.0 6.0	6.0 5.0	7.0 5.0	7.0 5.0	8.0 4.0	8.0 4.0	9.0 4.0	11.0 4.0	12.0
105.0	1.0 10.0	1.0 10.0	3.0 8.0	3.0 7.0	3.0 7.0	3.0 7.0	3.0 6.0	3.0 6.0	4.0 5.0	4.0 5.0	4.0 4.0	5.0 4.0	6.0 4.0	7.0 4.0	7.0 3.0	8.0 3.0	9.0 3.0	10.0 3.0	10.0

ลิขสิทธิ์เป็นของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ไม่อนุญาตให้ผู้ใดนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของลิขสิทธิ์ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

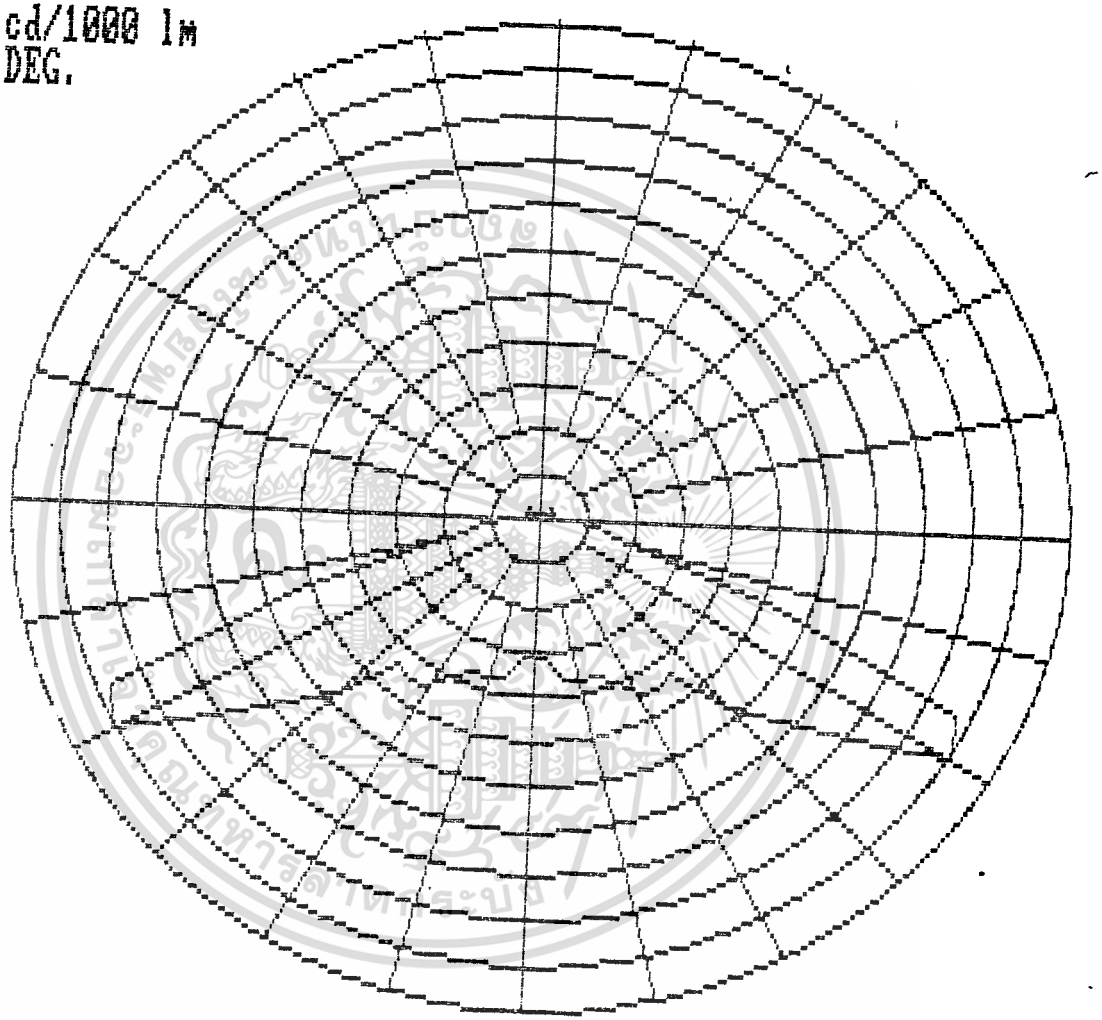
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลลัพธ์ที่ได้

DAIGRAM OF POLAR COORDINATE GRAPH

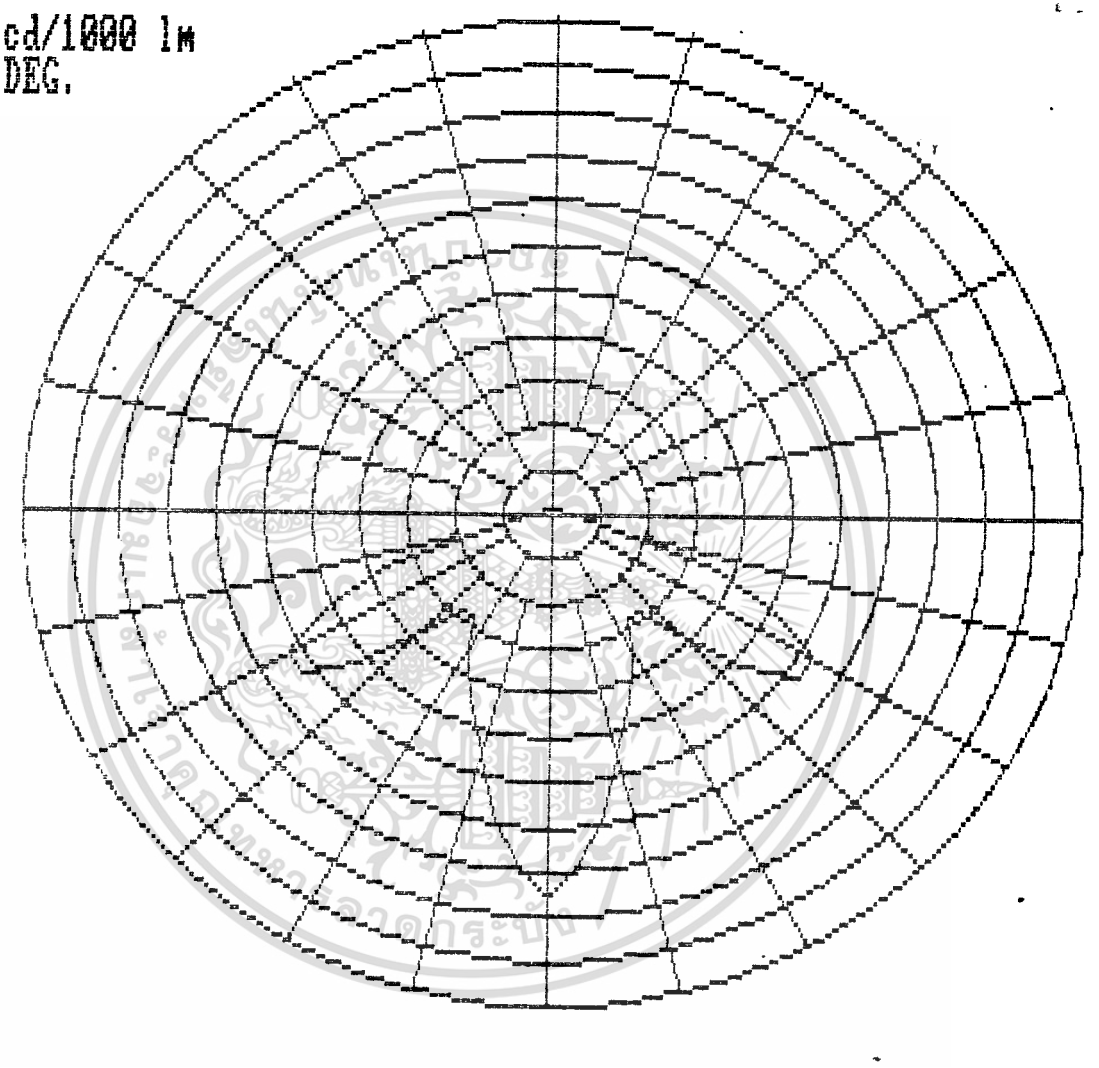
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PLANE 0
SCALE 1 : 55 cd/1000 lm
GAMMA 1 : 15 DEG.

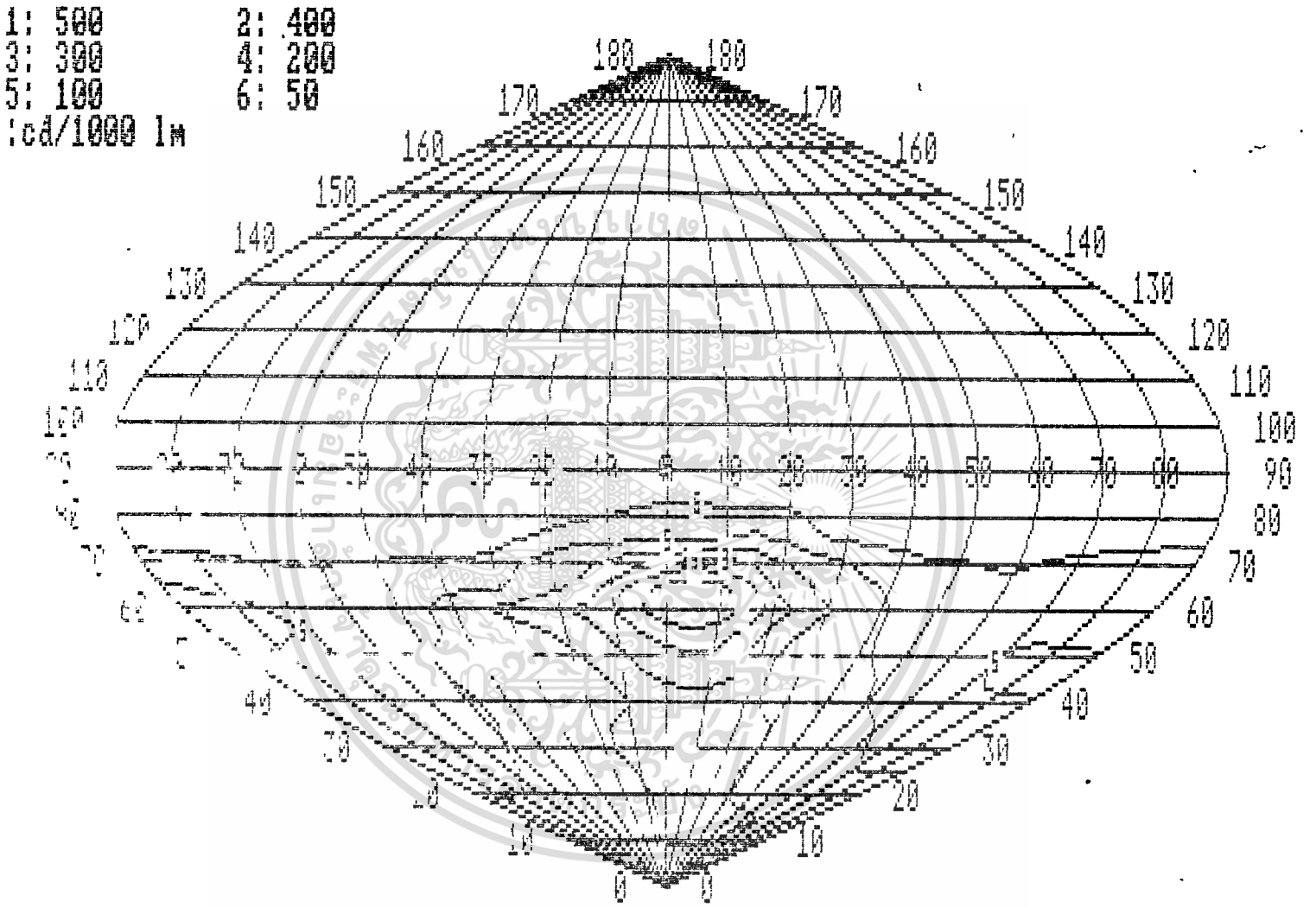


DAIGRAM OF POLAR COORDINATE GRAPH

PLANE -90
SCALE 1 : 20 cd/1000 lm
GAMMA 1 : 15 DEG.



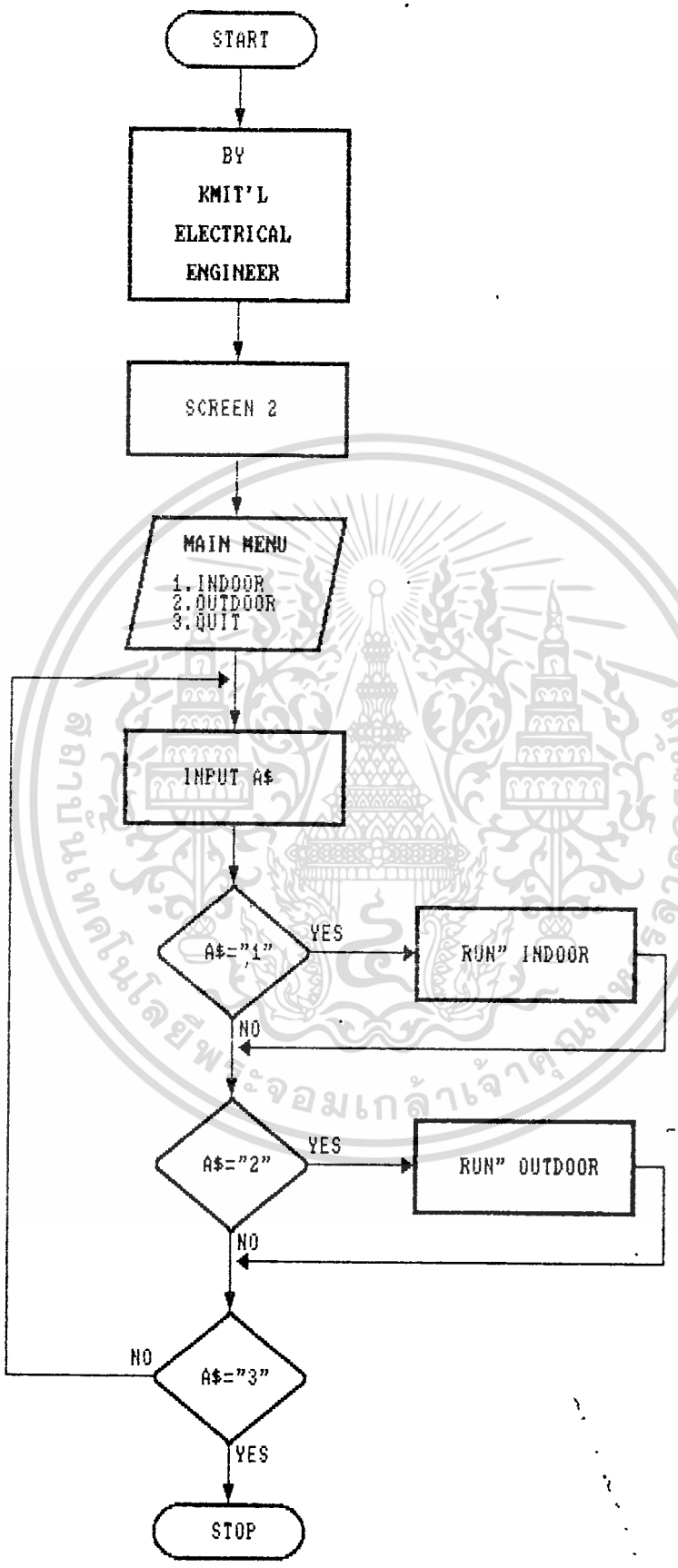
DAIGRAM OF POLAR COORDINATE GRAPH



DAIGRAM OF ISOCANDELA COORDINATE GRAPH

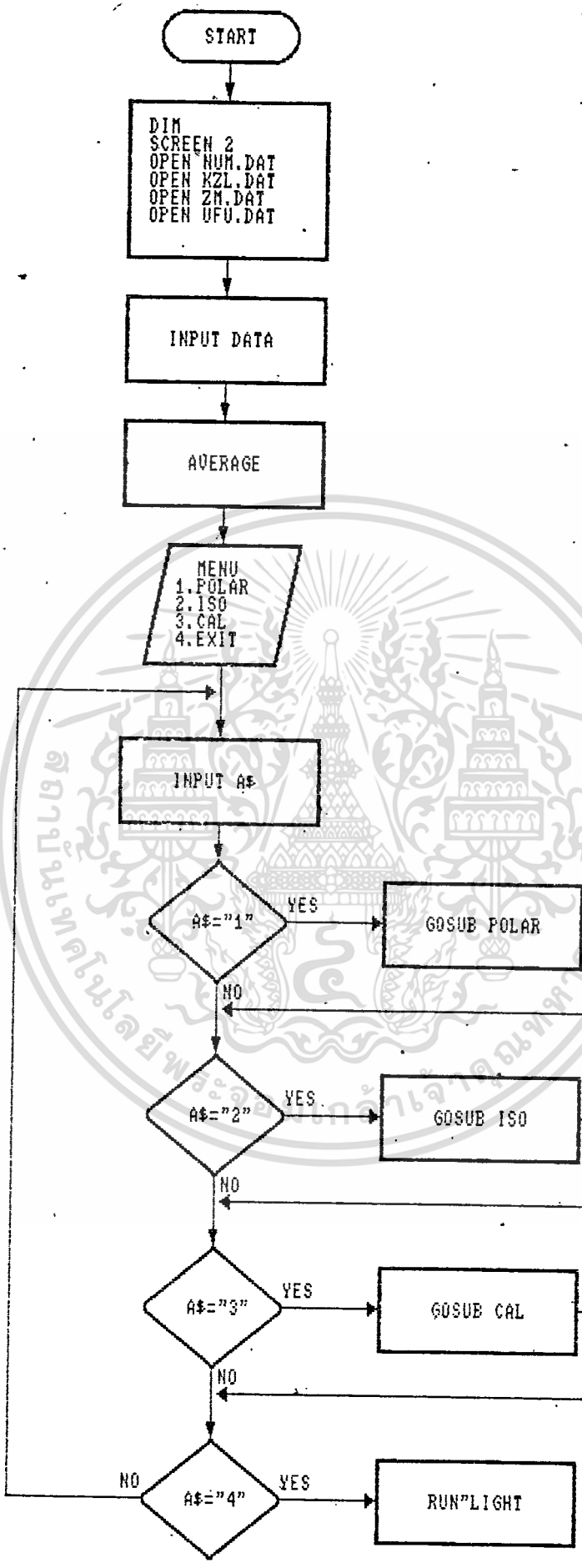
แผนภูมิแสดงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม

LIGHT



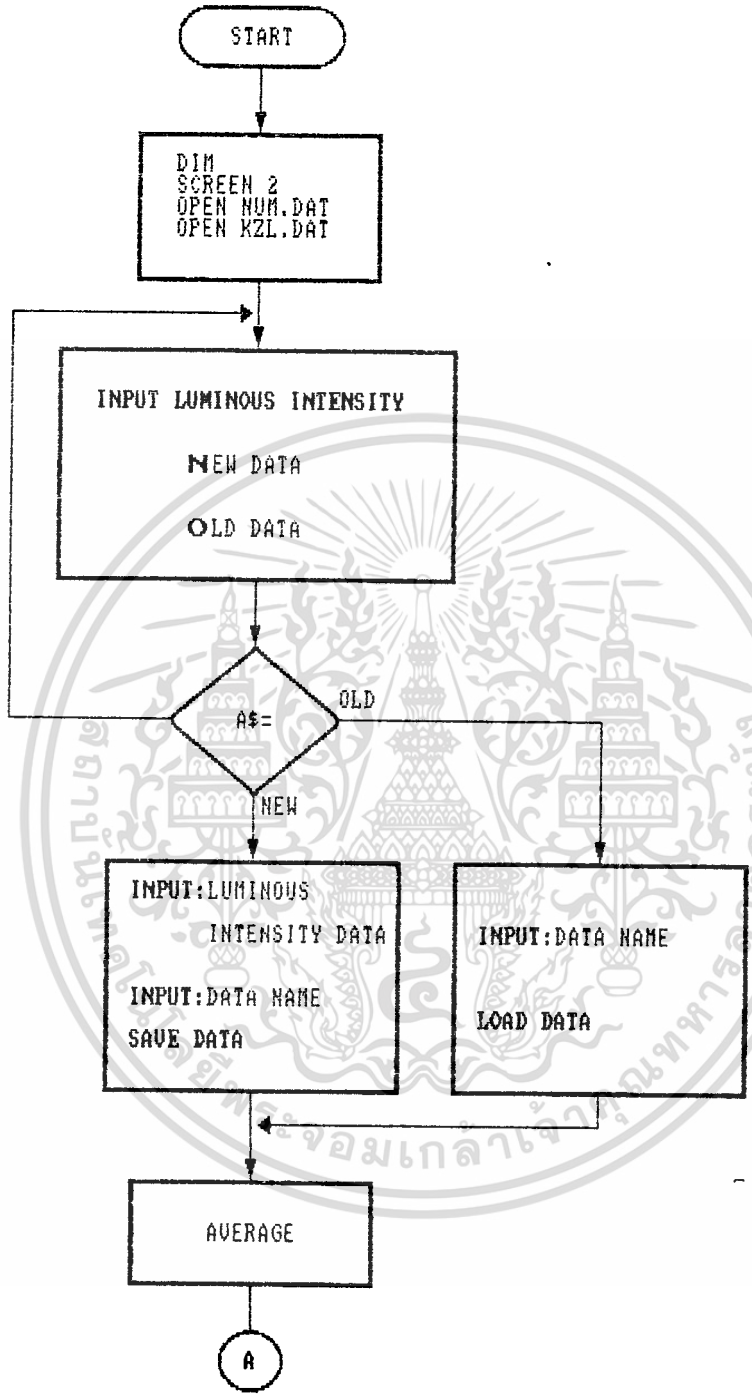
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

INDOOR

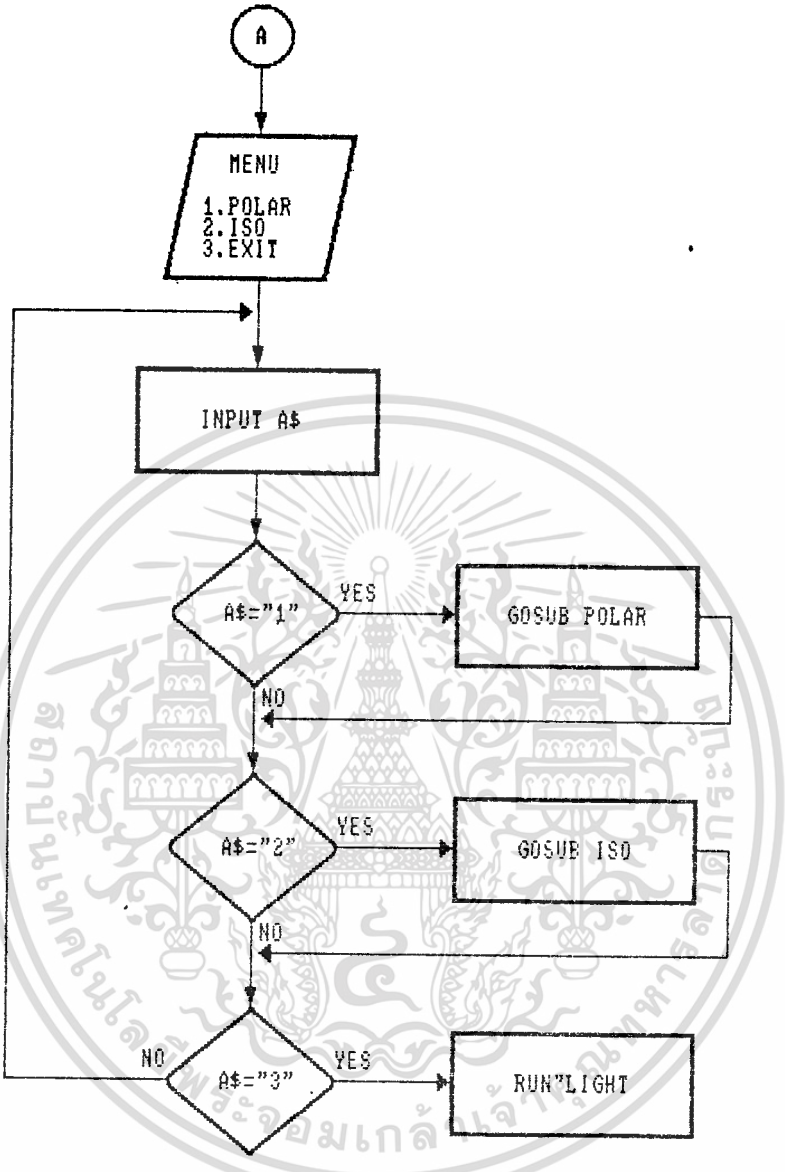


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

OUTDOOR

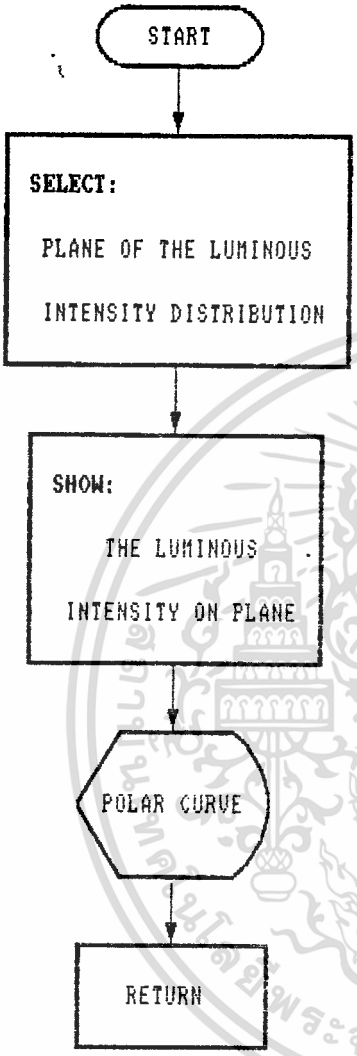


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

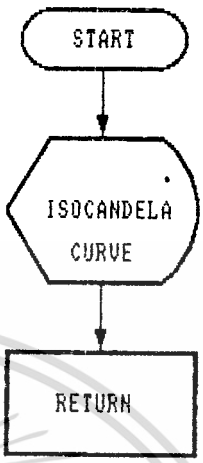


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SUB.POLAR

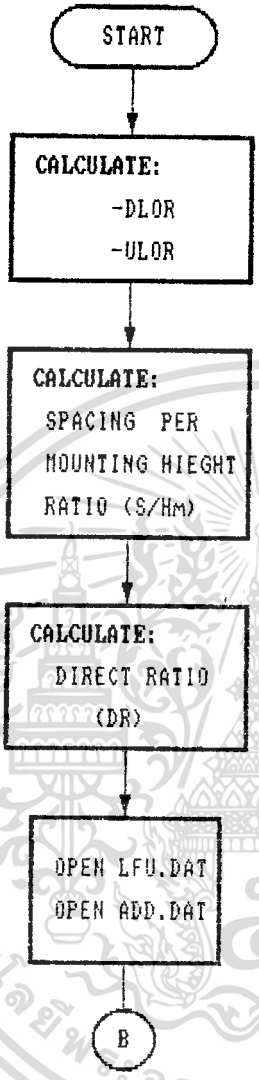


SUB.ISO

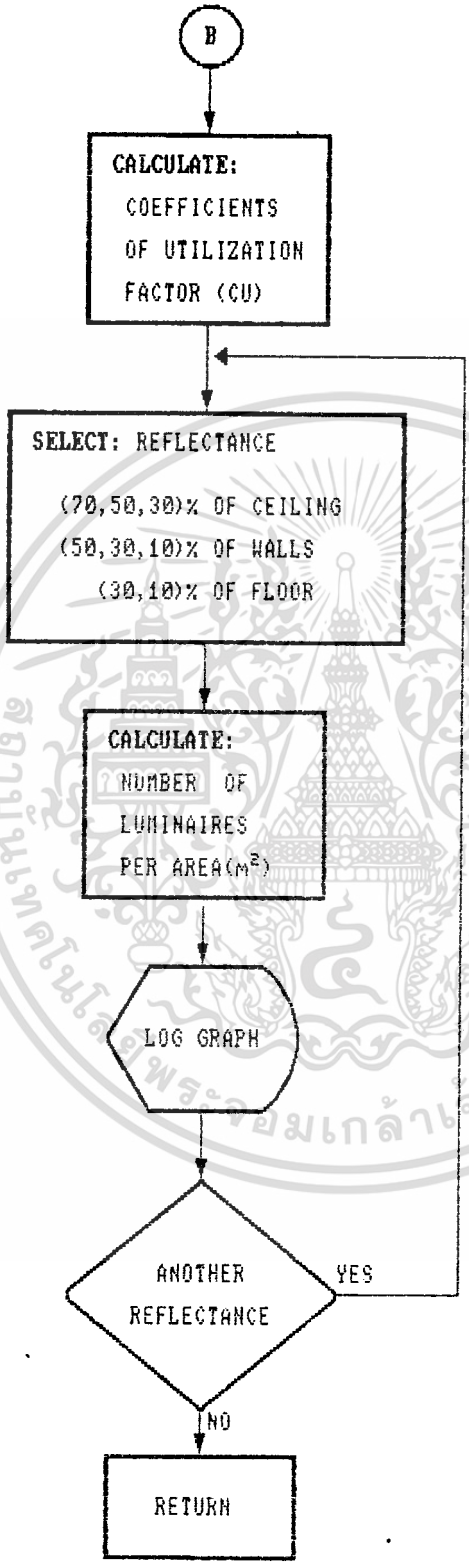


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SUB.CAL



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุป

โปรแกรมการออกแบบระบบไฟฟ้าแสงสว่างที่เขียนขึ้นนี้ ช่วยทำให้การคำนวณออกแบบแสงสว่างมีความถูกต้อง และสะดวกรวดเร็วขึ้นมาก ผู้ผลิต และ ผู้ทำงานเกี่ยวข้องกับงานคำนวณด้านวิศวกรรมการส่องสว่าง สามารถใช้โปรแกรมนี้แสดงข้อมูลทางแสงของดวงโคม ลักษณะการกระจายแสงของดวงโคม สัมประสิทธิ์การใช้งาน และชาร์ทจำนวนดวงโคมที่ใช้ต่อพื้นที่ทำงาน ของโคมไฟแบบต่างๆที่ผลิตขึ้นมา เพื่อจัดทำรายงานผลการทดสอบทางแสงของโคมไฟ เพื่อให้เลือกใช้งานโคมไฟแสงสว่างได้อย่างเหมาะสม

โปรแกรมนี้สามารถนำข้อมูลการกระจายแสงของดวงโคมประเภทภายนอกอาคารมาแสดงบน โพลาร์กราฟ และ ไอโซกราฟ เพื่อผู้ที่สนใจศึกษาด้านนี้สามารถนำโปรแกรมไปพัฒนาปรับปรุงให้ดียิ่งขึ้นต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

นิยามและศัพท์ทางแสง

1. มุมครึ่งยอด (Half Apex Angle ; γ) คือ อัตราส่วนของความยาวเส้นโค้งต่อรัศมี มีหน่วยเป็น เรเดียน (Radian)

$$\gamma = \frac{b}{r}$$

2. มุมเชิงของแข็ง (Solid Angle ; ω) คือ อัตราส่วนของพื้นที่ทรงกลมต่อกำลังสองของรัศมี มีหน่วยเป็น สเตอเรเดียน (Sterredian)

$$\omega = \frac{As}{r^2}$$

3. ฟลักซ์การส่องสว่าง (Luminous Flux ; ϕ) คือ ปริมาณของแสงที่แพร่กระจายออกจากแหล่งกำเนิดแสง หรือปริมาณของแสงที่ได้รับบนพื้นผิวหนึ่ง มีหน่วยเป็น (Lumen ; lm)

4. ความเข้มแห่งการส่องสว่าง (Luminous Intensity; I) คือ ฟลักซ์การส่องสว่างที่ออกจากแหล่งกำเนิดแสง และแพร่กระจายในส่วนย่อยของมุมเชิงของแข็งที่อยู่ในทิศทางที่กำหนดหารด้วยส่วนย่อยของมุมเชิงของแข็งนั้น มีหน่วยเป็น แคนเดลา (Candelar ; cd)

$$I = \frac{\phi}{\omega}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ความสว่าง (Illuminance ;E) คือ ฟลักซ์การส่องสว่างที่ตกกระทบส่วนย่อยส่วนหนึ่งของพื้นผิวนั้นหารด้วยพื้นที่ของส่วนย่อยนั้น

$$E = \frac{\phi}{Ar}$$

โดยที่ค่าฟลักซ์การส่องสว่างมีหน่วยเป็นลูเมน
พื้นที่มีหน่วยเป็นตารางเมตร ความสว่างมีหน่วยเป็นลักซ์ (Lux)
พื้นที่มีหน่วยเป็นตารางฟุต ความสว่างมีหน่วยเป็นฟุตแคนเดิล (Footcandle ;fc)
โดยที่ 1 ฟุตแคนเดิล = 10.764 ลักซ์

6. การส่องสว่าง (Luminance ;L) คือ ฟลักซ์การส่องสว่างต่อหน่วยของพื้นที่ที่ตกกระทบ และหน่วยของมุมเชิงของแข็ง ไม่ว่าจะออกจากพื้นผิวที่กำหนดให้จากทิศทางที่กำหนด หรือมาถึงพื้นผิวที่กำหนดให้จากทิศทางที่กำหนด
ถ้าฟลักซ์การส่องสว่างมีหน่วยเป็นลูเมน
พื้นที่มีหน่วยเป็นตารางเมตร การส่องสว่างมีหน่วยเป็น อะโพสทิลบ์ (Apostilb)
พื้นที่มีหน่วยเป็นตารางฟุต การส่องสว่างมีหน่วยเป็น ฟุตแลมเบิร์ต (Footlambert)

7. สัมประสิทธิ์การสะท้อน (Reflectance) คือ อัตราส่วนระหว่างฟลักซ์การส่องสว่างที่สะท้อนออกจากพื้นผิวหนึ่ง ต่อ ฟลักซ์การส่องสว่างที่ตกกระทบลงบนพื้นผิวนั้น

8. ประสิทธิภาพการส่องสว่าง (Luminous Efficency) คือ อัตราส่วนของฟลักซ์การส่องสว่างทั้งหมดที่ได้รับจากแหล่งกำเนิดแสง ต่อ กำลังงานทั้งหมดที่จ่ายให้กับแหล่งกำเนิดแสง มีหน่วยเป็น ลูเมน/วัตต์ (Lumen/Watt)

9. Light Output Ratio คือ อัตราส่วนของฟลักซ์การส่องสว่างที่ส่องออกจากโคมไฟทั้งครึ่งทรงกลมบนและล่าง ต่อ ฟลักซ์การส่องสว่างทั้งหมดที่ส่องออกจากหลอดไฟที่ติดตั้งอยู่ภายในโคมไฟนั้น

$$LOR = \frac{F}{S * PHI}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ F คือ ฟลักซ์การส่องสว่างทั้งหมดที่ออกจากดวงโคม

S คือ จำนวนหลอดต่อดวงโคม

PHI คือ ฟลักซ์การส่องสว่างที่ออกจากหลอดไฟ

Downward Light Output Ratio คือ อัตราส่วนของฟลักซ์การส่องสว่างที่ส่องออกจากโคมไฟภายในครึ่งทรงกลมล่าง ต่อฟลักซ์การส่องสว่างทั้งหมดที่ส่องออกจากหลอดไฟที่ติดตั้งอยู่ภายในโคมไฟนั้น

$$DLOR = \frac{DF}{S * PHI}$$

Upward Light Output Ratio คือ อัตราส่วนของฟลักซ์การส่องสว่างที่ส่องออกจากโคมไฟภายในครึ่งทรงกลมบน ต่อ ฟลักซ์การส่องสว่างทั้งหมดที่ส่องออกจากหลอดไฟที่ติดตั้งอยู่ภายในโคมไฟนั้น

$$ULOR = \frac{UHF}{S * PHI}$$

Upper Flux Fraction คือ ค่าอัตราส่วนของฟลักซ์การส่องสว่างที่ส่องออกจากโคมไฟภายในครึ่งทรงกลมบน ต่อ ฟลักซ์การส่องสว่างที่ส่องออกจากโคมไฟทั้งหมด

$$UFF = \frac{UHF}{F}$$

Lower Flux Fraction คือ ค่าอัตราส่วนของฟลักซ์การส่องสว่างที่ส่องออกจากโคมไฟภายในครึ่งทรงกลมล่าง ต่อ ฟลักซ์การส่องสว่างที่ส่องออกจากโคมไฟทั้งหมด

$$LFF = \frac{DF}{F}$$

$$\text{Flux Fraction Ratio} = \frac{\text{(Uper Flux Fraction)}}{\text{(Lower Flux Fraction)}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DF (Downard Flux) คือ ฟลักซ์การส่องสว่างที่ออกจากดวงโคมในทิศทางข้างล่าง

UHF (Upward Flux) คือ ฟลักซ์การส่องสว่างที่ออกจากดวงโคมในทิศทางข้างบน

10. พื้นที่การส่องสว่าง (Luminous Area) คือ พื้นที่ส่วนที่มีการส่องสว่างของดวงโคม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ช

ระดับความสว่างที่แนะนำ

ระดับค่าความสว่างที่แนะนำในตารางเป็นค่าความสว่างเฉลี่ยของพื้นที่ทำงาน กำหนดให้ความสูงของพื้นที่ทำงานจากพื้นเป็น ๐.๘๕ เมตร และค่าความสว่างที่ใช้งานจริงต้องไม่ต่ำกว่า ๐.๘ ของระดับความสว่างที่แนะนำในตาราง

	Standard Service Illuminance (lux)	Quality Class
General building areas		
Circulation areas, corridors	100	D - E
Stairs, escalators	150	C - D
Cloak rooms, toilets	150	C - D
Stores, stockrooms	150	D - E
Assembly shops		
Rough work: heavy machinery assembly	300	C - D
Medium work: engine assembly, vehicle body assembly	500	B - C
Fine work: electronic and office machinery assembly	750	A - B
Very fine work: instrument assembly	1500	A - B
Chemical works		
General interior plant areas	300	C - D
Automatic processes	150	D - E
Control rooms, laboratories	500	C - D
Pharmaceutical manufacture	500	C - D
Inspection	750	A - B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	Standard Service Illuminance (lux)	Quality Class
Colour matching	1000	A - B
Rubber tyre manufacturing	500	C - D
Clothing factories		
Sewing	750	A - B
Inspection	1000	A - B
Pressing	500	A - B
Electrical industry		
Cable manufacturing	300	B - C
Assembly of telephone sets	500	A - B
Winding assembly	750	A - B
Assembly of radio and television receivers	1000	A - B
Assembly of ultra-precision parts, electronic components	1500	A - B
Food industries		
General working areas	300	C - D
Automatic processes	200	D - E
Hand decorating, inspection	500	A - B
Foundries		
Foundry bays	200	D - E
Rough moulding, rough core making	300	C - D
Fine moulding, core making, inspection	500	A - B
Glass works and pottery		
Furnace rooms	150	D - E
Mixing rooms, forming, moulding, kiln rooms	300	C - D
Finishing, enamelling, glazing	500	B - C
Colouring, decorating	750	A - B
Grinding, lenses and crystal glassware, fine work	1000	A - B
Iron and steel works		
Production plants not requiring manual intervention	100	D - E
Production plants requiring occasional intervention	150	D - E
Permanently occupied work stations in production plants	300	D - E
Control platforms and inspection	500	A - B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	Standard Service Illuminance (lux)	Quality Class
Leather industry		
General working areas	300	B - C
Pressing, cutting, sewing, shoe production	750	A - B
Grading, matching, quality control	1000	A - B
Machine and fitting shops		
Casual work	200	D - E
Rough bench and machine work, welding	300	C - D
Medium bench and machine work, ordinary automatic machines	500	B - C
Fine bench and machine work, fine automatic machines, inspection and testing	750	A - B
Very fine work, gauging and inspection of small intricate parts	1500	A - B
Paint shops and spray booths		
Dipping, rough spraying	300	D - E
Ordinary painting, spraying and finishing	500	C - D
Fine painting, spraying and finishing	750	A - B
Retouching and matching	1000	A - B
Paper mills		
Paper and board making	300	C - D
Automatic processes	200	D - E
Inspection, sorting	500	A - B
Printing works and bookbinderies		
Printing machine room	500	C - D
Composing rooms, proof reading	750	A - B
Precision proofing, retouching, etching	1000	A - B
Colour reproduction and printing	1500	A - B
Steel and copper engraving	2000	A - B
Bookbinding	500	A - B
Trimming, embossing	750	A - B
Textile industries		
Bale breaking, carding, drawing	300	D - E
Spinning, winding, reeling, combing, dyeing	500	C - D
Beaming, spinning (fine counts), twisting, weaving	750	A - B
Sewing, burling, inspection	1000	A - B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	Standard Service Illuminance (lux)	Quality Class
Woodworking shops and furniture factories		
Saw mills	200	D - E
Bench work, assembly	300	C - D
Wood machining	500	B - C
Finishing, final inspection	750	A - B
Offices		
General offices, typing, computer rooms	500	A - B
Deep-plan general offices	750	A - B
Drawing offices	750	A - B
Conference rooms	500	A - B
Schools		
Classrooms, lecture theatres	300	A - B
Laboratories, libraries, reading rooms, art rooms	500	A - B
Shops, stores and exhibition areas		
Conventional shops	300	B - C
Self-service shops	500	B - C
Supermarkets	750	B - C
Show rooms	500	B - C
Museums and art galleries:		
Light-sensitive exhibits	150	B - C
Exhibits insensitive to light	300	B - C
Public buildings		
Cinemas		
Auditorium	50	B - C
Foyer	150	B - C
Theatres and concert halls		
Auditorium	100	B - C
Foyer	200	B - C
Sacred buildings		
Nave	100	B - C
Choir	150	B - C
Homes and hotels		
Homes:		
Bedrooms		
General	50	B - C
Bed-head	200	B - C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	Standard Service Illuminance (lux)	Quality Class
Bathrooms		
General	100	B - C
Shaving, make-up	500	B - C
Living-rooms		
General	100	B - C
Reading, Sewing	500	B - C
Stairs	100	B - C
Kitchens		
General	300	B - C
Working areas	500	B - C
Work room	300	B - C
Nursery	150	B - C
Hotels:		
Entrance halls	300	B - C
Dining rooms	200	B - C
Kitchens	500	B - C
Bedrooms, bathrooms		
General	100	B - C
Local	300	B - C
Hospitals		
Wards		
General lighting	100	A - B
Examination	300	A - B
Reading	200	A - B
Circulation at night	5	A - B
Examination rooms		
General lighting	500	A - B
Local inspection	1000	A - B
Intensive therapy		
Bedhead	50	A - B
Observation	750	A - B
Nurses' stations	300	A - B
Operating theatres		
General lighting	750	A - B
Local	30000	A - B
Autopsy rooms		
General lighting	750	A - B
Local	10000	A - B
Laboratories and pharmacies		
General lighting	500	A - B
Local	750	A - B
Consulting rooms		
General lighting	500	A - B
Local	750	A - B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวก ค.1 แสดงค่า Lower Flux Utilance (LFU) ที่ ρ_w = 50 %

Room index (k_r)	Effective ceiling reflectance (R_e)	Direct ratio .1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9	1.0	Direct ratio .1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9	1.0
		Lower flux utilance for 10% reflectance of floor or working plane										Additive correction to LFU for 30% reflectance of floor or working plane									
0.6	70%	.29	.37	.45	.53	.61	.69	.78	.86	.94	1.02	.01	.02	.02	.03	.03	.04	.04	.04	.05	.05
	50%	.27	.36	.44	.52	.60	.69	.77	.85	.94	1.02	1	1	1	2	3	3	3	3	3	4
0.8	70%	.32	.40	.48	.55	.63	.71	.79	.87	.95	1.03	2	2	2	4	4	4	5	5	5	6
	50%	.30	.38	.46	.54	.62	.70	.78	.86	.94	1.02	1	2	2	3	3	4	4	4	5	5
1.0	70%	.34	.42	.50	.57	.65	.73	.80	.88	.96	1.02	3	3	3	4	4	4	6	6	6	7
	50%	.32	.40	.48	.56	.63	.71	.79	.87	.95	1.03	2	2	2	3	4	4	4	5	5	5
1.25	70%	.37	.44	.52	.59	.66	.74	.81	.89	.96	1.04	3	4	4	5	6	6	7	7	9	9
	50%	.34	.42	.49	.57	.65	.72	.80	.88	.95	1.03	2	2	3	3	4	5	5	5	6	6
1.5	70%	.38	.46	.53	.60	.68	.75	.82	.90	.97	1.04	4	4	5	6	6	7	7	8	9	10
	50%	.35	.43	.50	.58	.65	.73	.81	.88	.96	1.03	3	3	4	4	5	5	5	6	7	8
2.0	70%	.41	.48	.55	.62	.69	.76	.84	.91	.98	1.05	4	5	6	7	8	8	8	9	10	11
	50%	.37	.45	.52	.59	.67	.74	.82	.89	.96	1.04	3	3	4	5	5	6	6	6	7	7
2.5	70%	.43	.50	.57	.64	.70	.77	.84	.91	.98	1.05	5	5	6	6	9	9	10	10	12	12
	50%	.39	.46	.53	.60	.68	.75	.82	.90	.97	1.04	3	4	5	5	5	6	7	7	9	8
3.0	70%	.44	.51	.58	.64	.71	.78	.85	.92	.99	1.06	5	6	7	8	9	10	10	11	12	13
	50%	.40	.47	.54	.61	.68	.75	.83	.90	.97	1.04	3	4	5	5	6	7	7	7	8	9
4.0	70%	.46	.52	.59	.66	.72	.79	.86	.93	.99	1.06	6	7	7	8	10	11	11	12	13	14
	50%	.41	.48	.55	.62	.69	.76	.83	.90	.97	1.04	4	5	5	6	7	7	8	9	9	10
5.0	70%	.47	.53	.60	.67	.73	.80	.86	.93	1.00	1.06	6	8	8	9	10	11	12	13	14	15
	50%	.42	.49	.56	63	.70	.77	.84	.91	.98	1,04	4	5	5	6	6	7	8	8	9	9

ตารางผนวก ค.2 แสดงค่า Lower Flux Utilance (LFU) ที่ ρ_w = 30 %

Room index (k_r)	Effective ceiling reflectance (R_e)	Direct ratio .1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9	1.0	Direct ratio .1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9	1.0
		Lower flux utilance for 10% reflectance of floor or working plane										Additive correction to LFU for 30% reflectance of floor or working plane									
0.6	70%	.19	.28	.37	.47	.56	.65	.74	.83	.92	1.01	.01	.01	.01	.01	.01	.02	.02	.02	.03	.03
	50%	.19	.28	.37	.46	.55	.65	.74	.83	.92	1.01	0	0	1	1	1	1	1	2	2	2
	30%	.18	.27	.37	.46	.55	.64	.73	.83	.92	1.01	0	1	1	1	1	1	1	1	1	2
0.8	70%	.21	.30	.39	.48	.57	.66	.75	.84	.93	1.02	1	1	2	2	2	2	3	3	3	4
	50%	.20	.29	.38	.47	.56	.65	.74	.83	.92	1.02	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3
	30%	.20	.29	.38	.47	.56	.65	.74	.83	.92	1.01	0	0	1	1	1	1	2	1	1	2
1.0	70%	.23	.32	.40	.49	.58	.67	.76	.85	.93	1.02	1	1	2	3	3	3	3	4	5	5
	50%	.22	.31	.39	.48	.57	.66	.75	.84	.93	1.02	0	1	2	2	2	3	3	3	3	4
	30%	.21	.30	.39	.48	.57	.65	.74	.83	.92	1.01	0	0	1	1	1	2	2	3	3	3
1.25	70%	.24	.33	.42	.50	.59	.68	.77	.85	.94	1.03	2	2	2	3	4	4	4	5	6	6
	50%	.23	.32	.41	.49	.58	.67	.76	.84	.93	1.02	0	1	1	2	3	3	3	4	4	5
	30%	.22	.31	.39	.48	.57	.66	.75	.84	.93	1.02	0	0	2	2	2	2	2	2	2	3
1.5	70%	.25	.34	.43	.51	.60	.69	.77	.86	.95	1.03	2	2	3	4	4	4	6	6	6	7
	50%	.24	.33	.41	.50	.59	.68	.76	.85	.94	1.02	1	1	2	3	3	3	4	4	4	5
	30%	.22	.31	.40	.49	.58	.66	.75	.84	.93	1.02	1	1	1	1	2	3	3	3	3	3
2.0	70%	.27	.36	.44	.53	.61	.70	.78	.87	.95	1.04	2	3	4	4	5	6	7	7	8	9
	50%	.25	.34	.42	.51	.60	.68	.77	.86	.94	1.03	2	2	3	3	3	4	5	5	6	6
	30%	.23	.32	.41	.50	.58	.67	.76	.84	.93	1.02	1	1	2	2	3	3	3	4	4	4
2.5	70%	.28	.37	.45	.54	.62	.71	.79	.88	.96	1.04	3	3	5	5	6	6	8	8	9	10
	50%	.26	.35	.43	52	.60	.69	.78	.86	.95	1.03	2	2	3	3	5	5	5	6	6	7
	30%	.24	.33	.42	.50	.59	.67	.76	.85	.93	1.02	1	1	1	2	2	3	3	3	4	4
3.0	70%	.29	.38	.46	.54	.63	.71	.80	.88	.96	1.05	3	3	5	6	6	8	8	9	11	11
	50%	.27	.35	.44	.52	.61	.69	.78	.86	.95	1.04	2	3	3	4	4	6	6	7	7	7
	30%	.25	.33	.42	.51	.59	.68	.76	.85	.94	1.02	1	2	2	2	3	3	4	4	4	5
4.0	70%	.30	.39	.47	.55	.64	.72	.80	.89	.97	1.05	4	4	6	7	7	9	10	10	12	13
	50%	.28	.36	.45	.53	.62	.70	.79	.87	.95	1.04	2	3	3	5	5	6	6	7	8	8
	30%	.25	.34	.43	.51	.60	.68	.77	.85	.94	1.02	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5
5.0	70%	.31	.40	.48	.56	.64	.73	.81	.89	.97	1.06	4	6	6	7	9	9	10	12	13	13
	50%	.29	.37	.45	.54	.62	.71	.79	.87	.96	1.04	2	3	4	4	6	6	7	8	8	9
	30%	.26	.34	.43	.51	.60	.69	.77	.86	.94	1.03	1	2	2	3	3	3	4	4	5	5

ตารางผนวก ค.3 แสดงค่า Lower Flux Utilance (LFU) ที่ ρ_w = 10 %

Room Index (k_r)	Effective ceiling reflectance (R_e)	Direct ratio .1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9	1.0	Direct ratio .1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9	1.0
		Lower flux utilance for 10% reflectance of floor or working plane										Additive correction to LFU for 30% reflectance of floor or working plane									
0.6	70%	.13	.22	.32	.42	.52	.62	.71	.81	.91	1.01	.00	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01
	50%	.13	.22	.32	.42	.52	.61	.71	.81	.91	1.01	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
	30%	.12	.22	.32	.42	.51	.61	.71	.81	.91	1.00	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
0.8	70%	.13	.23	.33	.43	.52	.62	.72	.82	.91	1.01	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2
	50%	.13	.23	.33	.42	.52	.62	.72	.81	.91	1.01	0	0	0	1	1	1	1	2	2	2
	30%	.13	.23	.32	.42	.52	.62	.71	.81	.91	1.01	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
1.0	70%	.14	.24	.33	.43	.53	.63	.72	.82	.92	1.02	0	0	1	1	1	2	3	3	3	3
	50%	.14	.23	.33	.43	.52	.62	.72	.82	.91	1.01	0	1	1	1	2	2	2	2	2	2
	30%	.13	.23	.33	.42	.52	.62	.72	.81	.91	1.01	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
1.25	70%	.14	.24	.34	.44	.53	.63	.73	.83	.92	1.02	1	1	1	1	3	3	3	3	4	4
	50%	.14	.24	.33	.43	.53	.63	.72	.82	.92	1.02	0	0	1	1	2	2	3	3	3	3
	30%	.14	.23	.33	.43	.52	.62	.72	.81	.91	1.01	0	1	1	1	1	1	1	2	2	2
1.5	70%	.15	.25	.34	.44	.54	.64	.73	.83	.93	1.03	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5
	50%	.14	.24	.34	.43	.53	.63	.73	.82	.92	1.02	1	1	1	2	2	2	2	3	4	4
	30%	.14	.24	.33	.43	.53	.62	.72	.82	.91	1.01	0	0	1	1	1	2	2	2	3	3
2.0	70%	.15	.25	.35	.45	.54	.64	.74	.84	.93	1.03	2	2	2	3	4	5	5	5	7	7
	50%	.15	.25	.34	.44	.54	.63	.73	.83	.93	1.02	1	1	2	2	2	3	4	4	4	5
	30%	.14	.24	.34	.43	.53	.63	.72	.82	.92	1.01	1	1	1	2	2	2	2	2	2	3
2.5	70%	.16	.26	.35	.45	.55	.65	.75	.84	.94	1.04	1	2	3	4	4	5	5	7	8	8
	50%	.15	.25	.35	.44	.54	.64	.74	.83	.93	1.03	1	1	1	3	3	3	4	5	5	6
	30%	.15	.24	.34	.44	.53	.63	.73	.82	.92	1.02	0	1	1	1	2	2	2	3	3	3
3.0	70%	.16	.26	.36	.46	.55	.65	.75	.85	.94	1.04	1	2	3	4	5	6	7	7	9	10
	50%	.16	.25	.35	.45	.54	.64	.74	.84	.93	1.03	1	2	2	3	4	4	5	5	6	7
	30%	.15	.24	.34	.44	.53	.63	.73	.82	.92	1.02	0	1	1	1	2	3	3	4	4	4
4.0	70%	.17	.27	.36	.46	.56	.66	.75	.85	.95	1.05	2	2	4	5	6	7	8	9	10	11
	50%	.16	.26	.35	.45	.55	.65	.74	.84	.94	1.03	1	2	3	3	4	4	6	6	7	8
	30%	.15	.25	.34	.44	.54	.63	.73	.83	.92	1.02	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4
5.0	70%	.17	.27	.37	.47	.56	.66	.76	.86	.95	1.05	2	3	4	4	7	8	9	10	12	13
	50%	.16	.26	.36	.45	.55	.65	.75	.84	.94	1.04	2	2	3	4	5	5	6	7	8	10
	30%	.15	.25	.35	.44	.54	.64	.73	.83	.93	1.02	1	1	1	2	2	3	4	4	4	5

ตารางผนวก ค.4 แสดงค่า Lower Flux Utilance (LFU) ที่ ρ_w = Ø %

Room Index (k_r)	Effective ceiling reflectance (ρ_c)	Direct ratio .1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9	1.0	Direct ratio .1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9	1.0
		Lower flux utilance for 10% reflectance of floor or working plane										Additive correction to LFU for 30% reflectance of floor or working plane									
0.6	70%	.10	.20	.30	.40	.50	.60	.70	.80	.91	1.01	.00	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.00	.00
	50%	.10	.20	.30	.40	.50	.60	.70	.80	.90	1.00	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
	30%	.10	.20	.30	.40	.50	.60	.70	.80	.90	1.00	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
0.8	70%	.10	.20	.31	.41	.51	.61	.71	.81	.91	1.01	1	1	0	0	1	1	1	1	1	2
	50%	.10	.20	.30	.40	.51	.61	.71	.81	.91	1.01	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1
	30%	.10	.20	.30	.40	.50	.60	.70	.80	.90	1.00	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
1.0	70%	.11	.21	.31	.41	.51	.61	.71	.81	.91	1.01	0	0	0	1	1	1	2	2	3	3
	50%	.10	.21	.31	.41	.51	.61	.71	.81	.91	1.01	1	0	0	0	1	1	1	1	2	2
	30%	.10	.20	.30	.40	.50	.61	.71	.81	.91	1.01	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1
1.25	70%	.11	.21	.31	.41	.51	.61	.71	.82	.92	1.02	0	0	1	1	2	2	3	3	3	3
	50%	.11	.21	.31	.41	.51	.61	.71	.81	.91	1.01	0	0	0	1	1	1	2	2	3	3
	30%	.10	.20	.30	.41	.51	.61	.71	.81	.91	1.01	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1
1.5	70%	.11	.21	.31	.41	.51	.62	.72	.82	.92	1.02	0	1	1	2	3	3	3	4	4	5
	50%	.11	.21	.31	.41	.51	.61	.71	.81	.91	1.02	0	0	1	1	2	2	3	3	3	3
	30%	.10	.21	.31	.41	.51	.61	.71	.81	.91	1.01	1	0	0	0	1	1	1	1	2	2
2.0	70%	.11	.21	.31	.42	.52	.62	.72	.82	.93	1.03	0	1	2	2	3	4	5	6	6	6
	50%	.11	.21	.31	.41	.51	.61	.72	.82	.92	1.02	0	1	1	2	2	3	3	3	4	4
	30%	.11	.21	.31	.41	.51	.61	.71	.81	.91	1.01	0	0	1	1	1	2	2	2	3	3
2.5	70%	.11	.21	.31	.42	.52	.62	.73	.83	.93	1.04	1	2	3	3	4	5	5	6	7	7
	50%	.11	.21	.31	.41	.52	.62	.72	.82	.92	1.03	0	1	2	2	2	3	4	4	5	5
	30%	.11	.21	.31	.41	.51	.61	.71	.81	.91	1.02	0	0	1	1	2	2	2	3	3	3
3.0	70%	.11	.21	.32	.42	.52	.63	.73	.83	.94	1.04	1	2	2	4	5	5	6	7	8	9
	50%	.11	.21	.31	.41	.52	.62	.72	.82	.93	1.03	0	1	2	3	3	4	4	5	5	6
	30%	.11	.21	.31	.41	.51	.61	.71	.81	.92	1.02	0	0	1	1	2	2	3	3	3	3
4.0	70%	.11	.22	.32	.42	.53	.63	.73	.84	.94	1.05	1	2	3	5	5	6	8	8	10	10
	50%	.11	.21	.31	.42	.52	.62	.73	.83	.93	1.03	1	2	3	3	4	5	5	5	6	7
	30%	.11	.21	.31	.41	.51	.61	.72	.82	.92	1.02	0	1	1	2	2	3	2	3	3	4
5.0	70%	.11	.22	.32	.42	.53	.63	.74	.84	.95	1.05	1	2	4	5	6	7	8	10	10	12
	50%	.11	.21	.32	.42	.52	.62	.73	.83	.93	1.04	1	2	2	3	4	5	5	6	7	8
	30%	.11	.21	.31	.41	.51	.61	.72	.82	.92	1.02	0	1	1	2	3	3	3	3	4	5

Room index (k_r)	Effective ceiling reflectance (R_c)	10% Reflectance of floor or working plane				30% Reflectance of floor or working plane			
		Reflectance of wall				Reflectance of wall			
		50%	30%	10%	0	50%	30%	10%	0
		Upper flux utilance							
0.6	70%	.29	.23	.19	.17	.30	.24	.20	.19
	50%	.20	.16	.14	.12	.21	.16	.14	.13
	30%	.12	.10	.08	.07	.12	.10	.08	.07
0.8	70%	.35	.30	.26	.25	.38	.31	.26	.24
	50%	.24	.21	.19	.18	.26	.22	.18	.17
	30%	.14	.12	.11	.10	.15	.13	.11	.10
1.0	70%	.41	.35	.31	.30	.44	.37	.32	.31
	50%	.28	.25	.22	.21	.30	.26	.23	.22
	30%	.16	.15	.13	.11	.17	.15	.13	.12
1.25	70%	.46	.41	.36	.34	.50	.43	.38	.37
	50%	.32	.29	.26	.24	.34	.30	.27	.26
	30%	.18	.17	.15	.13	.19	.17	.15	.14
1.5	70%	.50	.45	.41	.39	.54	.48	.43	.41
	50%	.35	.31	.29	.28	.37	.33	.30	.29
	30%	.20	.18	.17	.17	.21	.19	.17	.16
2.0	70%	.55	.51	.47	.45	.61	.55	.50	.49
	50%	.38	.36	.33	.31	.41	.38	.35	.34
	30%	.22	.21	.19	.18	.23	.21	.20	.19
2.5	70%	.59	.55	.51	.49	.65	.58	.55	.53
	50%	.41	.39	.36	.34	.44	.41	.38	.36
	30%	.24	.22	.21	.20	.25	.23	.22	.21
3.0	70%	.61	.58	.55	.53	.67	.63	.59	.58
	50%	.43	.41	.38	.36	.46	.43	.41	.40
	30%	.25	.24	.23	.22	.26	.25	.23	.22
4.0	70%	.64	.62	.59	.58	.72	.68	.64	.62
	50%	.45	.43	.41	.40	.49	.46	.44	.43
	30%	.26	.25	.24	.23	.28	.27	.26	.25
5.0	70%	.66	.64	.62	.61	.76	.72	.69	.68
	50%	.46	.45	.44	.43	.51	.49	.47	.46
	30%	.27	.26	.25	.24	.29	.28	.27	.26

ตารางผนวก ค.5 แสดงค่า Upper Flux Utilance

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Room index (k_r)		0.6	0.8	1.0	1.25	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0
S/H_m ratio	Zone	Zonal multipliers									
0.5	0-10°	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	10-20°	0.79	0.84	0.88	0.90	0.92	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98
	20-30°	0.51	0.62	0.70	0.76	0.79	0.84	0.88	0.90	0.92	0.94
	30-40°	0.39	0.53	0.62	0.69	0.74	0.80	0.84	0.87	0.90	0.92
	40-50°	0.15	0.32	0.44	0.54	0.61	0.70	0.76	0.80	0.85	0.88
	50-60°	—	0.12	0.26	0.38	0.47	0.59	0.66	0.72	0.78	0.82
	60-70°	—	—	0.08	0.13	0.25	0.40	0.51	0.58	0.68	0.74
	70-80°	—	—	—	—	0.01	0.10	0.21	0.31	0.46	0.56
	80-90°	—	—	—	—	—	—	—	—	0.04	0.10
0.75	0-10°	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	10-20°	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	20-30°	0.53	0.65	0.72	0.78	0.815	0.86	0.89	0.91	0.93	0.94
	30-40°	0.27	0.45	0.55	0.63	0.69	0.77	0.81	0.84	0.88	0.90
	40-50°	0.22	0.37	0.47	0.57	0.64	0.72	0.77	0.81	0.86	0.89
	50-60°	—	0.08	0.22	0.36	0.46	0.58	0.66	0.71	0.78	0.82
	60-70°	—	—	0.01	0.14	0.26	0.41	0.51	0.59	0.68	0.74
	70-80°	—	—	—	—	0.01	0.10	0.21	0.31	0.46	0.55
	80-90°	—	—	—	—	—	—	—	—	0.05	0.10
1.0	0-10°	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	10-20°	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	20-30°	0.85	0.89	0.91	0.93	0.94	0.96	0.97	0.97	0.98	0.98
	30-40°	0.19	0.38	0.52	0.61	0.68	0.76	0.81	0.84	0.88	0.90
	40-50°	0.09	0.29	0.42	0.52	0.59	0.69	0.75	0.79	0.84	0.87
	50-60°	0.02	0.16	0.29	0.39	0.49	0.61	0.68	0.73	0.80	0.83
	60-70°	—	—	0.02	0.14	0.24	0.40	0.51	0.58	0.68	0.74
	70-80°	—	—	—	—	0.01	0.10	0.21	0.31	0.46	0.56
	80-90°	—	—	—	—	—	—	—	0.01	0.05	0.10
1.25	0-10°	1.00+	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	10-20°	1.00+	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	20-30°	1.00+	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	30-40°	0.47+	0.58	0.66	0.73	0.77	0.83	0.87	0.89	0.91	0.93
	40-50°	0.01	0.19	0.32	0.47	0.54	0.65	0.73	0.76	0.82	0.86
	50-60°	—	0.10	0.26	0.40	0.50	0.60	0.67	0.72	0.79	0.83
	60-70°	—	—	—	0.13	0.23	0.40	0.51	0.58	0.68	0.74
	70-80°	—	—	—	—	—	0.11	0.22	0.32	0.46	0.56
	80-90°	—	—	—	—	—	—	—	—	0.05	0.10
1.5	0-10°	*	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	10-20°	*	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	20-30°	*	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	30-40°	*	0.87	0.90	0.92	0.93	0.95	0.96	0.97	0.97	0.98
	40-50°	*	0.17	0.34	0.47	0.55	0.67	0.72	0.78	0.83	0.87
	50-60°	*	0.03	0.18	0.31	0.43	0.55	0.63	0.70	0.77	0.81
	60-70°	*	—	0.08	0.18	0.27	0.42	0.53	0.60	0.69	0.75
	70-80°	*	—	—	—	0.01	0.10	0.22	0.32	0.47	0.56
	80-90°	*	—	—	—	—	—	—	0.01	0.05	0.10

+ For Room index = 0.625

* Impossible

ตารางผนวก ค.6 แสดงค่าตัวคูณประจำโซน (Zonal Multipliers)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

โปรแกรมออกแบบระบบแสงสว่าง
(LIGHTING DESIGN PROGRAM)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
5 REM         ***LIGHT***
10 KEY OFF
20 CLS
30 SCREEN 2
40 LOCATE 3,15:PRINT " COMPUTOR AIDED LIGHTING DESIGN "
50 LOCATE 4,15:PRINT" ----------------------------"
60 LOCATE 6,15:PRINT " 1.INDOOR  LIGHTING"
70 LOCATE 8,15:PRINT " 2.OUTDOOR LIGHTING"
80 LOCATE 10,15:PRINT " 3.QUIT PROGRAM. "
90 LOCATE 17,1:PRINT"
100 LOCATE 15,8:INPUT "CHOOSE: 1,2,3         ",A$
110 IF A$="1" THEN RUN "INDOOR
120 IF A$="2" THEN RUN "OUTDOOR
130 IF A$="3" THEN PRINT:INPUT "       ARE YOU SURE [Y/N]?   ",B$
140 IF B$="Y" THEN SYSTEM
150 IF B$="N" THEN GOTO 90
160 GOTO 90
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
5 REM              ***INDOOR***
10 CLEAR
20 DIM LIGHT(3,180),A(10,20),B(10,20),C(10,14),D(10,14),R$(9)
30 DIM X(180),Y(180),Z(8),E(8),DR(9),CU(9,16),ML(20),NL(20),LN(20)
40 DIM ZM(59,9),UFU(39,7),LFU(39,39),KZL(18),ZDFX(18),U(22),V(22),K(22)
50 DIM PO(15),QO(15),O(15),P(100),Q(100),M(100),N(100)
60 PI=3.141592
70 CLS
80 SCREEN 2
90 KEY OFF
100 PRINT "WAIT....."
110 REM------------LOAD DATA-------------
120 OPEN "I",1,"NUM.DAT"
130 FOR I=0 TO 9
140 J=1
150 INPUT #1,A(I,J),B(I,J)
160 IF A(I,J)=9 THEN GOTO 190
170 J=J+1
180 GOTO 150
190 NEXT I
200 FOR I=0 TO 9
210 J=1
220 INPUT #1,C(I,J),D(I,J)
230 IF C(I,J)=9 THEN GOTO 260
240 J=J+1
250 GOTO 220
260 NEXT I
270 CLOSE 1
280 OPEN "I",1,"KZL.DAT"
290 FOR I=1 TO 18
300 INPUT #1,KZL(I)
310 NEXT I
320 CLOSE 1
330 OPEN "I",1,"ZM.DAT"
340 FOR I=1 TO 5
350 FOR J=1 TO 9
360 FOR K=0 TO 9
370 INPUT #1,ZM(I*10+J,K)
380 NEXT K
390 NEXT J
400 NEXT I
410 CLOSE 1
420 OPEN "I",1,"UFU.DAT"
430 FOR I=0 TO 9
440 FOR J=1 TO 3
450 FOR K=0 TO 7
460 Z=J*10+I
470 INPUT #1,UFU(Z,K)
480 NEXT K
490 NEXT J
500 NEXT I
510 CLOSE 1
520 R$(0)="0.60":R$(1)="0.80":R$(2)="1.00":R$(3)="1.25":R$(4)="1.50":R$(5)="2.00
":R$(6)="2.50":R$(7)="3.00":R$(8)="4.00":R$(9)="5.00"
530 FOR C=0 TO 3
540 FOR I=0 TO 180 STEP 5
550 LIGHT(C,I)=0
560 NEXT I
570 NEXT C
600 REM--------------INDOOR-------------
610 CLS
620 LOCATE 1,1:INPUT "LUMINARE TYPE   ";LT$
630 LOCATE 2,1:INPUT "TOTAL LAMP LUMEN";TL
635 IF TL<=0 THEN GOTO 630
640 LOCATE 4,1:PRINT "THE DISTRIBUTION OF LIGHT:"
650 LOCATE 5,1:PRINT "LUMINOUS INTENSITY........"
660 LOCATE 6,1:PRINT "          1.ON 0-PLANE,90-PLANE"
670 LOCATE 7,1:PRINT "          2.ON 0-PLANE,45-PLANE,90-PLANE"
680 LOCATE 9,10:PRINT "
690 LOCATE 9,10:INPUT "1 OR 2";PL
700 IF (PL=1 OR PL=2) THEN GOTO 720
710 GOTO 690
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
720 CLS
730 PRINT " 1.Candelar"
740 PRINT " 2.Candelar/1000 Lumens"
750 PRINT
760 INPUT "THE LUMINOUS INTENSITY DISTRIBUTION IN (1 OR 2)";CAN
770 IF CAN=1 OR CAN=2 THEN GOTO 790
780 GOTO 720
790 IF CAN=1 THEN CAN$="candelar"
800 IF CAN=2 THEN CAN$="cd/1000 lm"
810 CLS
820 FOR C=1 TO 3
830 IF PL=1 AND C=2 THEN GOTO 1100
840 A=(C-1)*45
850 PRINT "THE LUMINOUS INTENSITY DISTRIBUTION (";CAN$;") ON PLANE:";A
860 FOR I=0 TO 180 STEP 10
870 B$=STR$(I)
880 C$="  .  I("
890 LOCATE (I+10)/10+2,1:PRINT TAB(5-LEN(STR$((I+5)/5)));MID$(STR$((I+5)/5),2,LE
N(STR$((I+5)/5))-1);MID$(C$,2,5);TAB(13-LEN(B$));I;")   = ";:INPUT LIGHT(C,I)
900 IF I=180 THEN GOTO 920
910 LOCATE (I+10)/10+2,40:PRINT TAB(45-LEN(STR$((I+10)/5)));MID$(STR$((I+10)/5),
2,LEN(STR$((I+10)/5))-1);MID$(C$,2,5);TAB(53-LEN(B$));I+5;")   = ";:INPUT LIGHT(
C,I+5)
920 NEXT I
930 LOCATE 23,1:PRINT "
940 LOCATE 23,1:INPUT "DO YOU WANT TO EDIT THIS DATA (Y/N)";A$
950 IF A$="N" THEN GOTO 1090
960 IF A$="Y" THEN GOTO 980
970 GOTO 930
980 LOCATE 23,1:PRINT "
990 LOCATE 23,1:INPUT "WHAT DATA DO YOU WANT TO EDIT (0-180)";I
1000 IF I>180 THEN GOTO 990
1010 IF I<0 THEN GOTO 990
1020 IF I=INT(I/10)*10 THEN GOTO 1070
1030 IF I=INT(I/5)*5 THEN GOTO 1050
1040 GOTO 990
1050 LOCATE (I+5)/10+2,60:PRINT "       ":LOCATE (I+5)/10+2,60:INPUT LIGHT(C,
I)
1060 GOTO 930
1070 LOCATE (I+10)/10+2,20:PRINT "       ":LOCATE (I+10)/10+2,20:INPUT LIGHT(
C,I)
1080 GOTO 930
1090 CLS
1100 NEXT C
1110 IF CAN=2 THEN GOTO 1170
1120 FOR C=1 TO 3
1130 FOR I=0 TO 180 STEP 5
1140 LIGHT(C,I)=LIGHT(C,I)*1000/TL
1150 NEXT I
1160 NEXT C
1170 IF PL=1 THEN GOSUB 1550
1180 GOSUB 1500
1190 CLS
1200 A$="
1210 PRINT " 1.POLAR CURVE"
1220 PRINT " 2.ISOCANDELA CURVE"
1230 PRINT " 3.LIGHTING CALCULATION"
1240 PRINT " 4.EXIT"
1250 INPUT "CHOOSE: 1,2,3";A$
1260 IF A$="1" THEN GOSUB 1600
1270 IF A$="2" THEN GOSUB 2100
1280 IF A$="3" THEN GOSUB 1330
1290 IF A$="4" THEN GOTO 1310
1300 GOTO 1190
1310 KILL "LIGHT
1320 END
1330 CLS
1340 PRINT "WAIT......"
1350 TT=
1360 FOR I=0 TO 180 STEP 5
1370 TT=TT+LIGHT(0,I)
1380 NEXT I
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
1390 IF TT=0 THEN RETURN
1400 GOTO 4200
1500 REM-----------AVERAGE INDOOR-----------
1510 FOR I=0 TO 180 STEP 5
1520 LIGHT(0,I)=(LIGHT(1,I)+2*LIGHT(2,I)+LIGHT(3,I))/4
1530 NEXT I
1540 RETURN
1550 REM--------------45----------------------
1560 FOR I=0 TO 180 STEP 5
1570 LIGHT(2,I)=(LIGHT(1,I)+LIGHT(3,I))/2
1580 NEXT I
1590 RETURN
1600 REM------------PLOT POLAR CURVE-----------------
1610 CLS
1620 INPUT "THE LUMINOUS INTENSITY DISTRIBUTION (cd/1000 lm) ON PLANE(0,45,90)";
A
1630 C=(A/45)+1
1640 IF (C=1 OR C=2 OR C=3) THEN GOTO 1660
1650 GOTO 1610
1660 FOR I=0 TO 180 STEP 10
1670 B$=STR$(I)
1680 C$=" .  I("
1690 LOCATE (I+10)/10+2,1:PRINT TAB(5-LEN(STR$((I+5)/5)));MID$(STR$((I+5)/5),2,L
EN(STR$((I+5)/5))-1);MID$(C$,2,5);TAB(13-LEN(B$));I;")   = ";LIGHT(C,I)
1700 IF I=180 THEN GOTO 1720
1710 LOCATE (I+10)/10+2,40:PRINT TAB(45-LEN(STR$((I+10)/5)));MID$(STR$((I+10)/5)
,2,LEN(STR$((I+10)/5))-1);MID$(C$,2,5);TAB(53-LEN(B$));I+5;")   = ";LIGHT(C,I+5)
1720 NEXT I
1730 Q$=INKEY$
1740 IF Q$=" " THEN GOTO 1760
1750 GOTO 1730
1760 FOR I=0 TO 180 STEP 5
1770 X(I)=LIGHT(C,I)*SIN(I*PI/180)
1780 Y(I)=LIGHT(C,I)*COS(I*PI/180)
1790 NEXT I
1800 CLS
1810 DEF SEG=&HB800
1820 BLOAD "POLAR.PIC",0
1830 GOSUB 1980
1840 N=INT((MAX/50)+.5)*50
1845 IF N<50 THEN N=50
1850 IF MAX>N*11/10 THEN N=N+50
1860 IF MAX=0 THEN N=N+50
1870 PRINT "PLANE ";A
1880 PRINT "SCALE  1 :";N/10;" cd/1000 lm"
1890 PRINT "GAMMA  1 : 15  DEG."
1900 FOR I=0 TO 175 STEP 5
1910 LINE (350+INT(X(I)*200/N),100+INT(.42*Y(I)*200/N))-(350+INT(X(I+5)*200/N),1
00+INT(.42*Y(I+5)*200/N))
1920 LINE (350-INT(X(I)*200/N),100+INT(.42*Y(I)*200/N))-(350-INT(X(I+5)*200/N),1
00+INT(.42*Y(I+5)*200/N))
1930 NEXT I
1940 Q$=INKEY$
1950 IF Q$=" " THEN GOTO 1970
1960 GOTO 1940
1970 RETURN
1980 MAX=0
1990 FOR I=0 TO 180 STEP 5
2000 IF MAX<LIGHT(C,I) THEN MAX=LIGHT(C,I)
2010 NEXT I
2020 RETURN
2100 REM----------------ISO CANDELAR----------------
2110 CLS
2120 DEF SEG=&HB800
2130 BLOAD "ISO.PIC",0
2140 MAX=0
2150 FOR C=1 TO 3
2160 GOSUB 1990
2170 NEXT C
2180 N=INT((MAX/50)-1)*50
2190 LL=-1
2200 LN=1
2210 LO=1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
2220 FOR L=N TO N/5 STEP -(N/5)
2230 J=1
2240 FOR I=0 TO 180 STEP 5
2250 W=0:Z=0
2260 FOR C=1 TO 3
2270 IF L=LIGHT(C,I) THEN GOSUB 2570
2280 IF L<LIGHT(C,I) THEN GOSUB 2660
2290 IF L>LIGHT(C,I) THEN GOSUB 2690
2300 IF Z>0 AND W>0 THEN GOSUB 2800
2310 NEXT C
2320 NEXT I
2330 FOR C=1 TO 3
2340 W=0:Z=0
2350 FOR I=0 TO 180 STEP 5
2360 IF L=LIGHT(C,I) THEN GOSUB 2890
2370 IF L<LIGHT(C,I) THEN GOSUB 2600
2380 IF L>LIGHT(C,I) THEN GOSUB 2630
2390 IF Z>0 AND W>0 THEN GOSUB 2720
2400 NEXT I
2410 NEXT C
2420 PEND=J
2430 GOSUB 2920
2440 IF L=N/10 THEN GOTO 2480
2450 NEXT L
2460 L=N/10
2470 GOTO 2230
2480 GOSUB 4050
2490 PRINT "1:";N,"2:";4*N/5
2500 PRINT "3:";3*N/5,"4:";2*N/5
2510 PRINT "5:";N/5,"6:";N/10
2520 PRINT "ice/1000 lm"
2530 Q$=INKEY$
2540 IF Q$="" THEN GOTO 2530
2550 GOTO 2550
2560 RETURN
2570 LC=C
2580 GOSUB 2810
2590 RETURN
2600 Z=LIGHT(C,I)
2610 ZI=I
2620 RETURN
2630 W=LIGHT(C,I)
2640 WI=I
2650 RETURN
2660 Z=LIGHT(C,I)
2670 ZC=C
2680 RETURN
2690 W=LIGHT(C,I)
2700 WC=C
2710 RETURN
2720 LI=((L-W)*(ZI-WI)/(Z-W))+WI
2730 P(J)=(C-1)*45
2740 Q(J)=LI
2750 J=J+1
2760 P(J)=1000
2770 IF ZI>WI THEN W=0
2780 IF WI>ZI THEN Z=0
2790 RETURN
2800 LC=((L-W)*(ZC-WC)/(Z-W))+WC
2810 P(J)=(LC-1)*45
2820 Q(J)=I
2830 J=J+1
2840 P(J)=1000
2850 IF LC=C THEN GOTO 2890
2860 IF ZC>WC THEN W=0
2870 IF WC>ZC THEN Z=0
2880 RETURN
2890 Z=0
2900 W=0
2910 RETURN
2920 I=1
2930 IF P(I)=90 OR P(I)=0 THEN GOTO 2970
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
2940 I=I+1
2950 IF P(I)=1000 THEN GOTO 3000
2960 GOTO 2930
2970 P=P(1):Q=Q(1)
2980 P(1)=P(I):Q(1)=Q(I)
2990 P(I)=P:Q(I)=Q
3000 I=1:G=0
3010 V=2
3020 N(1)=P(I)
3030 M(1)=Q(I)
3040 IF P(I)=INT(P(I)/45)*45 AND Q(I)=INT(Q(I)/5)*5 THEN GOTO 3080
3050 IF P(I)=INT(P(I)/45)*45 THEN GOTO 3140
3060 IF Q(I)=INT(Q(I)/5)*5 THEN GOTO 3220
3070 RETURN
3080 A=1:B=1
3090 IF A=I THEN GOTO 3110
3100 IF ABS(P(A)-P(I))<=45 AND ABS(Q(A)-Q(I))<=5 THEN GOSUB 3310
3110 A=A+1
3120 IF P(A)=1000 THEN GOTO 3370
3130 GOTO 3090
3140 A=1:B=1
3150 IF A=I THEN GOTO 3170
3160 IF ABS(P(A)-P(I))<=45 THEN GOSUB 3200
3170 A=A+1
3180 IF P(A)=1000 THEN GOTO 3370
3190 GOTO 3150
3200 IF Q(A)>=INT(Q(I)/5)*5 AND Q(A)<=INT(Q(I)/5)*5+5 THEN GOTO 3310
3210 RETURN
3220 A=1:B=1
3230 IF A=I THEN GOTO 3250
3240 IF ABS(Q(A)-Q(I))<=5 THEN GOSUB 3280
3250 A=A+1
3260 IF P(A)=1000 THEN GOTO 3370
3270 GOTO 3230
3280 X=P(A)+90
3290 IF X>=INT((P(I)+90)/45)*45 AND X<=INT((P(I)+90)/45)*45+45 THEN GOTO 3310
3300 RETURN
3310 PO(B)=P(A)
3320 QO(B)=Q(A)
3330 O(B)=A
3340 B=B+1
3350 PO(B)=1000
3360 RETURN
3370 IF B=1 THEN GOTO 3550
3380 R=1:S=10000
3390 R=SQR((P(I)-PO(B))^2+(Q(I)-QO(B))^2)
3400 IF R=0 THEN GOTO 3420
3410 IF S>R THEN GOSUB 3450
3420 B=B+1
3430 IF PO(B)=1000 THEN GOTO 3480
3440 GOTO 3390
3450 S=R
3460 T=O(B)
3470 RETURN
3480 M(V)=P(T)
3490 N(V)=Q(T)
3500 P(T)=999
3510 I=T
3520 V=V+1
3530 M(V)=1000
3540 GOTO 3040
3550 P(I)=999
3560 V=1
3570 LINE (320+INT(3*M(V)*SIN(N(V)*PI/180)),190-N(V))-(320+INT(3*M(V+1)*SIN(N(V+
1)*PI/180)),190-N(V+1))
3580 V=V+1
3590 IF M(V-1)=1000 THEN GOTO 3610
3600 GOTO 3570
3610 IF M(V)=90 OR M(V)=0 THEN GOTO 3630
3620 LINE (320+INT(3*M(V)*SIN(N(V)*PI/180)),190-N(V))-(320+INT(3*M(1)*SIN(N(1)*P
I/180)),190-N(1))
3630 G=G+V
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
3640 GOSUB 3800
3650 IF G>=PEND-1 THEN RETURN
3660 GOSUB 3680
3670 GOTO 3010
3680 IO=1
3690 IF P(IO)=90 OR P(IO)=0 THEN GOTO 3770
3700 IO=IO+1
3710 IF P(IO)=1000 THEN GOTO 3730
3720 GOTO 3690
3730 IO=1
3740 IF P(IO)<999 THEN GOTO 3770
3750 IO=IO+1
3760 GOTO 3740
3770 I=IO
3780 RETURN
3800 REM-----------------------------------------------
3810 VU=0
3820 IF LL=L THEN LN=LN-1
3830 LN(LO)=LN
3840 VV=INT(V/2+.5)
3850 ML(LO)=M(VV)
3860 NL(LO)=N(VV)
3870 IF LO=1 THEN GOTO 4010
3880 II=1
3890 IF VU=1 AND VV=1 THEN GOTO 4010
3900 IF ABS(INT(3*ML(LO)*SIN(NL(LO)*PI/180))-INT(3*ML(II)*SIN(NL(II)*PI/180)))<=
10 AND ABS(NL(LO)-NL(II))<=10 THEN GOTO 3940
3910 II=II+1
3920 IF II=LO THEN GOTO 4010
3930 GOTO 3900
3940 IF VV>V-1 THEN GOTO 3980
3950 IF VU=1 THEN GOTO 3990
3960 VV=VV+1
3970 GOTO 3850
3980 VU=1
3990 VV=VV-1
4000 GOTO 3850
4010 LN=LN+1
4020 LL=L
4030 LO=LO+1
4040 RETURN
4050 FOR II=1 TO LO-1
4060 LINE (317+INT(3*ML(II)*SIN(NL(II)*PI/180)),186-NL(II))-(323+INT(3*ML(II)*SI
N(NL(II)*PI/180)),194-NL(II)),0,BF
4070 LJ=1
4080 PSET (320+INT(3*ML(II)*SIN(NL(II)*PI/180))+C(LN(II),LJ),190-NL(II)+D(LN(II)
,LJ))
4090 LJ=LJ+1
4100 IF C(LN(II),LJ)=9 THEN GOTO 4120
4110 GOTO 4080
4120 NEXT II
4130 RETURN
4200 REM--------------DLOR-ULOR-------------------
4210 FOR J=10 TO 180 STEP 10
4220 ZOFX(J/10)=KZL(J/10)*(LIGHT(0,J-10)+2*LIGHT(0,J-5)+LIGHT(0,J))/4*TL/1000
4230 NEXT J
4240 X=0:Z=0
4250 FOR I=1 TO 9
4260 X=X+ZOFX(I)
4270 NEXT I
4280 FOR I=10 TO 18
4290 Z=Z+ZOFX(I)
4300 NEXT I
4310 DLOR=X/TL
4320 ULOR=Z/TL
4330 TT=X
4400 REM-------------------S/H-----------------------
4410 S=.5
4420 Z(0)=ATN(2.12132*S):Z(1)=ATN(1.58114*S):Z(2)=ATN(.70711*S):Z(3)=ATN(1.41421
*S):Z(4)=ATN(S):Z(5)=ATN(2.23607*S):Z(6)=ATN(2*S):Z(7)=0:Z(8)=ATN(2.82843*S)
4430 FOR J=0 TO 8
4440 ZD=180*Z(J)/PI
4450 K=INT(ZD/5+.5)*5
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
4460 IF K>ZD THEN GOTO 4490
4470 IZ=(LIGHT(0,K)+(LIGHT(0,K+5)-LIGHT(0,K))/5*(ZD-K))*TL/1000
4480 GOTO 4500
4490 IZ=(LIGHT(0,K)-(LIGHT(0,K)-LIGHT(0,K-5))/5*(K-ZD))*TL/1000
4500 E(J)=IZ*COS(Z(J))^3
4510 NEXT J
4520 MR=4*(E(0)+2*E(1)+E(2))/(4*(E(3)+E(4)+E(5))+2*E(6)+E(7)+E(8))
4530 IF MR<.7 THEN GOTO 4560
4540 S=S+.25
4550 GOTO 4420
4560 SM=S-.25
4570 IF SM<.5 THEN SM=.5
4580 IF SM>1.5 THEN SM=1.5
4600 REM------------------DIRECT RATIOS----------------
4610 SS=(SM/.25)-1
4620 FOR I=0 TO 9
4630 X=0:Y=0
4640 FOR J=1 TO 9
4650 X=ZOFX(J)*ZM(SS*10+J,I)
4660 Y=Y+X
4670 NEXT J
4680 DR(I)=Y/TT
4690 NEXT I
4700 REM------------------CU-----------------------
4710 OPEN "I",1,"LFU.DAT"
4720 FOR I=0 TO 9
4730 FOR J=1 TO 3
4740 FOR K=0 TO 3
4750 FOR L=0 TO 9
4760 X=J*10+I
4770 Y=K*10+L
4780 INPUT #1,LFU(X,Y)
4790 NEXT L
4800 NEXT K
4810 NEXT J
4820 NEXT I
4830 CLOSE 1
4840 FOR K=1 TO 2
4850 IF K>1 THEN GOSUB 5430
4860 FOR R=0 TO 9
4870 L=1
4880 IF K>1 THEN L=9
4890 IF DR(R)=0 THEN GOTO 5580
4900 FOR I=1 TO 3
4910 FOR J=0 TO 2
4920 IF (I=3 AND J=0) THEN GOTO 5050
4930 IF DR(R)<.1 THEN DR(R)=.1
4940 IF DR(R)>1 THEN DR(R)=1
4950 IF DR(R)=INT(DR(R)*10)/10 THEN GOTO 4990
4960 LF=LFU(I*10+R,J*10+INT(DR(R)*10))-((LFU(I*10+R,J*10+INT(DR(R)*10))-LFU(I*10
+R,J*10+INT(DR(R)*10)-1))*((INT(DR(R)*10)+1)/10-DR(R))/.1)
4970 DC=LF*DLOR
4980 GOTO 5000
4990 DC=LFU(I*10+R,J*10+INT(DR(R)*10)-1)*DLOR
5000 A=0
5010 IF K>1 THEN A=4
5020 UC=UFU(I*10+R,J+A)*ULOR
5030 CU(R,L)=DC+UC
5040 L=L+1
5050 NEXT J
5060 NEXT I
5070 NEXT R
5080 NEXT K
5090 CLS
5100 LOCATE 1,1:PRINT CHR$(6);"INTERIOR LIGHTING";CHR$(6)
5110 LOCATE 2,1:PRINT "LUMINAIRE TYPE   :";LT$
5120 LOCATE 3,1:PRINT "TOTAL LAMP LUMEN :";TL;"LUMENS"
5130 LOCATE 1,40:PRINT "%DLOR :";INT(DLOR*100+.5)
5140 LOCATE 2,40:PRINT "%ULOR :";INT(ULOR*100+.5)
5150 LOCATE 3,40:PRINT "S/Hm  :";SM
5160 LOCATE 4,1:PRINT "-------------------------------------------------------
---------------------"
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
5170 LOCATE 5,1:PRINT "REFL. CEILING:"
5180 LOCATE 5,17:PRINT "70  70  70  50  50  50  30  30  70  70  70  50  50  50
30  30"
5190 LOCATE 6,1:PRINT "FACTOR  WALLS:"
5200 LOCATE 6,17:PRINT "50  30  10  50  30  10  30  10  50  30  10  50  30  10
30  10"
5210 LOCATE 7,1:PRINT " (%)    FLOOR:"
5220 LOCATE 7,17:PRINT "10  10  10  10  10  10  10  10  30  30  30  30  30  30
30  30"
5230 LOCATE 8,1:PRINT "-----------------------------------------------------------
--------------------"
5240 LOCATE 9,23:PRINT "COEFFICIENTS OF UTILIZATION TABLE"
5250 LOCATE 10,1:PRINT "-----------------------------------------------------------
--------------------"
5260 LOCATE 11,1:PRINT "ROOM"
5270 LOCATE 12,1:PRINT "INDEX"
5280 FOR I=0 TO 9
5290 FOR J=1 TO 16
5300 B$=STR$(INT(CU(I,J)*100+.5))
5310 LOCATE 11+I,10:PRINT R$(I)
5320 IF CU(I,J)=0 THEN GOTO 5350
5330 LOCATE 11+I,15+J*4-LEN(B$):PRINT "."+MID$(B$,2,2)
5340 GOTO 5360
5350 LOCATE 11+I,15+J*4-LEN(B$):PRINT " -"
5360 NEXT J
5370 PRINT
5380 NEXT I
5390 LOCATE 21,1:PRINT "-----------------------------------------------------------
--------------------"
5400 LOCATE 23,1:INPUT "DO YOU WANT TO PRINT ON YOUR PRINTER (Y/N)";Y$
5410 IF Y$="Y" THEN GOSUB 5620
5420 GOTO 6100
5430 OPEN "I",1,"ADD.DAT"
5440 FOR I=0 TO 9
5450 FOR J=1 TO 3
5460 FOR K=0 TO 3
5470 FOR L=0 TO 9
5480 X=J*10+I
5490 Y=K*10+L
5500 INPUT #1,ADD
5510 LFU(X,Y)=LFU(X,Y)+ADD
5520 NEXT L
5530 NEXT K
5540 NEXT J
5550 NEXT I
5560 CLOSE 1
5570 RETURN
5580 FOR Y=L TO L+7
5590 CU(R,L)=0
5600 NEXT Y
5610 GOTO 5070
5620 LPRINT TAB(27);"***KMIT'LKB LIGHTING TEST***"
5630 LPRINT TAB(1);"INTERIOR LIGHTING";
5640 LPRINT TAB(40);"%DLOR :";INT(DLOR*100+.5)
5650 LPRINT TAB(1);"LUMINAIRE TYPE   :";LT$;
5660 LPRINT TAB(40);"%ULOR :";INT(ULOR*100+.5)
5670 LPRINT TAB(1);"TOTAL LAMP LUMEN :";TL;"LUMENS";
5680 LPRINT TAB(40);"S/Hm  :";SM
5690 LPRINT TAB(1);"-----------------------------------------------------------
--------------------"
5700 LPRINT TAB(1);"REFL. CEILING:";
5710 LPRINT TAB(17);"70  70  70  50  50  50  30  30  70  70  70  50  50  50  30
 30"
5720 LPRINT TAB(1);"FACTOR  WALLS:";
5730 LPRINT TAB(17);"50  30  10  50  30  10  30  10  50  30  10  50  30  10  30
 10"
5740 LPRINT TAB(1);" (%)    FLOOR:";
5750 LPRINT TAB(17);"10  10  10  10  10  10  10  10  30  30  30  30  30  30  30
 30"
5760 LPRINT TAB(1);"-----------------------------------------------------------
--------------------"
5770 LPRINT TAB(23);"COEFFICIENTS OF UTILIZATION TABLE"
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
5780 LPRINT TAB(1);"----------------------------------------------------------
------------------"
5790 LPRINT TAB(1);"ROOM";TAB(10);R$(0);
5800 FOR J=1 TO 16
5810 B$=STR$(INT(CU(0,J)*100+.5))
5820 IF CU(0,J)=0 THEN GOTO 5850
5830 LPRINT TAB(15+J*4-LEN(B$));"."+MID$(B$,2,2);
5840 GOTO 5860
5850 LPRINT TAB(15+J*4-LEN(B$));" -";
5860 NEXT J
5870 LPRINT
5880 LPRINT TAB(1);"INDEX";TAB(10);R$(1);
5890 FOR J=1 TO 16
5900 B$=STR$(INT(CU(1,J)*100+.5))
5910 LPRINT TAB(15+J*4-LEN(B$));"."+MID$(B$,2,2);
5920 NEXT J
5930 LPRINT
5940 FOR I=2 TO 9
5950 LPRINT TAB(10);R$(I);
5960 FOR J=1 TO 16
5970 B$=STR$(INT(CU(I,J)*100+.5))
5980 LPRINT TAB(15+J*4-LEN(B$));"."+MID$(B$,2,2);
5990 NEXT J
6000 LPRINT
6010 NEXT I
6020 LPRINT TAB(1);"----------------------------------------------------------
------------------"
6030 RETURN
6100 REM----------CALCULATE NO. OF LUMINAIRE------------
6110 CLS
6120 S=0
6130 INPUT " (70,50,30)% REFLECTANCE OF CEILING =";LC
6140 INPUT " (50,30,10)% REFLECTANCE OF WALLS   =";LW
6150 INPUT "    (30,10)% REFLECTANCE OF FLOOR   =";LF
6160 IF LC=70 AND LW=50 AND LF=10 THEN S=1
6170 IF LC=70 AND LW=30 AND LF=10 THEN S=2
6180 IF LC=70 AND LW=10 AND LF=10 THEN S=3
6190 IF LC=50 AND LW=50 AND LF=10 THEN S=4
6200 IF LC=50 AND LW=30 AND LF=10 THEN S=5
6210 IF LC=50 AND LW=10 AND LF=10 THEN S=6
6220 IF LC=30 AND LW=30 AND LF=10 THEN S=7
6230 IF LC=30 AND LW=10 AND LF=10 THEN S=8
6240 IF LC=70 AND LW=50 AND LF=30 THEN S=9
6250 IF LC=70 AND LW=30 AND LF=30 THEN S=10
6260 IF LC=70 AND LW=10 AND LF=30 THEN S=11
6270 IF LC=50 AND LW=50 AND LF=30 THEN S=12
6280 IF LC=50 AND LW=30 AND LF=30 THEN S=13
6290 IF LC=50 AND LW=10 AND LF=30 THEN S=14
6300 IF LC=30 AND LW=30 AND LF=30 THEN S=15
6310 IF LC=30 AND LW=10 AND LF=30 THEN S=16
6320 IF S=0 THEN GOTO 6110
6330 CLS
6340 DEF SEG=&H8800
6350 BLOAD "LCS.PIC",0
6360 E=100
6370 IF TL>10000 THEN E=1000
6380 MF=.8
6390 FOR H=2 TO 4
6400 J=1
6410 FOR AL=0 TO 600 STEP 30
6420 A=10^(AL/300+1)
6430 W=SQR(A/1.5)
6440 L=1.5*W
6450 KR=L*W/(H*(L+W))
6460 C=9
6470 IF CU(0,J)=0 AND KR<.6 THEN GOTO 6600
6480 IF KR<.6 THEN GOTO 6660
6490 IF KR>5 THEN GOTO 6600
6500 X=10:Y=11
6510 FOR I=0 TO 9
6520 IF X<10 AND Y<11 THEN GOTO 6550
6530 IF KR>=VAL(R$(I)) THEN X=I
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
6540 IF KR<=VAL(R$(I)) THEN Y=I
6550 NEXT I
6560 IF X=Y THEN GOTO 6590
6570 C=CU(X,S)+((CU(Y,S)-CU(X,S))*(KR-VAL(R$(X)))/(VAL(R$(Y))-VAL(R$(X))))
6580 GOTO 6600
6590 C=CU(X,S)
6600 N=A*E/(TL*C*MF)
6610 U(J)=N
6620 V(J)=A
6630 K(J)=KR
6640 U(J+1)=-1
6650 V(J+1)=-1
6660 J=J+1
6670 NEXT AL
6680 J=1
6690 IF CU(0,1)=0 AND K(J)<.8 THEN GOTO 6950
6700 IF K(J)<.6 THEN GOTO 7020
6710 IF K(J+1)>5 THEN GOTO 7090
6720 IF U(J)<1 THEN GOTO 7130
6730 IF U(J+1)>30 THEN GOTO 7200
6740 LINE (27+INT(((LOG(V(J))*.43429)-1)*300),186-INT(LOG(U(J))*.43429*300*.42))
-(27+INT(((LOG(V(J+1))*.43429)-1)*300),186-INT(LOG(U(J+1))*.43429*300*.42))
6750 IF K(J+1)=5 THEN GOTO 6800
6760 IF U(J+1)=30 THEN GOTO 6800
6770 IF U(J+2)=-1 THEN GOTO 6800
6780 J=J+1
6790 GOTO 6690
6800 NEXT H
6810 LOCATE 2,5:PRINT "total flux :";MID$(STR$(TL),2,LEN(STR$(TL)));" lm"
6820 LOCATE 3,5:PRINT "illuminance:";MID$(STR$(E),2,LEN(STR$(E)));" lx "
6830 LOCATE 4,5:PRINT "reflectance:"
6840 LOCATE 5,5:PRINT "    ceiling";LC;"%"
6850 LOCATE 6,5:PRINT "      walls";LW;"%"
6860 LOCATE 7,5:PRINT "      floor";LF;"%"
6870 LOCATE 8,5:PRINT "height    :2,3,4 m"
6880 Q$=INKEY$
6890 IF Q$="" THEN GOTO 6910
6900 GOTO 6880
6910 CLS
6920 INPUT "DO YOU WANT ANOTHER REFLECTANCE (Y/N)";Q$
6930 IF Q$="Y" THEN GOTO 6100
6940 RETURN
6950 IF K(J+1)>.8 THEN GOTO 6980
6960 J=J+1
6970 GOTO 6690
6980 V(J)=(.8*5*H/3)^2*1.5
6990 U(J)=V(J)*E/(TL*CU(1,S)*MF)
7000 K(J)=.8
7010 GOTO 6690
7020 IF K(J+1)>.6 THEN GOTO 7050
7030 J=J+1
7040 GOTO 6690
7050 V(J)=(.6*5*H/3)^2*1.5
7060 U(J)=V(J)*E/(TL*CU(0,S)*MF)
7070 K(J)=.6
7080 GOTO 6690
7090 V(J+1)=(5*5*H/3)^2*1.5
7100 U(J+1)=V(J+1)*E/(TL*CU(9,S)*MF)
7110 K(J+1)=5
7120 GOTO 6720
7130 IF U(J+1)>1 THEN GOTO 7160
7140 J=J+1
7150 GOTO 6720
7160 A1=10^(.43429*(LOG(V(J))+((LOG(1)-LOG(U(J)))*(LOG(V(J+1))-LOG(V(J)))/(LOG(U
(J+1))-LOG(U(J))))))
7170 U(J)=1
7180 V(J)=A1
7190 GOTO 6720
7200 A2=10^(.43429*(LOG(V(J))+((LOG(30)-LOG(U(J)))*(LOG(V(J+1))-LOG(V(J)))/(LOG(
U(J+1))-LOG(U(J))))))
7210 U(J+1)=30
7220 V(J+1)=A2
7230 GOTO 6740
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
5 REM                    ###OUTDOOR###
10 CLEAR
20 DIM LIGHT(37,180),A(10,20),B(10,20),C(10,14),D(10,14),ZOFX(18),KZL(18)
30 DIM PO(15),QQ(15),O(15),X(180),Y(180),P(250),Q(250),M(250),N(250)
40 DIM ML(20),NL(20),LN(20)
50 PI=3.141592
60 CLS
70 SCREEN 2
80 KEY OFF
90 PRINT "WAIT......"
100 REM------------LOAD DATA-------------
110 OPEN "I",1,"NUM.DAT"
120 FOR I=0 TO 9
130 J=1
140 INPUT #1,A(I,J),B(I,J)
150 IF A(I,J)=9 THEN GOTO 180
160 J=J+1
170 GOTO 140
180 NEXT I
190 FOR I=0 TO 9
200 J=1
210 INPUT #1,C(I,J),D(I,J)
220 IF C(I,J)=9 THEN GOTO 250
230 J=J+1
240 GOTO 210
250 NEXT I
260 CLOSE 1
270 OPEN "I",1,"KZL.DAT"
280 FOR I=1 TO 18
290 INPUT #1,KZL(I)
300 NEXT I
310 CLOSE 1
320 FOR C=0 TO 37
330 FOR I=0 TO 180 STEP 5
340 LIGHT(C,I)=0
350 NEXT I
360 NEXT C
400 REM----------OUTDOOR-----------
410 CLS
420 INPUT "New/Old(DATA)";A$
430 IF A$="N" THEN GOTO 460
440 IF A$="O" THEN GOTO 1400
450 GOTO 410
460 CLS
470 LOCATE 1,1:INPUT "LUMINARE TYPE: ";LT$
480 LOCATE 2,1:INPUT "TOTAL LAMP LUMEN: ";TL
485 IF TL<=0 THEN GOTO 480
490 CLS
500 PRINT " 1.Candelar"
510 PRINT " 2.Candelar/1000 Lumens"
520 PRINT
530 INPUT "THE LUMIOUS INTENSITY DISTRIBUTION IN (1 OR 2)";CAN
540 IF CAN=1 OR CAN=2 THEN GOTO 560
550 GOTO 490
560 IF CAN=1 THEN CAN$='candelar"
570 IF CAN=2 THEN CAN$='cd/1000 lm"
580 CLS
590 FOR C=1 TO 37
600 A=C*5-95
610 PRINT "THE LUMINOUS INTENSITY DISTRIBUTION (";CAN$;") ON PLANE:";A
620 FOR I=0 TO 180 STEP 10
630 B$=STR$(I)
640 C$=" "+I+"
650 LOCATE (I+10)/10+2,1:PRINT TAB(5-LEN(STR$((I+5)/5)));MID$(STR$((I+5)/5),2,LE
N(STR$((I+5)/5))-1);MID$(C$,2,5);TAB(13-LEN(B$));I;")   = ";:INPUT LIGHT(C,I)
660 IF I=180 THEN GOTO 680
670 LOCATE (I+10)/10+2,40:PRINT TAB(45-LEN(STR$((I+10)/5)));MID$(STR$((I+10)/5),
2,LEN(STR$((I+10)/5))-1);MID$(C$,2,5);TAB(53-LEN(B$));I+5;")   = ";:INPUT LIGHT(
C,I+5)
680 NEXT I
690 LOCATE 23,1:PRINT "
700 LOCATE 23,1:INPUT "DO YOU WANT TO EDIT THIS DATA (Y/N)";A$
710 IF A$="N" THEN GOTO 830
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
720 IF A$="Y" THEN GOTO 740
730 GOTO 690
740 LOCATE 23,1:PRINT "
750 LOCATE 23,1:INPUT "WHAT DATA DO YOU WANT TO EDIT (0-180)";I
760 IF I>180 THEN GOTO 750
770 IF I<0 THEN GOTO 750
780 IF I=INT(I/10)*10 THEN GOTO 830
790 IF I=INT(I/5)*5 THEN GOTO 810
800 GOTO 750
810 LOCATE (I+5)/10+2,60:PRINT "          ":LOCATE (I+5)/10+2,60:INPUT LIGHT(C,I
)
820 GOTO 690
830 LOCATE (I+10)/10+2,20:PRINT "          ":LOCATE (I+10)/10+2,20:INPUT LIGHT(C
,I)
840 GOTO 690
850 CLS
860 NEXT C
870 INPUT "DO YOU WANT TO SAVE THIS DATA (Y/N)";A$
880 IF A$="Y" THEN GOTO 1200
890 IF CAN=2 THEN GOTO 950
900 FOR C=1 TO 37
910 FOR I=0 TO 180 STEP 5
920 LIGHT(C,I)=LIGHT(C,I)*1000/TL
930 NEXT I
940 NEXT C
950 GOSUB 1100
960 CLS
970 A$=" "
980 PRINT " 1.POLAR CURVE"
990 PRINT " 2.ISOCANDELA CURVE"
1000 PRINT " 3.EXIT"
1010 INPUT "CHOOSE: 1,2,3";A$
1020 IF A$="1" THEN GOSUB 1600
1030 IF A$="2" THEN GOSUB 2100
1040 IF A$="3" THEN GOTO 1060
1050 GOTO 960
1060 RUN "LIGHT
1070 END
1100 REM-----------AVERAGE OUTDOOR---------
1120 FOR I=0 TO 180 STEP 5
1125 LI=0
1130 FOR C=1 TO 37
1140 LI=LI+LIGHT(C,I)
1150 NEXT C
1160 LIGHT(0,I)=LI/37
1170 NEXT I
1180 RETURN
1200 REM------------SAVE NEW DATA----------
1210 CLS
1220 FILES"*
1230 LOCATE 22,1:INPUT "INPUT YOUR DATA'S NAME TO SAVE";DT$
1240 CLS
1250 PRINT "SAVING...."
1260 OPEN "O",1,DT$
1270 PRINT #1,LT$
1280 PRINT #1,CAN
1290 PRINT #1,TL
1300 FOR C=1 TO 37
1310 FOR I=0 TO 180 STEP 5
1320 PRINT #1,LIGHT(C,I)
1330 NEXT I
1340 NEXT C
1350 CLOSE 1
1360 GOTO 890
1400 REM----------------LOAD OLD DATA----------
1410 CLS
1420 FILES"*
1430 LOCATE 22,1:INPUT "INPUT YOUR DATA'S NAME TO LOAD";DT$
1440 CLS
1450 PRINT "LOADING...."
1460 OPEN "I",1,DT$
1470 INPUT #1,LT$
1480 INPUT #1,CAN
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
1490 INPUT #1,TL
1500 FOR C=1 TO 37
1510 FOR I=0 TO 180 STEP 5
1520 INPUT #1,LIGHT(C,I)
1530 NEXT I
1540 NEXT C
1550 CLOSE 1
1560 GOTO 890
1600 REM------------PLOT POLAR CURVE-----------------
1610 CLS
1620 LOCATE 1,1:INPUT "THE LUMINOUS INTENSITY DISTRIBUTION (cd/1000 lm) ON PLANE
(-90/90)";A
1630 C=(A+95)/5
1640 IF C>INT(C) THEN GOTO 1610
1650 IF C<1 OR C>37 THEN GOTO 1610
1660 FOR I=0 TO 180 STEP 10
1670 B$=STR$(I)
1680 C$=" .  I("
1690 LOCATE (I+10)/10+2,1:PRINT"TAB(5-LEN(STR$((I+5)/5)));MID$(STR$((I+5)/5),2,L
EN(STR$((I+5)/5))-1);MID$(C$,2,5);TAB(13-LEN(B$));I;")   = ";LIGHT(C,I)
1700 IF I=180 THEN GOTO 1720
1710 LOCATE (I+10)/10+2,40:PRINT TAB(45-LEN(STR$((I+10)/5)));MID$(STR$((I+10)/5)
,2,LEN(STR$((I+10)/5))-1);MID$(C$,2,5);TAB(53-LEN(B$));I+5;")   = ";LIGHT(C,I+5)
1720 NEXT I
1730 Q$=INKEY$
1740 IF Q$=" " THEN GOTO 1760
1750 GOTO 1730
1760 FOR I=0 TO 180 STEP 5
1770 X(I)=LIGHT(C,I)*SIN(I*PI/180)
1780 Y(I)=LIGHT(C,I)*COS(I*PI/180)
1790 NEXT I
1800 CLS
1810 DEF SEG=&HB800
1820 BLOAD "POLAR.PIC",0
1830 GOSUB 1990
1840 N=INT((MAX/50)+.5)*50
1850 IF N<50 THEN N=50
1860 IF MAX>N*11/10 THEN N=N+50
1870 IF MAX=0 THEN N=N+50
1880 PRINT "PLANE ";A
1890 PRINT "SCALE  1 :";N/10;" cd/1000 lm"
1900 PRINT "GAMMA  1 : 15  DEG."
1910 FOR I=) TO 175 STEP 5
1920 LINE (350+INT(X(I)*200/N),100+INT(.42*Y(I)*200/N))-(350+INT(X(I+5)*200/N),1
00+INT(.42*Y(I+5)*200/N))
1930 LINE (350-INT(X(I)*200/N),100+INT(.42*Y(I)*200/N))-(350-INT(X(I+5)*200/N),1
00+INT(.42*Y(I+5)*200/N))
1940 NEXT I
1950 Q$=INKEY$
1960 IF Q$=" " THEN GOTO 1980
1970 GOTO 1950
1980 RETURN
1990 MAX=0
2000 FOR I=0 TO 180 STEP 5
2010 IF MAX<LIGHT(C,I) THEN MAX=LIGHT(C,I)
2020 NEXT I
2030 RETURN
2100 REM-----------------ISO CANDELA----------------
2110 GOSUB 4000
2120 CLS
2130 DEF SEG=&HB800
2140 BLOAD "ISO.PIC",0
2150 MAX=0
2160 FOR C=1 TO 37
2.70 GOSUB 2000
2180 NEXT C
2190 N=INT((MAX/50)-1.8)*50
2200 LL=-1
2210 LN=1
2220 LO=1
2230 FOR L=N TO N/5 STEP-(N/5)
2240 J=1
2250 FOR I=0 TO 180 STEP 5
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
2260 W=0:Z=0
2270 FOR C=1 TO 37
2280 IF L=LIGHT(C,I) THEN GOSUB 2580
2290 IF L<LIGHT(C,I) THEN GOSUB 2670
2300 IF L>LIGHT(C,I) THEN GOSUB 2700
2310 IF Z>0 AND W>0 THEN GOSUB 2810
2320 NEXT C
2330 NEXT I
2340 FOR C=1 TO 37
2350 W=0:Z=0
2360 FOR I=0 TO 180 STEP 5
2370 IF L=LIGHT(C,I) THEN GOSUB 2900
2380 IF L<LIGHT(C,I) THEN GOSUB 2610
2390 IF L>LIGHT(C,I) THEN GOSUB 2640
2400 IF Z>0 AND W>0 THEN GOSUB 2730
2410 NEXT I
2420 NEXT C
2430 PEND=J
2440 GOSUB 2930
2450 IF L=N/10 THEN GOTO 2490
2460 NEXT L
2470 L=N/10
2480 GOTO 2240
2490 GOSUB 4500
2500 PRINT "1:";N,"2:";4*N/5
2510 PRINT "3:";3*N/5,"4:";2*N/5
2520 PRINT "5:";N/5,"6:";N/10
2530 PRINT ":cd/1000 lx"
2540 Q$=INKEY$
2550 IF Q$=" " THEN GOTO 2570
2560 GOTO 2540
2570 RETURN
2580 LC=C
2590 GOSUB 2820
2600 RETURN
2610 Z=LIGHT(C,I)
2620 ZI=I
2630 RETURN
2640 W=LIGHT(C,I)
2650 WI=I
2660 RETURN
2670 Z=LIGHT(C,I)
2680 ZC=C
2690 RETURN
2700 W=LIGHT(C,I)
2710 WC=C
2720 RETURN
2730 LI=((L-W)*(ZI-WI)/(Z-W))+WI
2740 P(J)=(C*5)-95
2750 Q(J)=LI
2760 J=J+1
2770 P(J)=1000
2780 IF ZI>WI THEN W=0
2790 IF WI>ZI THEN Z=0
2800 RETURN
2810 LC=((L-W)*(ZC-WC)/(Z-W))+WC
2820 P(J)=(LC*5)-95
2830 Q(J)=I
2840 J=J+1
2850 P(J)=1000
2860 IF LC=C THEN GOTO 2900
2870 IF ZC>WC THEN W=0
2880 IF WC>ZC THEN Z=0
2890 RETURN
2900 Z=0
2910 W=0
2920 RETURN
2930 I=1
2940 IF P(I)=90 OR P(I)=-90 THEN GOTO 2980
2950 I=I+1
2960 IF P(I)=1000 THEN GOTO 3010
2970 GOTO 2940
2980 P=P(1):Q=Q(1)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
2990 P(1)=P(I):Q(1)=Q(I)
3000 P(I)=P:Q(I)=Q
3010 I=1:G=0
3020 V=2
3030 M(1)=P(I)
3040 N(1)=Q(I)
3050 IF P(I)=INT(P(I)/5)*5 AND Q(I)=INT(Q(I)/5)*5 THEN GOTO 3090
3060 IF P(I)=INT(P(I)/5)*5 THEN GOTO 3150
3070 IF Q(I)=INT(Q(I)/5)*5 THEN GOTO 3230
3080 RETURN
3090 A=1:B=1
3100 IF A=I THEN GOTO 3120
3110 IF ABS(P(A)-P(I))<=5 AND ABS(Q(A)-Q(I))<=5 THEN GOSUB 3320
3120 A=A+1
3130 IF P(A)=1000 THEN GOTO 3380
3140 GOTO 3100
3150 A=1:B=1
3160 IF A=I THEN GOTO 3180
3170 IF ABS(P(A)-P(I))<=5 THEN GOSUB 3210
3180 A=A+1
3190 IF P(A)=1000 THEN GOTO 3380
3200 GOTO 3160
3210 IF Q(A)>=INT(Q(I)/5)*5 AND Q(A)<=INT(Q(I)/5)*5+5 THEN GOTO 3320
3220 RETURN
3230 A=1:B=1
3240 IF A=I THEN GOTO 3260
3250 IF ABS(Q(A)-Q(I))<=5 THEN GOSUB 3290
3260 A=A+1
3270 IF P(A)=1000 THEN GOTO 3380
3280 GOTO 3240
3290 X=P(A)+90
3300 IF X>=INT((P(I)+90)/5)*5 AND X<=INT((P(I)+90)/5)*5+5 THEN GOTO 3320
3310 RETURN
3320 PO(B)=P(A)
3330 QO(B)=Q(A)
3340 O(B)=A
3350 B=B+1
3360 PO(B)=1000
3370 RETURN
3380 IF B=1 THEN GOTO 3560
3390 B=1:S=10000
3400 R=SQR((P(I)-PO(B))^2+(Q(I)-QO(B))^2)
3410 IF R=0 THEN GOTO 3430
3420 IF S>R THEN GOSUB 3460
3430 B=B+1
3440 IF PO(B)=1000 THEN GOTO 3490
3450 GOTO 3400
3460 S=R
3470 T=O(B)
3480 RETURN
3490 M(V)=P(T)
3500 N(V)=Q(T)
3510 P(I)=999
3520 I=T
3530 V=V+1
3540 M(V)=1000
3550 GOTO 3050
3560 P(T)=999
3570 V=1
3580 LINE (320+INT(3*M(V)*SIN(N(V)*PI/180)),190-N(V))-(320+INT(3*M(V+1)*SIN(N(V+
1)*PI/180)),190-N(V+1))
3590 V=V+1
3600 IF M(V+1)=1000 THEN GOTO 3620
3610 GOTO 3580
3620 IF M(V)=90 OR M(V)=-90 THEN GOTO 3640
3630 LINE (320+INT(3*M(V)*SIN(N(V)*PI/180)),190-N(V))-(320+INT(3*M(1)*SIN(N(1)*P
I/180)),190-N(1))
3640 G=G+V
3650 GOSUB 4200
3660 IF G>=PEND-1 THEN RETURN
3670 GOSUB 3690
3680 GOTO 3020
3690 ID=1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
3700 IF P(IO)=90 OR P(IO)=-90 THEN GOTO 3780
3710 IO=IO+1
3720 IF P(IO)=1000 THEN GOTO 3740
3730 GOTO 3700
3740 IO=1
3750 IF P(IO)<999 THEN GOTO 3780
3760 IO=IO+1
3770 GOTO 3750
3780 I=IO
3790 RETURN
3800 REM---------------DLOR-ULOR-----------------
3810 FOR J=10 TO 180 STEP 10
3820 ZOFX(J/10)=KZL(J/10)*(LIGHT(0,J-10)+2*LIGHT(0,J-5)+LIGHT(0,J))/4*TL/1000
3830 NEXT J
3840 X=0:Y=0
3850 FOR I=1 TO 9
3860 X=X+ZOFX(I)
3870 NEXT I
3880 FOR I=10 TO 18
3890 Z=Z+ZOFX(I)
3900 NEXT I
3910 DLOR=X/TL
3920 ULOR=Z/TL
3960 RETURN
4000 REM-----------------------------------------
4010 GOSUB 3800
4020 CLS
4030 PRINT "EXTERIOR LIGHTING"
4040 PRINT "LUMINAIRE TYPE  : ";LT$
4050 PRINT "TOTAL LAMP LUMEN:";TL;"LUMENS"
4060 PRINT "%DLOR           :";INT(DLOR*100+.5)
4070 PRINT "%ULOR           :";INT(ULOR*100+.5)
4080 C$=INKEY$
4090 IF C$=" " THEN GOTO 4110
4100 GOTO 4080
4110 RETURN
4200 REM-----------------------------------------
4210 VU=0
4220 IF LL=L THEN LN=LN-1
4230 LN(LO)=LN
4240 VV=INT(V/2+.5)
4250 ML(LO)=M(VV)
4260 NL(LO)=N(VV)
4270 IF LO=1 THEN GOTO 4410
4280 II=1
4290 IF VU=1 AND VV=1 THEN GOTO 4410
4300 IF ABS(INT(3*ML(LO)*SIN(NL(LO)*PI/180))-INT(3*ML(II)*SIN(NL(II)*PI/180)))<=
10 AND ABS(NL(LO)-NL(II))<=10 THEN GOTO 4340
4310 II=II+1
4320 IF II=LO THEN GOTO 4410
4330 GOTO 4300
4340 IF VV>V-1 THEN GOTO 4380
4350 IF VU=1 THEN GOTO 4390
4360 VV=VV+1
4370 GOTO 4250
4380 VU=1
4390 VV=VV-1
4400 GOTO 4250
4410 LN=LN+1
4420 LL=L
4430 LO=LO+1
4440 RETURN
4500 REM-----------------------------------
4510 FOR II=1 TO LO-1
4520 LINE (317+INT(3*ML(II)*SIN(NL(II)*PI/180)),186-NL(II))-(323+INT(3*ML(II)*SI
N(NL(II)*PI/180)),194-NL(II)),0,BF
4530 LJ=1
4540 PSET (320+INT(3*ML(II)*SIN(NL(II)*PI/180))+C(LN(II),LJ),190-NL(II)+D(LN(II)
,LJ))
4550 LJ=LJ+1
4560 IF C(LN(II),LJ)=9 THEN GOTO 4580
4570 GOTO 4540
4580 NEXT II
4590 RETURN
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้จัดทำขอขอบคุณ อาจารย์ ศุลี บรรจงจิตร และ อาจารย์ ทองใบ อรรถเศรษฐ ที่ให้คำปรึกษาและคำแนะนำ ตลอดจนความช่วยเหลือต่างๆ ในการทำวิทยานิพนธ์ ฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

1. ผศ.ศุลี บรรจงจิตร, "หลักการและเทคนิคการออกแบบระบบไฟฟ้ากำลัง",2531
2. IES Code For Interior Lighting, The Illumination Engineering Society,London,1977
3. IES Lighting Handbook Reference Volume, The Illumination Engineering Society,North America,1981
4. IES Lighting Handbook Application Volume,The Illumination Engineering Society,North America,1981
5. IES Technical Report No.2 "The Calculation of Utilization Factors The BZ Method";The Illumination Engineering Society,London,1971
6. Lighting Manual,Philips,1981

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้