

การใช้คอมพิวเตอร์ในการคำนวณและวิเคราะห์การส่องสว่างภายในอาคาร



นายประกรณ์ เมฆจำเริญ

ศูนย์วิทยทรัพยากร

วิทยานพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2532


ISBN 974-576-112-5

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

015808

I 17618 A89

COMPUTER APPLICATION IN INTERIOR LIGHTING CALCULATION AND ANALYSIS



MR. PRAKORN MAKJUMROEN

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Electrical Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University


1989

ISBN 974-576-112-5

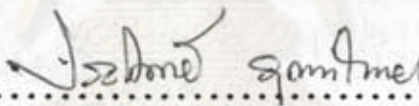



หัวข้อวิทยานิพนธ์ การใช้คอมพิวเตอร์ในการคำนวณและวิเคราะห์การส่องสว่างภายในอาคาร
 โดย นายประกรณ์ เมฆจำเริญ
 ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
 อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ไชยะ แซ่มซ้อย


บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยนี้เป็นส่วนหนึ่ง
 ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต


 คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
 (ศาสตราจารย์ ดร.ถาวร วิษกรชัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


 ประธานกรรมการ
 (รองศาสตราจารย์ ดร.ประไมย์ อุนท์ไวทยะ)


 อาจารย์ที่ปรึกษา
 (อาจารย์ไชยะ แซ่มซ้อย)


 กรรมการ
 (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประสิทธิ์ จิตยจันต์)


 กรรมการ
 (นายปรกรณ์ บริมาสพร)

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว



ประเภท เมฆจำเวียง : การใช้คอมพิวเตอร์ในการคำนวณและวิเคราะห์การ
ส่องสว่างภายในอาคาร (COMPUTER APPLICATION IN INTERIOR LIGHTING
CALCULATION AND ANALYSIS) อ.ที่ปรึกษา : อ.ไชยะ แซ่มช้อย, 215 หน้า.

วิทยานิพนธ์นี้กล่าวถึงการนำไมโครคอมพิวเตอร์มาประยุกต์ใช้ในการคำนวณและ
ออกแบบไฟฟ้าแสงสว่างภายในอาคาร โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมี 2 ส่วน คือ ส่วนแรกเป็น
โปรแกรมที่ใช้คำนวณข้อมูลทางแสง (Photometric Data) ของโคมไฟ โดยใช้วิธี Zonal
Cavity ของ Illuminating Engineering Society of North America (IES)
วิธี British Zonal (BZ) และวิธีคำนวณแบบประยุกต์ของ International Commission
on Illumination (CIE) หรือ CIE Applied Method ส่วนหลังเป็นการคำนวณออก
แบบไฟฟ้าแสงสว่างภายในอาคาร ซึ่งสามารถเลือกใช้ได้ 2 วิธีคือ วิธี Zonal Cavity
ของ IES และวิธีคำนวณแบบประยุกต์ของ CIE พร้อมทั้งคำนวณค่าดัชนีเกิลร์ของ CIE (CIE
Glare Index) ของการติดตั้งหนึ่ง ๆ ได้ นอกจากนี้ในส่วนหลังยังมีโปรแกรมใช้เปรียบเทียบ
ค่าใช้จ่ายต่อปีของโคมไฟแบบต่าง ๆ และโปรแกรมช่วยเลือกหลอดไฟโดยพิจารณาในแง่การมอง
เห็นสีของวัตถุภายใต้ระบบไฟฟ้าแสงสว่างนั้น ทั้งนี้เพื่อช่วยประกอบการตัดสินใจของผู้ออกแบบ
ในการเลือกหลอดไฟและโคมไฟที่เหมาะสมกับสภาพของงานนั้น ๆ และได้ทำการศึกษา
เชิงเปรียบเทียบการคำนวณโดยวิธีทั้ง 3 วิธี คือ วิธี Zonal Cavity ของ IES วิธี
British Zonal (BZ) และวิธีคำนวณแบบประยุกต์ของ CIE ปรากฏว่าค่าสัมประสิทธิ์การ
ใช้แสงที่ได้จากการคำนวณโดยวิธีทั้งสาม ให้ผลใกล้เคียงกันมาก ถึงแม้ว่าจะมีแนวคิดใน
รายละเอียดแตกต่างกันอยู่บ้างก็ตาม

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า.....
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า.....
ปีการศึกษา2531.....

ลายมือชื่อนิสิตไชยะ แซ่มช้อย.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาไชยะ แซ่มช้อย.....

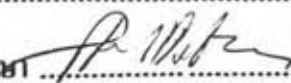
พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว



PRAKORN MAKJUMROEN : COMPUTER APPLICATION IN INTERIOR LIGHTING
CALCULATION AND ANALYSIS. THESIS ADVISOR : CHAIYA CHAMCHOY,
215 PP.

This thesis presents a microcomputer application in interior lighting calculation and design. The developed program consists of two consecutive parts. The first part of the program deals with the luminaire photometric data calculations using Illuminating Engineering Society of North America (IES) Zonal Cavity Method, British Zonal (BZ) Method and International Commission on Illumination (CIE) Applied Method. In the last part of the program, the IES Zonal Cavity and the CIE Applied Methods are used for calculating the Interior Lighting with respect to the illuminance level and glare rating. Besides, the Interior Lighting System Cost Evaluation Program and the Lamp Type Selection with Color Rendering Consideration Program are included. These programs may help the designer in lamp and luminaire selection to meet the lighting requirements. Moreover, this thesis presents a photometric data comparison study of the IES Zonal Cavity Method, BZ Method and CIE Applied Method. The results show that under the similar condition, the Coefficients of Utilization calculated by these three methods are very close eventhough each method has few different ways of calculation.

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
ปีการศึกษา 2531

ลายมือชื่อนิสิต ปรกรณ์ เฉลิมชัย
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา 



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จได้ด้วยความช่วยเหลือจากอาจารย์ไชยะ แซ่มซ้อย ที่ได้ให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ และเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ข้าพเจ้าจึงใคร่ขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้ นอกจากนี้ ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ประโมทย์ อุดมวิภายะ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาอย่างดียิ่ง และเป็นประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประสิทธิ์ พิกขวัฒน์ และ นายปรกรณ์ บริมาสพร ผู้จัดการทั่วไปบริษัท GTE International Inc., สาขาประเทศไทย กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่ได้ช่วยให้คำปรึกษาแนะนำอย่างดียิ่ง

สุดท้ายนี้ ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณทุกท่านที่ได้เกี่ยวข้อง ซึ่งไม่สามารถจะเอ่ยนามได้
หมดมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	๗
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	๖
กิตติกรรมประกาศ.....	๖
สารบัญตาราง.....	๗
สารบัญรูปภาพ.....	๘
สารบัญแผนภูมิ.....	๘
บทที่	
1. บทนำ.....	1
1.1 กล่าวนำปัญหา.....	1
1.2 จุดประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	2
1.4 การดำเนินการวิจัย.....	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้จากการวิจัย.....	3
2. ข้อควรคำนึงในการออกแบบระบบไฟฟ้าแสงสว่างภายในอาคาร.....	4
2.1 หลอดไฟฟ้าและการเลือกใช้.....	4
2.1.1 ข้อดีและข้อเสียของหลอดประเภทต่าง ๆ	4
2.1.2 Color Temperature และ Color Rendering... ..	4
2.1.3 ความสว่างที่เหมาะสมในการเลือกใช้หลอดไฟฟ้าที่ Color Temperature ต่าง ๆ	6
2.1.4 การเลือกหลอดไฟฟ้าที่ให้สีเหมาะกับวัตถุและ สิ่งแวดล้อมภายในห้อง.....	7

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.3 การคำนวณหาจำนวน โคมไฟโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์การใช้แสง.....	38
4. วิธีคำนวณแบบประยุกต์ของ CIE.....	39
4.1 ข้อกำหนดทั่วไป.....	39
4.1.1 Suffixes.....	39
4.1.2 แพลเตอร์การสะท้อนแสงของพื้นผิวห้อง.....	39
4.1.3 รูปร่างของห้อง.....	40
4.2 พารามิเตอร์ที่มีผลต่อความสว่าง.....	40
4.2.1 ฟลักซ์ที่ติดตั้งต่อตารางเมตร.....	40
4.2.2 สัดส่วนของห้อง.....	41
4.2.3 ลักษณะการกระจายแสงของ โคมไฟ.....	41
4.2.4 ลักษณะของการติดตั้ง.....	41
4.2.5 การสะท้อนแสงของพื้นผิว.....	42
4.3 หลักการของวิธีคำนวณแบบประยุกต์ของ CIE.....	42
4.3.1 ข้อมูลทางแสงของ โคมไฟ.....	42
4.3.2 ฟลักซ์จาก โคมไฟที่ตกกระทบพื้นที่ทำงาน โดยตรง.....	44
4.3.3 ฟลักซ์ที่ส่อง โดยตรงจาก โคมไฟทั้งหมด ในห้องลงสู่ พื้นที่ทำงาน.....	46
4.3.4 ความสัมพันธ์ระหว่างฟลักซ์โดยตรง (Direct Flux) กับความสว่าง.....	48
4.3.5 Utilance.....	50
4.3.6 การจำแนกประเภทของการจัดเรียง.....	53
4.3.6.1 ขั้นตอนในการจำแนกประเภทของการจัดเรียง	53
4.3.6.2 ขั้นตอนการจำแนกประเภทของการจัดเรียงที่ เป็นการจัดเรียงอ้างอิง.....	54

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.3.7 การจำแนกประเภทของโคมไฟ.....	55
4.3.7.1 ขั้นตอนการจำแนกประเภทโคมไฟ.....	56
4.3.8 ข้อมูลอื่น ๆ ของโคมไฟ.....	57
4.4 วิธีการออกแบบ (The Design Method).....	57
4.4.1 การหาฟลักซ์ต่อพื้นที่ที่ต้องติดตั้ง (Determination of the Required Installation Flux Density).....	58
4.4.2 การเลือกลักษณะการจัดเรียง (Selection of the Installation).....	59
4.5 วิธีการตรวจสอบ (The Verification Method).....	60
4.5.1 การคำนวณอัตราส่วนโดยตรง.....	60
4.5.1.1 จำนวนอัตราส่วนโดยตรง โดยใช้ Flux Triplet N1 N2 N3.....	61
4.5.1.2 จำนวนอัตราส่วนโดยตรง โดยใช้ DRR ที่กำหนดให้จากผู้ผลิตโคมไฟ (Published DRR Values).....	61
4.5.1.3 จำนวนอัตราส่วนโดยตรง โดยใช้ชุดของ ประเภทการจัดเรียงอ้างอิงที่ผู้ผลิตโคมไฟ กำหนดให้ (Published Reference Class Set).....	61
4.5.1.4 จำนวนอัตราส่วนโดยตรง โดยใช้หมายเลข ประเภทของโคมไฟที่กำหนดจากผู้ผลิตโคมไฟ (Published Luminaire Class).....	62

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.5.2 การคำนวณหาค่ารีดิวซ์ยูทิลแลนซ์ (Reduced Utilance, RU).....	62
4.5.3 การคำนวณความสว่าง.....	64
4.5.4 การคำนวณค่าความส่องสว่างเฉลี่ย.....	65
5. แกลร์.....	109
5.1 หลักการพื้นฐานในการควบคุมแกลร์.....	109
5.1.1 ขรรมชาติของแกลร์.....	109
5.1.2 แฟกเตอร์ต่าง ๆ ที่มีผลต่อการควบคุม Discomfort Glare.....	110
5.1.3 วิธีการควบคุมแกลร์.....	114
5.1.3.1 การกระจายความส่องสว่างคงที่.....	114
5.1.3.2 การกระจายความส่องสว่างไม่คงที่.....	115
5.1.3.3 การกระจายความส่องสว่างแบบ Cut-off... ..	116
5.1.4 ระบบการควบคุมแกลร์ (Glare Control System) ..	117
5.1.4.1 ระบบดัชนีแกลร์ (Glare Index System).. ..	120
5.1.4.2 ระบบจำกัดความส่องสว่าง (Luminance Limiting System).....	120
5.1.4.3 ระบบมุมกั้นแสง (Shielding Angle System).....	121
5.1.5 การประเมิน Discomfort Glare โดยผู้สังเกต (Subjective Assessment of Discomfort Glare).....	121
5.2 การศึกษาวิจัยเพื่อให้ได้สูตรการหาแกลร์ที่เหมาะสม.....	122

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
5.2.1 Formula Based Systems.....	122
5.2.2 ระบบจำกัดความส่องสว่าง (Luminance Limiting Systems).....	125
5.2.2.1 การหาค่าขีดจำกัดของความส่องสว่าง (Determine the Limiting Luminance Value).....	126
5.2.2.2 การหาการกระจายของความส่องสว่าง (Determine the Limiting Luminance Distribution).....	126
5.2.3 CIE Interim Glare Limiting System.....	127
5.2.3.1 หลักการของระบบ CIE Interim Glare Limiting.....	127
5.2.3.2 การใช้งาน CIE Interim Glare Limiting System.....	131
5.2.3.3 ขีดจำกัดของระบบ.....	132
5.2.3.4 การกระจายความส่องสว่างของโคมไฟ.....	133
5.3 การหาดัชนีแกลร์ตามวิธีของซีไออี (CIE Glare Index).....	135
5.3.1 พิจารณาการติดตั้ง.....	135
5.3.2 หาฟังก์ชัน $f(E_d, E_1)$	136
5.3.3 กำหนดตำแหน่งของผู้สังเกตและแนวการมอง (Line of Sight).....	137
5.3.4 คำนวณ d-coordinate และ s-coordinate.....	138

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
5.3.5 การพิจารณาว่าโคมใดบ้างที่ต้องนำมาคิดคำนวณ เทอม $\Sigma L^2W.p^{-2}$	139
5.3.6 จำนวน Ah และ Av/Ah.....	140
5.3.7 จำนวนเทอม $\Sigma L^2W.p^{-2}$	140
5.3.8 จำนวนดัชนีนีแกลร์ (CIE Glare Index, CGI).....	143
6. การใช้คอมพิวเตอร์ในการออกแบบ.....	144
6.1 บทนำ.....	144
6.2 ลักษณะโครงสร้างของโปรแกรม.....	144
6.3 การใช้งานโปรแกรมคอมพิวเตอร์.....	147
6.3.1 การคำนวณข้อมูลทางแสงของโคมไฟ.....	147
6.3.2 การออกแบบระบบไฟฟ้าแสงสว่างโดยวิธีของ IES....	163
6.3.3 การออกแบบระบบไฟฟ้าแสงสว่าง โดยใช้วิธีคำนวณ แบบประยุกต์ของ CIE (CIE APPLIED INTERIOR LIGHTING DESIGN).....	168
6.3.4 การเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายต่อปีของโคมไฟ.....	174
6.3.5 การเลือกหลอดไฟให้มี Color Rendition ที่ เหมาะสมกับสภาพของงาน.....	175
7. การวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบ.....	179
7.1 การหาการกระจายความเข้มแห่งการส่องสว่าง.....	180
7.2 ผลการเปรียบเทียบการคำนวณ.....	182
8. สรุปการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	203
8.1 สรุปผลการวิจัย.....	203
8.2 ข้อเสนอแนะ.....	204

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
เอกสารอ้างอิง.....	205
ภาคผนวก ก. การคำนวณ CIE FLUX CODE ของโคมไฟ	206
ภาคผนวก ข. การคำนวณหาชุดของประเภทการจัดเรียงอ้างอิงโดยใช้วิธีของ CIE	209
ภาคผนวก ค. Scale of Color Rendering Properties ของงานแต่ละ ประเภทและชนิดของหลอดไฟฟ้าในแต่ละ Color Rendering Properties Scale.....	211
ประวัติผู้เขียน.....	215



 ศูนย์วิทยทรัพยากร
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	คุณสมบัติของหลอดไฟฟ้านิตต่าง ๆ	5
2.2	Color Rendition ของหลอดไฟฟ้านิยมใช้และผลที่มีต่อวัตถุ สีต่าง ๆ.....	8
2.3	การแบ่งโคมไฟของ CIE โดยพิจารณาลักษณะของการกระจายแสง..	9
2.4	Luminaire Dirt Depreciation Constants ที่ใช้ในการ คำนวณ LDD สำหรับ 6 Luminaire Categories และ 5 Degrees of Dirtiness.....	13
2.5	ใช้สำหรับหา Expected Dirt Depreciation.....	14
3.1	Zonal Multipliers ที่ใช้ในการคำนวณหา D_{z}	20
3.2	Zonal Multiplier ที่ใช้ในการหาอัตราส่วนโดยตรง.....	27
3.3	ตัวอย่างขั้นตอนการคำนวณหาอัตราส่วนโดยตรง.....	28
3.4	Lower Flux Utilance (Wall Reflectance 50%).....	30
3.5	Lower Flux Utilance (Wall Reflectance 30%).....	31
3.6	Lower Flux Utilance (Wall Reflectance 10%).....	32
3.7	Lower Flux Utilance (Wall Reflectance 0%).....	33
3.8	Upper Flux Utilance.....	34
3.9	Effective Ceiling Reflectance.....	36
4.1.1-6	Geometric Multipliers สำหรับกรณีมีโคมไฟ 1 โคมอยู่เหนือ มุมหนึ่งของสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีด้านกว้าง A/H และยาว B/H...	66-71
4.2.1-10	ตัวประกอบแก้ไข (Correction Factors).....	72-81
4.3.1-24	ค่าสัมประสิทธิ์ RM (RM Coefficients).....	82-105
4.4	CIE Installation Classification	106

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.5 Geometric Multiplier ของการจัดเรียงอ้างอิง (อยู่ในหน่วย 1/1000) และการจัดเรียงอ้างอิงของดัชนีห้องมาตรฐาน.....	107
4.6 Cumulated Zonal Flux ที่ใช้ในการจำแนกประเภท โคมไฟของ CIE.....	108
5.1 ความสัมพันธ์ระหว่าง Glare Constant กับความรู้สึกของผู้สังเกต.....	112
5.2 ขีดจำกัดของความส่องสว่าง (cd/m^2) สำหรับโคมไฟทุกแบบ รวมทั้งหลอดเปลือย.....	129
5.3 Recommended Shielding Angles สำหรับโคมไฟแบบ Cut-off	130
5.4 การหา Av และ Av/Ah ของโคมไฟแบบต่าง ๆ	141
5.5 แพลกเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณในสมการที่ 5.15	142
6.1 ผลการคำนวณ Photometric Data โดยวิธีของ IES.....	151
6.2 ผลการคำนวณ Photometric Data โดยวิธีของ BZ.....	153
6.3 ผลการคำนวณ Photometric Data โดยวิธีของ CIE.....	156
6.4 ผลการคำนวณของโปรแกรม LC2.....	166
7.1 แสดงการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การใช้แสงของโคมไฟ BZ1 ที่ได้จากการคำนวณตามวิธีของ IES, CIE และ BZ ตามลำดับ (ค่าที่ปรากฏในตารางอยู่ในหน่วย (1/1000)).....	183

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
7.2 แสดงการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การใช้แสงของโคมไฟ BZ2 ที่ได้จากการคำนวณตามวิธีของ IES, CIE และ BZ ตามลำดับ (ค่าที่ปรากฏในตารางอยู่ในหน่วย (1/1000)).....	184
7.3 แสดงการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การใช้แสงของโคมไฟ BZ3 ที่ได้จากการคำนวณตามวิธีของ IES, CIE และ BZ ตามลำดับ (ค่าที่ปรากฏในตารางอยู่ในหน่วย (1/1000)).....	185
7.4 แสดงการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การใช้แสงของโคมไฟ BZ4 ที่ได้จากการคำนวณตามวิธีของ IES, CIE และ BZ ตามลำดับ (ค่าที่ปรากฏในตารางอยู่ในหน่วย (1/1000)).....	186
7.5 แสดงการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การใช้แสงของโคมไฟ BZ5 ที่ได้จากการคำนวณตามวิธีของ IES, CIE และ BZ ตามลำดับ (ค่าที่ปรากฏในตารางอยู่ในหน่วย (1/1000)).....	187
7.6 แสดงการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การใช้แสงของโคมไฟ BZ6 ที่ได้จากการคำนวณตามวิธีของ IES, CIE และ BZ ตามลำดับ (ค่าที่ปรากฏในตารางอยู่ในหน่วย (1/1000)).....	188
7.7 แสดงการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การใช้แสงของโคมไฟ BZ7 ที่ได้จากการคำนวณตามวิธีของ IES, CIE และ BZ ตามลำดับ (ค่าที่ปรากฏในตารางอยู่ในหน่วย (1/1000)).....	189
7.8 แสดงการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การใช้แสงของโคมไฟ BZ8 ที่ได้จากการคำนวณตามวิธีของ IES, CIE และ BZ ตามลำดับ (ค่าที่ปรากฏในตารางอยู่ในหน่วย (1/1000)).....	190

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
7.9 แสดงการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การใช้แสงของโคมไฟ BZ9 ที่ได้จากการคำนวณตามวิธีของ IES, CIE และ BZ ตามลำดับ (ค่าที่ปรากฏในตารางอยู่ในหน่วย (1/1000)).....	191
7.10 แสดงการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การใช้แสงของโคมไฟ BZ10 ที่ได้จากการคำนวณตามวิธีของ IES, CIE และ BZ ตามลำดับ (ค่าที่ปรากฏในตารางอยู่ในหน่วย (1/1000)).....	192
7.11 แสดงการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การใช้แสงของโคมไฟ BZ1 ที่ได้จากการคำนวณตามวิธีของ IES, CIE และ BZ ตามลำดับ (ค่าที่ปรากฏในตารางคิดเป็นเปอร์เซ็นต์เทียบกับของ CIE).....	193
7.12 แสดงการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การใช้แสงของโคมไฟ BZ2 ที่ได้จากการคำนวณตามวิธีของ IES, CIE และ BZ ตามลำดับ (ค่าที่ปรากฏในตารางคิดเป็นเปอร์เซ็นต์เทียบกับของ CIE).....	194
7.13 แสดงการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การใช้แสงของโคมไฟ BZ3 ที่ได้จากการคำนวณตามวิธีของ IES, CIE และ BZ ตามลำดับ (ค่าที่ปรากฏในตารางคิดเป็นเปอร์เซ็นต์เทียบกับของ CIE).....	195
7.14 แสดงการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การใช้แสงของโคมไฟ BZ4 ที่ได้จากการคำนวณตามวิธีของ IES, CIE และ BZ ตามลำดับ (ค่าที่ปรากฏในตารางคิดเป็นเปอร์เซ็นต์เทียบกับของ CIE).....	196
7.15 แสดงการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การใช้แสงของโคมไฟ BZ5 ที่ได้จากการคำนวณตามวิธีของ IES, CIE และ BZ ตามลำดับ (ค่าที่ปรากฏในตารางคิดเป็นเปอร์เซ็นต์เทียบกับของ CIE).....	197

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
7.16	แสดงการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การใช้แสงของโคมไฟ BZ6 ที่ได้จากการคำนวณตามวิธีของ IES, CIE และ BZ ตามลำดับ (ค่าที่ปรากฏในตารางคิดเป็นเปอร์เซ็นต์เทียบกับของ CIE).....	198
7.17	แสดงการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การใช้แสงของโคมไฟ BZ7 ที่ได้จากการคำนวณตามวิธีของ IES, CIE และ BZ ตามลำดับ (ค่าที่ปรากฏในตารางคิดเป็นเปอร์เซ็นต์เทียบกับของ CIE).....	199
7.18	แสดงการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การใช้แสงของโคมไฟ BZ8 ที่ได้จากการคำนวณตามวิธีของ IES, CIE และ BZ ตามลำดับ (ค่าที่ปรากฏในตารางคิดเป็นเปอร์เซ็นต์เทียบกับของ CIE).....	200
7.19	แสดงการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การใช้แสงของโคมไฟ BZ9 ที่ได้จากการคำนวณตามวิธีของ IES, CIE และ BZ ตามลำดับ (ค่าที่ปรากฏในตารางคิดเป็นเปอร์เซ็นต์เทียบกับของ CIE).....	201
7.20	แสดงการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การใช้แสงของโคมไฟ BZ10 ที่ได้จากการคำนวณตามวิธีของ IES, CIE และ BZ ตามลำดับ (ค่าที่ปรากฏในตารางคิดเป็นเปอร์เซ็นต์เทียบกับของ CIE).....	202

สารบัญรูปภาพ

รูปที่	หน้า
2.1 ความแตกต่างระหว่าง Color Temperature และ Color Rendering.....	5
2.2 ช่วงความสว่างที่เหมาะสมสำหรับ Color Temperture ต่าง ๆ ..	6
2.3 การแสดง Luminous Intensity Distribution ของโคมไฟ ในลักษณะของ Polar Curve.....	9
2.4 เทคนิคการควบคุมแสงโดยใช้กำบังและบานเกล็ด.....	11
2.5 ใช้ในการหา Room Surface Dirt Depreciation Factors..	15
3.1 การแบ่งบริเวณรอบโคมไฟออกเป็นโซนรูปกรวย.....	18
3.2 แสดงหลักการของ Cavity Method.....	23
3.3 The Cavity Method.....	35
4.1 Zonal Flux Diagram.....	43
4.2 กรวยกลมที่มีแกนอยู่ในแนวตั้งซึ่งมีมุมเชิงของแข็งเป็น ω	43
4.3 แสดง Characteristic Zonal Flux Values.....	43
4.4 แสดงตำแหน่งของโคมไฟ L อยู่เหนือพื้นที่ทำงาน ABCD เป็นระยะ LS.....	45
5.1 พารามิเตอร์ที่มีผลต่อ Discomfort Glare.....	111
5.2 ตำแหน่งของผู้สังเกตและแนวมอง (Line of Sight).....	112
5.3 หลักการของ Shielding Angle ถ้า $\theta < S$ ผู้สังเกตจะไม่ เห็นหลอดไฟ.....	116
5.4 การวัดมุมบัง (Shielding Angle S).....	117
5.5 ผลของพารามิเตอร์บางตัวที่มีต่อ Discomfort Glare.....	118
5.6 การควบคุมแกลร์โดยใช้โคมไฟแบบ Cut-off และ Non-cut-off	119
5.7 Luminance Curves ของ CIE Glare Safeguard.....	132

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
5.8 ระบบ C-y Coordinate.....	134
5.9 ตัวอย่างการกระจายความส่องสว่างของโคมไฟ.....	134
5.10 ตัวอย่างการใช้งาน CIE Glare Safeguard.....	135
5.11 การกำหนดแนวการมองที่จะให้ค่าดัชนีแกลร์สูงสุด.....	138
5.12 การกำหนด d-coordinate และ s-coordinate.....	139
6.1 เมนูหลักของโปรแกรม LC1.....	148
6.2 CIE Glare Safeguard, Diagram 1.....	157
6.3 CIE Glare Safeguard, Diagram 2.....	158
6.4 Intensity Distribution และ Polar Curve ของกรณี โคมไฟที่มีแสงส่องลงเท่านั้น.....	160
6.5 Intensity Distribution และ Polar Curve ของกรณี โคมไฟมีทั้งแสงส่องขึ้นและส่องลง.....	161
6.6 แสดงเมนูของส่วน Edit Data.....	162
6.7 เมนูหลักของโปรแกรม LC2 (Interior Lighting Design, IES Method).....	163
6.8 ลักษณะการป้อนข้อมูลของห้องแต่ละห้อง.....	164
6.9 ลักษณะการใช้ Edit Procedure (page 1).....	167
6.10 ลักษณะการใช้ Edit Procedure (page 2).....	168
6.11 แสดงเมนูหลักของโปรแกรม CIE.....	169
6.12 การป้อนข้อมูลของการใช้ Design Procedure.....	170
6.13 ผลการคำนวณโดยการใช้ Design Procedure.....	171
6.14 การป้อนข้อมูลของการใช้ Verify Procedure.....	172

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
6.15 ผลการคำนวณโดยใช้ Verify Procedure.....	173
6.16 ตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรม COST ซึ่งใช้เปรียบเทียบค่าใช้จ่าย ต่อปีของโคมไฟ 3 แบบ.....	176
6.17 การแบ่งลักษณะของงานออกเป็นกลุ่ม ๆ	177
6.18 รายละเอียดของลักษณะของงานในกลุ่มต่าง ๆ	178
7.1 ลักษณะการกระจายแสงของโคมไฟตัวอย่างที่นำมาใช้คำนวณเปรียบเทียบ ค่าสัมประสิทธิ์การใช้แสง.....	179

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญแนมณี

แนมณี	หน้า
6.1 ลักษณะ โครงสร้างของ โปรแกรม.....	146
6.2 แสดง โครงสร้างของ โปรแกรมคำนวณข้อมูลทางแสง โดยวิธี IES	150
6.3 แสดง โครงสร้างของ โปรแกรมคำนวณข้อมูลทางแสง โดยวิธี BZ	152
6.4 แสดง โครงสร้างของ โปรแกรมคำนวณข้อมูลทางแสง โดยวิธี CIE	155



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย