การออกแบบเหมาะที่สุดสำหรับการส่องสว่างพื้นที่

นาย อุดม จงศักดิ์สวัสดิ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2534

ISBN 974-579-288-8

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

017229 1178391 7C

AN OPTIMUM DESIGN OF AREA LIGHTING

Mr. Udom Jongsakswat

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Electical Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1991

ISBN 974-579-288-8

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การออกแบบเหมาะที่สุดสำหรับการส่องสว่างพื้นที่

โดย นายอุดม จงศักดิ์สวัสดิ์

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. ประโมทย์ อุณห์ไวทยะ

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร. ถาวร วัชราภัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(อาจารย์ ไชยะ แช่มช้อย)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร. ประโมทย์ อุณห์ไวทยะ)

..... กรรมการ
(ดร. บุญมี อย่างธารา)

..... กรรมการ
(หม่อมหลวง ปิยพงศ์ นวรัตน์)

อุดม จงศักดิ์สวัสดิ์ : การออกแบบเหมาะที่สุดสำหรับการส่องสว่างพื้นที่ (AN OPTIMUM DESIGN OF AREA LIGHTING) อ. ที่ปรึกษา : รศ.ดร. ประโมทย์ อุณห์ไวทยะ, 152 หน้า
ISBN 974-579-288-8

ในปัจจุบันนี้ การออกแบบไฟส่องสว่างพื้นที่ต้องอาศัยประสบการณ์ของผู้ออกแบบในการเลือกแบบโคมฉาย การประมาณจำนวนโคมฉายและการกำหนดจุดเล็งของโคมฉาย ซึ่งการออกแบบที่ได้อาจไม่เป็นการออกแบบที่เหมาะที่สุดได้

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสนอการประยุกต์ใช้เทคนิคการหาค่าเหมาะสมที่สุดสำหรับการคำนวณและออกแบบไฟส่องสว่างพื้นที่ โดยได้พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ขึ้นใช้งานกับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ขนาด 16 บิท ซึ่งใช้กันแพร่หลายในปัจจุบัน โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นนี้สามารถใช้คำนวณหาค่าความสว่างเฉลี่ย ค่าความสม่ำเสมอของความสว่างบนพื้นที่ออกแบบได้ นอกจากนี้ยังสามารถเลือกแบบและประมาณจำนวนโคมฉายที่จะใช้ส่องสว่าง และสามารถคำนวณหาจุดเล็งของโคมฉายได้โดยให้ค่าความสว่างเฉลี่ยสูงสุดและค่าความสม่ำเสมอของความสว่างไม่ต่ำกว่าที่ต้องการ ผู้ใช้สามารถนำไปช่วยในการออกแบบไฟส่องสว่างพื้นที่ที่เหมาะที่สุดที่ให้ผลการคำนวณที่ถูกต้องแม่นยำและรวดเร็ว

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
ปีการศึกษา 2533

ลายมือชื่อนิสิต .....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

UDOM JONGSAKSWAT : AN OPTIMUM DRSIGN OF AREA LIGHTING.
THESIS ADVISOR : ASSO. PROF. PRAMOTH UNHAVAITHAYA. 152 PP.

At present, an area lighting design requires designer's experiences in the selection of flood lightings and aiming points. The result may not be the most sutitable one.

This thesis proposes the application of an optimization technique in the area lighting design and calculation. A computer program for use with the 16 bit PC, was developed and usable to calculate the average illuminance, the uniformity on the lighting area. Moreover the designer can use for the selection of floodlights and also to determine the aiming points by the Rosenbrock optimization technique for the highest value of average illuminance and a better uniformity. The desigher can get an optimal design very quick with very accurate results.

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
ปีการศึกษา 2533

ลายมือชื่อนิสิต .....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลือของหลายท่าน ผู้เขียนขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ประโมทย์ อุณห์ไวทยะ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ท่านให้คำแนะนำ และข้อคิดเห็นต่าง ๆ ในการวิจัยด้วยดีตลอดมา และขอขอบพระคุณ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่านซึ่งประกอบไปด้วย ดร. บุญมี อย่างธารา อาจารย์ ไชยะ แช่มช้อย และ มล. ปิยพงศ์ นวรัตน์ ที่กรุณาให้คำชี้แนะ ต่าง ๆ

ท้ายสุดนี้ ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ บิดา-มารดา ที่สนับสนุนในด้านการเงิน และคอยให้กำลังใจแก่ผู้เขียนจนสำเร็จการศึกษา

สารบัญ

	หน้าที่
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญรูป	ญ
สารบัญตาราง	ด
หน้าสัญญลักษณ์	ต

บทที่

1. บทนำ

ความเป็นมาของปัญหา 1

ความสำคัญของปัญหา 2

วัตถุประสงค์ในการวิจัย 2

ขั้นตอนการทำวิจัย 3

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย 3

2. การคำนวณออกแบบระบบไฟส่องสว่างพื้นที่

ค่าทางแสงสว่างของระบบไฟส่องสว่างพื้นที่ 5

โคมฉาย 6

ลักษณะการติดตั้งโคมฉาย 12

3. การคำนวณในระบบไฟส่องสว่างพื้นที่

การหาค่าความสว่างเฉลี่ยด้วย วิธีลูเมน 14

การหาค่าความสว่างเฉลี่ย และค่าความสม่ำเสมอ

ของความสว่างด้วย วิธีจุดต่อจุด 15

4. เทคนิคการหาค่าเหมาะสมที่สุด

Linear Programming 33

วิธี Simplex 37

บทที่ หน้าที่

Nom Linear Programming 45

เทคนิคการหาค่าเหมาะสมที่สุดของ

Rosenbrock 47

5. การหาค่าเหมาะสมที่สุดในระบบไฟส่องสว่างพื้นที่

การนำเทคนิคการหาค่าเหมาะสมที่สุด มาใช้

ในระบบไฟส่องสว่างพื้นที่ 54

การหาค่าเหมาะสมที่สุดของการออกแบบ

ไฟส่องสว่างพื้นที่ 55

6. การพัฒนาโปรแกรม

โครงสร้างของโปรแกรม 66

7. ตัวอย่างการใช้งานโปรแกรม

โคมที่ใช้ในตัวอย่างการใช้งาน 79

ตัวอย่างการใช้งานโปรแกรม AREA LIGHTING

CALCULATION 80

ตัวอย่างการใช้งานโปรแกรม AREA LIGHTING

OPTIMIZATION 85

ตัวอย่างการใช้งานโปรแกรม LUMINAIRE

OPTIMIZATION 94

ตัวอย่างการใช้งานจริง 100

8. สรุปผลการวิจัย

สรุปผลการวิจัย 104

ข้อเสนอแนะ 105

บรรณานุกรม 106

ภาคผนวก 108

ภาคผนวก ก. ปริมาณ และหน่วยทางแสงสว่าง 109

ภาคผนวก ข. หลอดไฟ 111

หน้าที่

ภาคผนวก ค. เสาไฟส่องสว่างพื้นที่ 114
ภาคผนวก ง. การใช้คอมพิวเตอร์คำนวณหาค่าความสว่างเฉลี่ย
และ ค่าความสม่ำเสมอของความสว่าง 117
ภาคผนวก จ. การใช้งานโปรแกรม 124
ประวัติผู้เขียน 152

สารบัญรูป

รูปที่ หน้าที่

2.1 แสดงลักษณะของโคมฉายแบบหนึ่ง 7

2.2 แสดงลักษณะระบบ H-V 8

2.3 แสดงลักษณะระบบ C- ช 9

2.4 แสดงลักษณะไอโซลักซ์ ไดอะแกรมของโคมฉาย 10

2.5 แสดงลักษณะ Utilization Data ของโคมฉาย 11

2.6 แสดงลักษณะ มุมเล็ง (ธ) และมุมหัน (ร) 13

3.1 แสดงค่าความสว่างที่จุดใด ๆ 16

3.2 แสดงการคำนวณหา มุม ช$_{o}$ และ มุม ช
เมื่อมุมหันเท่ากับศูนย์ 19

3.3 แสดงการคำนวณค่ามุม C เมื่อมุมหันเท่ากับศูนย์ 21

3.4 แสดง การคำนวณมุม C-ช เมื่อมีมุมหันเท่ากับ ร 23

3.5 แสดงการคำนวณ $\Delta X'$ และ $\Delta Y'$..... 24

3.6 แสดงการคำนวณมุม H เมื่อมุมหันเท่ากับศูนย์ 26

3.7 แสดงการคำนวณ มุม V เมื่อมุมหันเท่ากับศูนย์ 27

3.8 แสดงการรูปมุม H-V เมื่อมีมุมหัน 29

3.9 แสดงจุดคำนวณที่ มุมสี่เหลี่ยมจัตุรัส 32

3.10 แสดงจุดคำนวณที่จุดกึ่งกลางของสี่เหลี่ยมจัตุรัส 32

4.1 แสดงขั้นตอนการคำนวณของ Simplex Algorithm 40

4.2 แสดงขั้นตอนการคำนวณ วิธี Simplex แบบ สองเฟส 44

4.3 แสดงขั้นตอนการแก้ปัญหา Non-Linear Programming
แบบไม่มีสมการเงื่อนไข 46

4.4 แสดงแผนผังขั้นตอนการคำนวณ วิธี Rosenbrock
แบบไม่มีสมการเงื่อนไข 52

รูปที่ หน้าที่

4.5 แสดงแผนผังขั้นตอนการคำนวณ วิธี Rosenbrock แบบมีสมการเงื่อนไข 53
5.1 แสดงแผนผังขั้นตอนการหาค่าเหมาะสมที่สุดของการออกแบบระบบไฟส่องสว่างพื้นที่ 56
5.2 แสดงการแบ่งโซน และจุดเปรียบเทียบ 57
5.3 แสดงแผนผังขั้นตอนการเลือกแบบ และประมาณโคมฉายในแต่ละแบบ 61
5.4 แสดงแผนผังขั้นตอนการหาจุดเล็งโคมฉาย 65
6.1 แสดงแผนผังโครงสร้างของโปรแกรมหลัก 67
6.2 แสดงโครงสร้างของโปรแกรมส่วนการคำนวณของระบบไฟส่องสว่างพื้นที่ 69
6.3 แสดงโครงสร้างของโปรแกรมส่วนการเลือกแบบ และประมาณจำนวนโคมฉาย 72
6.4 แสดงโครงสร้างของโปรแกรมส่วนการคำนวณหาจุดเล็งโคมฉาย 75
7.1 แสดงข้อมูลการกระจายความเข้มแห่งการส่องสว่างของโคม FL11500 81
7.2 แสดงข้อมูลการกระจายความเข้มแห่งการส่องสว่างของโคม FL1000C 82
7.3 แสดงข้อมูลการกระจายความเข้มแห่งการส่องสว่างของโคม FL1400C 83
7.4 แสดงข้อมูลการกระจายความเข้มแห่งการส่องสว่างของโคม FL2400C 84
7.5 แสดงจุดติดตั้ง และจุดเล็งโคมฉายของโปรแกรม AREA LIGHTING CALCULATION 85

รูปที่ หน้าที่

7.6 แสดงผลการคำนวณของโปรแกรม AREA LIGHTING CALCULATION ตามลักษณะการติดตั้งรูปที่ 7.5 86

7.7 แสดงตำแหน่งจุดเหมาะสมที่สุด และ จุดเปรียบเทียบ 87

7.8 แสดงผลการคำนวณของโปรแกรม AREA LIGHTING OPTIMIZATION 88

7.9 แสดงผลการคำนวณของโปรแกรม AREA LIGHTING CALCULATION ณ. จุดเปรียบเทียบที่ (8,31) 89

7.10 แสดงผลการคำนวณของโปรแกรม AREA LIGHTING CALCULATION ณ. จุดเปรียบเทียบที่ (8,27) 90

7.11 แสดงผลการคำนวณของโปรแกรม AREA LIGHTING CALCULATION ณ. จุดเปรียบเทียบที่ (6,29) 91

7.12 แสดงผลการคำนวณของโปรแกรม AREA LIGHTING CALCULATION ณ. จุดเปรียบเทียบที่ (10,29) 92

7.13 แสดงผลการคำนวณของโปรแกรม LUMINAIRE OPTIMIZATION จำนวน 4 โคม 93

7.14 แสดงตำแหน่งของจุดเล็งของโคม 4 โคมจาก การคำนวณ AREA LIGHTING OPTIMIZATION 94

7.15 แสดงการแบ่งโซน และจุดเปรียบเทียบ ของการใช้งาน โปรแกรม LUMINAIRE OPTIMIZATION 95

7.16 แสดงผลการคำนวณโปรแกรม LUMINAIRE OPTIMIZATION 95

7.17 แสดงผลการคำนวณของโปรแกรม AREA LIGHTING CALCULATION จากข้อมูลในรูปที่ 7.16 97

7.18 แสดงลักษณะการติดตั้ง และจุดโคมฉาย ของการติดตั้งเสา 2 ต้น โคมฉาย 2 โคม 101

รูปที่ หน้าที่

7.19 แสดงผลการคำนวณโปรแกรม AREA LIGHTING OPTIMIZATION ของสนามเทนนิสในรูปที่ 7.18 101
7.20 แสดงลักษณะการติดตั้ง และจุดโคมฉาย ของการติดตั้งเสา 2 ต้น โคมฉาย 4 โคม 102
7.21 แสดงผลการคำนวณโปรแกรม AREA LIGHTING OPTIMIZATION ของสนามเทนนิสในรูปที่ 7.20 102
7.22 แสดงลักษณะการติดตั้ง และจุดโคมฉาย ของการติดตั้งเสา 4 ต้น โคมฉาย 4 โคม 103
7.23 แสดงผลการคำนวณโปรแกรม AREA LIGHTING OPTIMIZATION ของสนามเทนนิสในรูปที่ 7.22 103
ค.1 แสดงลักษณะที่ฐานของเสาไฟส่องสว่างพื้นที่ 115
ค.2 แสดงลักษณะที่ยอดเสาไฟส่องสว่างพื้นที่ 116
ง.1 แสดงการกำหนดค่ามุม C-ช ตามมาตรฐาน CIE 119
ง.2 แสดงการกำหนดค่ามุม H-V ตามมาตรฐาน CIE 119
ง.3 แสดงตัวอย่างการประมาณค่าโดยใช้ Quadratic Interpolation ของค่า I 121
ง.4 แสดงการใช้ Quadratic Interpolation ของ Curve A จากรูปที่ ง.3 121
ง.5 แสดงแผนผังขั้นตอนการคำนวณค่าความสว่างเฉลี่ย 123
จ.1 แสดงจอภาพ MAIN MENU เมื่อเริ่มใช้ โปรแกรม OPTI 136
จ.2 แสดงจอภาพเมื่อเลือก FILE OPERATION ที่ MAIN MENU 136
จ.3 แสดงจอภาพเมื่อเลือก DATA PATH NAME จาก FILE OPERATION 137

รูปที่ หน้าที่

จ.4 แสดงจอภาพเมื่อเลือก LUMINAIRE PATH NAME จาก FILE OPERATION 137
จ.5 แสดงจอภาพเมื่อเลือก LUMINAIRE TYPE จาก FILE OPERATION 138
จ.6 แสดงจอภาพเมื่อเลือก PRINT PORT จาก FILE OPERATION 138
จ.7 แสดงจอภาพเมื่อเลือก GENERAL CALCULATION ที่ MAIN MENU 139
จ.8 แสดงจอภาพที่จะใช้ป้อน Serail Number 139
จ.9 แสดงจอภาพเมื่อเลือก AREA LIGHTING CALCULATION จาก GENERAL CALCULATION MENU 140
จ.10 แสดงจอภาพเมื่อเลือก DESCRIPTION MENU จาก AERA LIGHTING CALCULATION 140
จ.11 แสดงจอภาพเมื่อเลือก AREA DESCRIPTION จาก DESCRIPTION MENU 141
จ.12 แสดงจอภาพเมื่อเลือก LUMINAIRE DESCRIPTION จาก DESCRIPTION MENU 141
จ.13 แสดงจอภาพเมื่อเลือก GEOMETRY OF LUMINAIRE จาก DESCRIPTION MENU 142
จ.14 แสดงจอภาพขณะทำการคำนวณ AREA LIGHTING CALCULATION 142
จ.15 แสดงจอภาพเมื่อเลือก DISPLAY DATA 143
จ.16 แสดงจอภาพเมื่อเลือก AREA LIGHTING OPTIMIZATION จาก GENERAL CALCULATION MENU 143
จ.17 แสดงจอภาพเมื่อเลือก DESCRIPTION MENU จาก AREA LIGHTING OPTIMIZATION 144

รูปที่ หน้าที่

จ.18 แสดงจอภาพเมื่อเลือก AREA DESCRIPTION
จาก DESCRIPTION MENU 144
จ.19 แสดงจอภาพเมื่อเลือก LUMINAIRE DESCRIPTION
จาก DESCRIPTION MENU 145
จ.20 แสดงจอภาพเมื่อเลือก GEOMETRY OF LUMINAIRE
จาก DESCRIPTION MENU 145
จ.21 แสดงจอภาพขณะทำการคำนวณ AREA LIGHTING
OPTIMIZATION 146
จ.22 แสดงจอภาพเมื่อเลือก LUMINAIRE OPTIMIZATION
จาก GENERAL CALCULATION MENU 146
จ.23 แสดงจอภาพเมื่อเลือก DESCRIPTION MENU
จาก LUMINAIRE OPTIMIZATION 147
จ.24 แสดงจอภาพเมื่อเลือก POLE DESCRIPTION
จาก DESCRIPTION MENU 147
จ.25 แสดงจอภาพเมื่อเลือก ZONE DESCRIPTION
จาก DESCRIPTION MENU 148
จ.26 แสดงจอภาพเมื่อเลือก LUMINAIRE DESCRIPTION
จาก DESCRIPTION MENU 148
จ.27 แสดงจอภาพขณะทำการคำนวณ
LUMINAIRE OPTIMIZATION 149
จ.28 แสดงจอภาพเมื่อเลือก DISPLAY DATA
ของ LUMINAIRE OPTIMIZATION 149
จ.29 แสดงจอภาพเมื่อเลือก INTENSITY TABLE
จาก MAIN MENU 150
จ.30 แสดงจอภาพเมื่อเลือก WRITE I-TABLE 150
จ.31 แสดงจอภาพเมื่อเลือก CORRECT I-TABLE 151

รูปที่ หน้าที่

จ.32 แสดงจอภาพเมื่อเลือก PRINT I-TABLE 151

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้าที่

2.1 แสดง ค่าความสว่างเฉลี่ย และค่าความสม่ำเสมอ ของความสว่าง ของพื้นที่ต่าง ๆ ตามมาตรฐาน CIE 6

2.2 แสดงการแบ่งประเภท โคมฉาย ตาม ความกว้างลำแสงของมาตรฐาน NEMA 12

ข.1 แสดงข้อมูลของหลอดไฟชนิดต่าง ๆ 113

หน้าสัญญลักษณ์

δ	=	มุมเล็งของโคมฉาย (องศา)
τ	=	มุมหันของโคมฉาย (องศา)
Φ_u	=	ปริมาณฟลักซ์การส่องสว่างของโคมฉาย ที่ตกลงบนพื้นที่ (ลูเมน)
Φ_b	=	ปริมาณฟลักซ์การส่องสว่างของหลอดไฟ (ลูเมน)
CU	=	สัมประสิทธิ์การใช้แสงของโคมฉาย
MF	=	แฟกเตอร์การบำรุงรักษา
E	=	ค่าความสว่างที่จุดคำนวณ (ลักซ์)
I	=	ค่าความเข้มแห่งการส่องสว่างของโคมฉาย (แคนเดลา)
θ_b	=	มุมตกกระทบ (องศา)
C	=	มุมของระนาบที่แบ่งตามแนวดิ่งของโคมฉาย (องศา)
θ	=	มุมของการกระจายแสงบนระนาบ C (องศา)
V	=	มุมของระนาบที่แบ่งตามแนวนอนของโคมฉาย (องศา)
H	=	มุมของการกระจายแสงบนระนาบ V (องศา)
Eav	=	ค่าความสว่างเฉลี่ยบนพื้นที่ (ลักซ์)
Eav_u	=	ค่าความสว่างเฉลี่ยที่ต้องการบนพื้นที่ออกแบบ (ลักซ์)
Eav_b	=	ค่าความสว่างเฉลี่ยที่ต้องการบนโซน (ลักซ์)
Emin	=	ค่าความสว่างต่ำสุดบนพื้นที่ (ลักซ์)
Emax	=	ค่าความสว่างสูงสุดบนพื้นที่ (ลักซ์)
U_o	=	ค่าความสม่ำเสมอของความสว่างทั้งหมด(Emin/Eav)
U_1	=	ค่าความสม่ำเสมอตามแนวยาว (Emin/Emax)
Ei	=	ค่าความสว่างที่จุดกึ่งกลางสี่เหลี่ยมจัตุรัส (ลักซ์)
$\underline{X}$	=	เวกเตอร์ออกแบบ
$f(\underline{X})$	=	ออปเจกทีฟฟังก์ชั่น

$w(\underline{X})$ = Auxiliary Function

$\underline{S}$ = เวกเตอร์ของทิศทางการเคลื่อนที่

Λ = ระยะทางในการเคลื่อนที่

α = ค่าคงที่ที่มากกว่าหนึ่ง ใช้คูณระยะทางในการเคลื่อนที่เมื่อการเคลื่อนที่ประสบความสำเร็จ

β = ค่าคงที่ที่น้อยกว่าหนึ่ง แต่มากกว่าศูนย์ ใช้คูณระยะทางในการเคลื่อนที่ เมื่อการเคลื่อนที่ล้มเหลว