สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ต้นแบบห้องปฏิบัติการทดสอบการกระจายความเข้มส่องสว่าง
(เครื่องโกนิโอโฟโตมิเตอร์)
ILLUMINATION LABORATORY DEMONSTRATE (GONIOPHOTOMETER)

T049880

นายกฤษณ์ สุทธิพงศ์คณาสัย
นายกานต์ ทองทับ
นายกิติศักดิ์ ลายประดิษฐกร
นายคชินทร์ ต้นตระกูล
นายกฤษฎา ศุภราชัยกุล
นายจักรพงศ์ ประสิทธิ์กุลไพศาล

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2545

เลขหมู่
เลขทะเบียน 49880
วัน,เดือน,ปี 2 มิ.ย. 2547
b
i

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้นแบบห้องปฏิบัติการทดสอบการกระจายความเข้มส่องสว่าง
(เครื่องโกนิโอโฟโตมิเตอร์)

ILLUMINATION LABORATORY DEMONSTRATE (GONIOPHOTOMETER)

โดย

นายกฤษณ์ สุทธิพงศ์ณาสัย

นายกิตติศักดิ์ ลายประดิษฐกร

นายกานต์ ทองทับ

นายคชินทร์ ต้นตระกูล

นายกฤษฎา ศุภราชัยกุล

นายจักรพงศ์ ประสิทธิ์กุลไพศาล

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ศุลี บรรจงจิตร

รศ.มณฑล ลีลาจินดาไกรฤกษ์

อาจารย์เชาว์ ชมภูอินไหว

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2545

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ต้นแบบห้องปฏิบัติการทดสอบการกระจายความเข้มส่องสว่าง (เครื่องโกนิโอโฟโตมิเตอร์)

ILLUMINATON LABORATORY DEMONSTRATE (GONIOPHOTOMETER)

ผู้จัดทำ

1. นายกฤษณ์ สุทธิพงศ์คณาสัย รหัส 42010006
2. นายกานต์ ทองทับ รหัส 42010014
3. นายกิติศักดิ์ ลายประดิษฐกร รหัส 42010026
4. นายคชินทร์ ต้นตระกูล รหัส 42010037
5. นายกฤษฎา ศุภราชัยกุล รหัส 42010048
6. นายจักรพงศ์ ประสิทธิ์กุลไพศาล รหัส 42010051

_____ อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ.ศุลี บรรจงจิตร)

_____ อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ.มณฑล ลีลาจินดาไกรฤกษ์)

_____ อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ชาว ชมภูอินไหว)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้นแบบห้องปฏิบัติการทดสอบการกระจายความเข้มส่องสว่าง (เครื่องโกนิโอโฟโตมิเตอร์)

นายกฤษณ์	สุทธิพงศ์คณาสัย	42010006
นายกานต์	ทองทับ	42010014
นายกิติศักดิ์	ลายประดิษฐกร	42010026
นายคชินทร์	ต้นตระกูล	42010037
นายกฤษฎา	ศุภราชัยกุล	42010048
นายจักรพงศ์	ประสิทธิ์กุลไพศาล	42010051

ร.ศ.สุลี	บรรจงจิตร	อาจารย์ที่ปรึกษา
ร.ศ.มณฑล	ลีลาจินดาไกรฤกษ์	อาจารย์ที่ปรึกษา
อาจารย์เชาว์	ชมภูอินไหว	อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2545

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็น การสร้างห้องทดสอบการกระจายความเข้มส่องสว่าง ศึกษาโกนิโอโฟโตมิเตอร์ประเภทต่างๆ การทดสอบดวงโคมภายใน ดวงโคมไฟถนน และดวงโคมฉาย โดยอ้างอิงตามมาตรฐาน CIE (Commission Internationale De L'Eclairge) NO. 70, 24, 43และ27 ตามลำดับ ศึกษาการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์และการใช้ PLC เพื่อควบคุมการทำงานของโกนิโอโฟโตมิเตอร์ให้สามารถทำกระบวนการทดสอบการกระจายความเข้มส่องสว่างแบบอัตโนมัติ และสามารถแสดงผลการทดสอบการกระจายความเข้มส่องสว่าง ตามมาตรฐานการเก็บข้อมูลการกระจายความเข้มส่องสว่าง IES (IES Standard Format Data Files;IES File) โดยใช้หลักการทำงานร่วมกันระหว่างโปรแกรมคอมพิวเตอร์กับ PLC (Programmable Logic Controller) โดยการเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับPLCใช้วิธีการสื่อสารแบบอนุกรม โปรแกรมคอมพิวเตอร์ทำหน้าที่รับเงื่อนไขและรายละเอียดการทดสอบจากผู้ใช้ และส่งข้อมูลไปที่PLC PLC ทำหน้าที่ควบคุมกระบวนการทดสอบ และส่งค่าการกระจายความเข้มส่องสว่างกลับไปที่โปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อแสดงผลการทดสอบการกระจายความเข้มส่องสว่างในรูปแบบ IES File

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ILLUMINATION LABORATORY DEMONSTRATE (GONIOPHOTOMETER)

Krit	Suttipongkanasai
Karn	Thongtub
Kitisak	Laipradidkorn
Kachin	Tontrakool
Kritsada	Suparachaigul
Jakkrapong	Prasitkulpaisan

Assoc.Prof. Sulee	Banjonggit	Adviser
Assoc.Prof. Monton	Leelajindakrilerk	Adviser
Lecturer Chow	Chomphoo-inwai	Adviser

2002

ABSTRACT

This project is the setting illumination laboratory demonstrate and the study of goniophotometers for testing luminous intensity of luminaires; interior luminaire, street light and floodlight. This testing is based on CIE standards ; NO.24, 27, 43, 70.Delphi and PLC (Programmable Logic Controller) are studied to control goniophotometer in auto- run mode for testing. The result of testing is shown in IES standard format data files. In this process, PLC and computer program communicate by serial communication. After the computer program get the input data of testing from user and send to PLC for controlling, the result of testing is sent by PLC to program computer for presenting.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้คงไม่อาจเสร็จได้ด้วยดี หากไม่ได้รับความช่วยเหลือ และร่วมมือจากหลาย ๆ ฝ่ายด้วยกัน อันประกอบไปด้วย

1. รศ. ศุลี บรรจงจิตร ร.ศ. มณฑล ลีลาจินดาไกรฤกษ์ และ อาจารย์ เชาว์ ชมภูอินไหว ที่คอยให้ความเอาใจใส่ ให้คำแนะนำ และช่วยเหลือเสมอมา
2. พี่ต้น พี่จุง นักศึกษาปริญญาโท ที่คอยช่วยเหลือ และให้คำปรึกษาต่างๆ มาตลอด
3. คุณสาโรจน์ กับความช่วยเหลือต่างๆทางด้าน Delphi
4. พี่อั๋น นักศึกษาปริญญาโทภาควิชาวัดคุม ที่ให้คำปรึกษาในเรื่อง PLC

และต้องขอขอบพระคุณบุคคลสำคัญที่สุดที่ทำให้พวกเรามีวันนี้ ก็คือ บิดา มารดา อันเป็นที่เคารพรักยิ่ง ซึ่งได้เลี้ยงดูพวกเรามาเป็นอย่างดี พร้อมทั้งให้โอกาสในการศึกษาอย่างเต็มที่ และยังให้กำลังใจ เอาใจใส่เสมอมา ในทุก ๆ ด้านอันหาที่เปรียบมิได้ พวกเราขอระลึกในพระคุณอันสุดประมาณ และขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญรูป VII

สารบัญตาราง XI

บทที่ 1 บทนำ

บทที่ 2 ทฤษฎีทางแสงและการวัดการกระจายความเข้มส่องสว่าง

2.1 ทฤษฎีทางแสง 3

2.1.1 คำนิยาม 3

2.1.2 ปริมาณที่สำคัญทางด้านการส่องสว่าง 7

2.1.3 กฎกำลังสองผกผัน 10

2.2 การวัดการกระจายความเข้มส่องสว่าง 12

2.2.1 หลักการวัดค่าความเข้มส่องสว่าง 12

2.2.2 ระนาบการวัด 14

2.2.3 เงื่อนไขการวัดทั่วไป 17

2.2.4 ความผิดพลาดแหล่งกำเนิดแสงและความแม่นยำในการวัด 21

2.2.5 รูปแบบมาตรฐานการเก็บข้อมูลการกระจายแสงของดวงโคม 24

บทที่ 3 เครื่องวัดการกระจายความเข้มส่องสว่างและข้อมูลทางแสงของดวงโคม

3.1 เครื่องวัดการกระจายความเข้มส่องสว่าง 28

3.1.1 คุณสมบัติของโกนิโอโฟโตมิเตอร์ 28

3.1.2 โกนิโอโฟโตมิเตอร์ที่อาศัยอุปกรณ์ช่วยในการหมุนแหล่งกำเนิดแสง 29

3.1.3 โกนิโอโฟโตมิเตอร์ที่อาศัยการเคลื่อนย้ายหัววัดความสว่าง 35

3.1.4 โกนิโอโฟโตมิเตอร์ที่อาศัยการหมุนของกระจก 38

3.1.5 การวัดมุม 39

3.1.6 โฟโตอิเล็กทรอนิคส์และกระบวนการจัดการข้อมูล 40

3.1.7 การปรับมาตรฐาน 41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

3.1.8 การปรับทางกลศาสตร์ 41

3.2 ข้อมูลของดวงโคม 43

3.2.1 ดวงโคมภายใน 43

3.2.1.1 ข้อกำหนดสำหรับการทดสอบ 43

3.2.1.2 ข้อมูลทางแสงของดวงโคมภายใน 47

3.2.2 ดวงโคมไฟถนน 51

3.2.2.1 ข้อกำหนดสำหรับการทดสอบ 52

3.2.2.2 ข้อมูลทางแสงของดวงโคมไฟถนน 56

3.2.3 ดวงโคมฉาย 62

3.2.3.1 ข้อกำหนดสำหรับการทดสอบ 62

3.2.3.2 ข้อมูลทางแสงของดวงโคมฉาย 64

บทที่ 4 เครื่องโกนิโอโฟโตมิเตอร์

4.1 เครื่องโกนิโอโฟโตมิเตอร์ที่อาศัยการเคลื่อนที่หัววัดความเข้มแสง 68

4.1.1 วัตถุประสงค์ในการสร้าง 68

4.1.2 โครงสร้างโกนิโอมิเตอร์ที่อาศัยการเคลื่อนที่หัววัดความเข้มแสง 68

4.1.3 ส่วนประกอบของเครื่องโกนิโอโฟโตมิเตอร์ที่อาศัยการเคลื่อนที่หัววัดความเข้มแสง 69

4.1.4 กระบวนการทำงานของเครื่องโกนิโอโฟโตมิเตอร์ที่อาศัยการเคลื่อนที่หัววัดความเข้มแสง 71

4.2 เครื่องโกนิโอโฟโตมิเตอร์ที่อาศัยการหมุนของกระจก 73

4.2.1 วัตถุประสงค์ในการสร้าง 73

4.2.2 ห้องทดสอบการกระจายความเข้มส่องสว่าง 73

4.2.3 โครงสร้างเครื่องโกนิโอโฟโตมิเตอร์ที่อาศัยการหมุนของกระจก 74

4.2.4 ส่วนประกอบของเครื่องโกนิโอโฟโตมิเตอร์ที่อาศัยการหมุนของกระจก 75

4.2.4.1 ส่วนประกอบทางโครงสร้าง 75

4.2.4.2 ส่วนควบคุมการทำงาน 76

4.2.5 กระบวนการทำงานของเครื่องโกนิโอโฟโตมิเตอร์ที่อาศัยการหมุนของกระจก 96

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 วิธีการทดสอบและเปรียบเทียบผลการทดสอบ

5.1 วิธีการทดสอบ 104

5.2 การเปรียบเทียบผลการทดสอบการกระจายความเข้มส่องสว่าง 110

5.3 สรุปผลการทดลอง 128

บทที่ 6 สรุป

ภาคผนวก

เอกสารอ้างอิง

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 ความสัมพันธ์ของปริมาณด้านการส่องสว่าง 9

รูปที่ 2.2 มุมตัน 10

รูปที่ 2.3 แสดงความเข้มแสง 11

รูปที่ 2.4 การวัดการกระจายความเข้มส่องสว่างของดวงโคม 13
โดยใช้หัววัดความเข้มแสงหัวเดียวเคลื่อนที่ได้

รูปที่ 2.5 การวัดการกระจายความเข้มส่องสว่างของดวงโคม 13
โดยใช้หัววัดความเข้มแสงหลายหัวติดตั้งอยู่กับที่

รูปที่ 2.6 การวัดการกระจายความเข้มส่องสว่างของดวงโคม 14
โดยกระจกเงาเคลื่อนที่ได้

รูปที่ 2.7 ระบบเพลน A 15

รูปที่ 2.8 ระบบเพลน B 15

รูปที่ 2.9 ระบบเพลน C 16

รูปที่ 3.1 โกนิโอโฟโตมิเตอร์ที่อาศัยอุปกรณ์ช่วยในการหมุนแหล่งกำเนิดแสง แบบที่ 1 30

รูปที่ 3.2 ตำแหน่งการวัดบนทรงกลมเสมือนรอบดวงโคมของโกนิโอโฟโตมิเตอร์ 30
ที่อาศัยอุปกรณ์ช่วยในการหมุนแหล่งกำเนิดแสง แบบที่ 1

รูปที่ 3.3 ค่ามุมเอียงของแต่ละระนาบและมุมในระนาบของโกนิโอโฟโตมิเตอร์ 31
ที่อาศัยอุปกรณ์ช่วยในการหมุนแหล่งกำเนิดแสง แบบที่ 1

รูปที่ 3.4 โกนิโอโฟโตมิเตอร์ที่อาศัยอุปกรณ์ช่วยในการหมุนแหล่งกำเนิดแสง แบบที่ 2 31

รูปที่ 3.5 ตำแหน่งการวัดบนทรงกลมเสมือนรอบดวงโคมของโกนิโอโฟโตมิเตอร์ 32
ที่อาศัยอุปกรณ์ช่วยในการหมุนแหล่งกำเนิดแสง แบบที่ 2

รูปที่ 3.6 ค่ามุมเอียงของแต่ละระนาบและมุมในระนาบของโกนิโอโฟโตมิเตอร์ 32
ที่อาศัยอุปกรณ์ช่วยในการหมุนแหล่งกำเนิดแสง แบบที่ 2

รูปที่ 3.7 โกนิโอโฟโตมิเตอร์ที่อาศัยอุปกรณ์ช่วยในการหมุนแหล่งกำเนิดแสง แบบที่ 3 33

รูปที่ 3.8 โกนิโอโฟโตมิเตอร์ที่อาศัยอุปกรณ์ช่วยในการหมุนแหล่งกำเนิดแสง แบบที่ 3 33

รูปที่ 3.9 ตำแหน่งการวัดบนทรงกลมเสมือนรอบดวงโคมของโกนิโอโฟโตมิเตอร์ 34
ที่อาศัยอุปกรณ์ช่วยในการหมุนแหล่งกำเนิดแสง แบบที่ 3

รูปที่ 3.10 ค่ามุมเอียงของแต่ละระนาบและมุมในระนาบของโกนิโอโฟโตมิเตอร์ 34
ที่อาศัยอุปกรณ์ช่วยในการหมุนแหล่งกำเนิดแสง แบบที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.11 โกนิโอโฟโตมิเตอร์ที่อาศัยการเคลื่อนย้ายหัววัดความสว่าง แบบที่ 1 หัววัดความสว่างถูกหมุนรอบแกนแนวดิ่ง 36

รูปที่ 3.12 โกนิโอโฟโตมิเตอร์ที่อาศัยการเคลื่อนย้ายหัววัดความสว่าง แบบที่ 1 หัววัดความสว่างเคลื่อนที่บนวงกลมรอบแหล่งกำเนิดโดยไม่มีเพลาทางกล 36

รูปที่ 3.13 โกนิโอโฟโตมิเตอร์ที่อาศัยการเคลื่อนย้ายหัววัดความสว่าง แบบที่ 2 37

รูปที่ 3.14 โกนิโอโฟโตมิเตอร์ที่อาศัยการเคลื่อนย้ายหัววัดความสว่าง แบบที่ 3 37

รูปที่ 3.15 โกนิโอโฟโตมิเตอร์ที่อาศัยการหมุนของกระจก(กระจกอยู่บนแกนออปติคอล) 38

รูปที่ 3.16 โกนิโอโฟโตมิเตอร์ที่อาศัยการหมุนของกระจก(หลอดอยู่บนแกนออปติคอล) 39

รูปที่ 3.17 ข้อมูลทางแสงของดวงโคมภายใน 47

รูปที่ 3.18 เส้นโค้งความเข้มส่องสว่าง 48

รูปที่ 3.19 ระนาบการวัดดวงโคมภายใน 48

รูปที่ 3.20 ความส่องสว่างในโซน 2 ดวงโคม จะทำให้เกิดแสงจ้าโดยตรง 50

รูปที่ 3.21 ระนาบและมุมที่วัดความส่องสว่าง 50

รูปที่ 3.22 แผนภาพเส้นโค้งจำกัดแสงจ้า 51

รูปที่ 3.23 ข้อมูลทางแสงของดวงโคมไฟถนน 56

รูปที่ 3.24 ระบบระนาบที่ใช้แสดงการกระจายความเข้มส่องสว่างของโคมไฟถนน 57

รูปที่ 3.25 การควบคุมการกระจายความเข้มส่องสว่างของโคมไฟถนน 57

รูปที่ 3.26 โพลาร์ไดอะแกรมของโคมไฟถนน 59

รูปที่ 3.27 ไอโซแคนเดลาไดอะแกรมของโคมไฟถนน 60

รูปที่ 3.28 แสดงการแบ่งดวงโคมออกเป็น 4 ส่วน 60

รูปที่ 3.29 เส้นโค้งความสว่างเท่า 61

รูปที่ 3.30 เส้นโค้งความส่องสว่างเท่า 61

รูปที่ 3.31 ข้อมูลทางแสงของดวงโคมฉาย 64

รูปที่ 3.32 การกระจายความเข้มส่องสว่างของดวงโคมฉายบน 4 ระนาบหลัก 65

รูปที่ 3.33 เส้นโค้งโพลาร์ของดวงโคมฉาย 66

รูปที่ 3.34 เส้นโค้งความเข้มแสงเท่าของดวงโคมฉาย 66

รูปที่ 4.1 โครงสร้างเครื่องโกนิโอโฟโตมิเตอร์ที่อาศัยการเคลื่อนที่หัววัดความเข้มแสง 68

รูปที่ 4.2 แขนจับยึดโคม 69

รูปที่ 4.3 โครงสร้างเครื่องโกนิโอโฟโตมิเตอร์ที่อาศัยการเคลื่อนที่หัววัดความเข้มแสง 69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.4 รางเลื่อนสำหรับติดหัววัดความเข้มแสง 70
รูปที่ 4.5 อุปกรณ์วัดความเข้มแสง 70
รูปที่ 4.6 โฟลชาร์ทการทำงานของเครื่องโกนิโอโฟโตมิเตอร์ที่อาศัยการเคลื่อนที่หัววัดความเข้มแสง 71
รูปที่ 4.7 มุมในแนวดิ่งของเครื่องโกนิโอโฟโตมิเตอร์ที่อาศัยการเคลื่อนที่หัววัดความเข้มแสง 72
รูปที่ 4.8 มุมในแนวระนาบของเครื่องโกนิโอโฟโตมิเตอร์ที่อาศัยการเคลื่อนที่หัววัดความเข้มแสง 72
รูปที่ 4.9 ภาพด้านบนห้องทดสอบการกระจายความเข้มส่องสว่าง 73
รูปที่ 4.10 ภาพด้านข้างห้องทดสอบการกระจายความส่องสว่าง 74
รูปที่ 4.11 โครงสร้างเครื่องโกนิโอโฟโตมิเตอร์ที่อาศัยการหมุนของกระจก 74
รูปที่ 4.12 ส่วนประกอบโกนิโอโฟโตมิเตอร์ที่อาศัยการหมุนของกระจก 75
รูปที่ 4.13 ภาพหน้าต่างการรับข้อมูลการทดสอบจากผู้ใช้งาน 76
รูปที่ 4.14 แสดงหน้าต่างรับข้อมูลการทดสอบ เมื่อพิจารณาการติดตั้งแบบมีมุมเงย(Tilt Angle) 77
รูปที่ 4.15 แสดงหน้าต่างรับข้อกำหนดการทดสอบ 77
รูปที่ 4.16 ข้อมูลการกระจายความส่องสว่างแบบ IES File 78
รูปที่ 4.17 โฟลชาร์ทแสดงกระบวนการแปลงค่าที่ได้จากผู้ใช้ 79
รูปที่ 4.18 โฟลชาร์ทแสดงขั้นตอนการส่งข้อกำหนดเกี่ยวกับการทดสอบต่างๆ ไปยัง PLC 80
รูปที่ 4.19 โฟลชาร์ทแสดงการตรวจสอบและบันทึกค่าความเข้มส่องสว่างที่ได้จากการทดสอบ 83
รูปที่ 4.20 โฟลชาร์ทแสดงกระบวนการทำงานของโปรแกรมควบคุมเครื่องโกนิโอโฟโตมิเตอร์ 86
รูปที่ 4.21 โมดูลต่าง ๆ ของ PLC 88
รูปที่ 4.22 ดิจิตอลอินพุตโมดูล 89
รูปที่ 4.23 อนาลอกอินพุตโมดูล 89
รูปที่ 4.24 การแปลงค่าสัญญาณทางอนาลอกเป็นเอาท์พุตทางดิจิตอล 90
รูปที่ 4.25 ไฮสปีดเคาท์เตอร์โมดูล 90
รูปที่ 4.26 การตรวจนับของไฮสปีดเคาท์เตอร์แบบ 2 เฟส 91
รูปที่ 4.27 ดิจิตอลเอาท์พุตโมดูลแบบรีเลย์ 91
รูปที่ 4.28 ดิจิตอลเอาท์พุตโมดูลแบบทรานซิสเตอร์ 92
รูปที่ 4.29 โมดูลเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ 93
รูปที่ 4.30 วัตต์ทรานส์ดิวเซอร์ 93
รูปที่ 4.31 อินเวอร์เตอร์ควบคุมการเคลื่อนที่กระจก 94
รูปที่ 4.32 วงจรกำลัง 95
รูปที่ 4.33 โฟลชาร์ทการทำงานของเครื่องโกนิโอโฟโตมิเตอร์ที่อาศัยการหมุนของกระจก 96

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.34 โฟลชาร์ทการทำงานในโหมดธรรมดา 97
รูปที่ 4.35 โฟลชาร์ทแสดงในส่วนการรับและกำหนดสภาวะการทำงานของ PLC 98
รูปที่ 4.36 โฟลชาร์ทการทำงานในโหมดอัตโนมัติ 99
รูปที่ 4.37 ภาพหน้าแรกของโปรแกรมควบคุมการทำงานโกนิโอโฟโตมิเตอร์ 100
รูปที่ 4.38 ข้อมูลการกระจายแสงในกรณี TILT ANGLE=INCLUDE 101
รูปที่ 4.39 การกรอกขอบเขตการวัดและข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องอื่นๆ 102
รูปที่ 4.40 ภาพข้อมูลการกระจายความเข้มส่องสว่างแบบ IES File 102

รูปที่ 5.1 โฟลชาร์ทแสดงกระบวนการทดสอบการกระจายความเข้มส่องสว่าง ด้วยเครื่องโกนิโอโฟโตมิเตอร์ที่อาศัยการเคลื่อนที่ของกระจก 105
รูปที่ 5.2 แสดงการกรอกข้อมูลการทดสอบ 106
รูปที่ 5.3 แสดงการเลือกช่วงการทดสอบในเพลน C และเพลน γ 107
รูปที่ 5.4 ข้อมูลการทดสอบในรูปแบบ IES File ที่ได้จากการทดสอบ ด้วยเครื่องโกนิโอโฟโตมิเตอร์ 108

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 ปริมาณที่สำคัญทางด้านการส่องสว่าง 9
ตารางที่ 2.2 สัญลักษณ์มุมที่มักจะใช้ในระบบเพลนต่างๆ 17
ตารางที่ 2.3 สมการแปลงค่าระหว่างเพลน 17

ตารางที่ 3.1 การจำแนกประเภทของดวงโคมตามระบบ CIE 49
ตารางที่ 3.2 การนำเสนอในรูปแบบตารางของโคมฉาย 67

ตารางที่ 4.1 เฟรมคำสั่ง settingangle 81
ตารางที่ 4.2 เฟรมคำสั่ง run 82
ตารางที่ 4.3 รูปแบบเฟรม wdetect ใช้สำหรับตรวจสอบตำแหน่ง Encoder 84
ตารางที่ 4.4 เฟรมตอบสนองการอ่านข้อมูล 84
ตารางที่ 4.5 เฟรมส่งสำหรับอ่านข้อมูลที่ใช้รับค่าความเข้มส่องสว่าง 85
ตารางที่ 4.6 เฟรมตอบสนองการอ่านข้อมูลใช้รับค่าความเข้มส่องสว่าง 85

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญ

วิศวกรรมการส่องสว่างเป็นหนึ่งในสาขาวิชาของวิศวกรรมไฟฟ้า โดยปัจจุบันได้มีการตระหนักและให้ความสำคัญกับวิศวกรรมการส่องสว่างมากขึ้น ศาสตร์ทางด้านการวิศวกรรมการส่องสว่างจะเป็นศาสตร์ที่ว่าด้วยเรื่องปริมาณของแสง เช่น การวิเคราะห์หาค่าความส่องสว่าง และความเข้มส่องสว่าง เพื่อนำไปประยุกต์ และวิเคราะห์ในการออกแบบระบบแสงสว่างในกรณีต่างๆ อาทิ การเลือกชนิดของหลอดและดวงโคม การหาจำนวนดวงโคม ตำแหน่งของการติดตั้ง เป็นต้น

ข้อมูลการกระจายความเข้มส่องสว่างของดวงโคมเป็นข้อมูลทางแสงที่สำคัญ เนื่องจากข้อมูลการกระจายความเข้มส่องสว่างจะถูกนำไปใช้ในการออกแบบระบบแสงสว่าง ดังนั้นการทดสอบการกระจายความเข้มส่องสว่างของดวงโคมจึงเป็นกระบวนการที่มีความสำคัญ เพราะมีผลต่อความถูกต้องในการออกแบบระบบแสงสว่าง ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องมีเครื่องวัดการกระจายความส่องสว่างที่มีความแม่นยำ และมีวิธีการทดสอบที่ถูกต้อง จึงมีการกำหนดมาตรฐานการทดสอบการกระจายความเข้มส่องสว่างขึ้นมา ซึ่งมาตรฐานการทดสอบ ที่ได้รับความเชื่อถือมาก มาตราฐานหนึ่งคือ มาตรฐาน CIE (Commission Internationale De L'Eclairge) ซึ่งจะระบุข้อกำหนดและวิธีการทดสอบการกระจายแสงของดวงโคมประเภทต่างๆ รวมถึงข้อกำหนดหรือเงื่อนไขของเครื่องโกนิโอโฟโตมิเตอร์ชนิดต่างๆ

กระบวนการในการทดสอบการกระจายความส่องสว่างที่มีความแม่นยำจำเป็นจะต้องใช้เครื่องโกนิโอโฟโตมิเตอร์ที่มีระบบการทำงานแบบอัตโนมัติ เนื่องจากสามารถป้อนคำสั่งครั้งเดียวหลังจากนั้นเครื่องจะดำเนินกระบวนการทดสอบเองทั้งหมด ทำให้สามารถป้องกันการเกิดการผิดพลาดในการทดสอบที่เกิดจากคน ซึ่งจะมีความแม่นยำในการอ่านค่า และสะดวกในการแสดงข้อมูลการทดสอบ

ดังนั้นเมื่อเรามีกระบวนการทดสอบการกระจายความเข้มส่องสว่างที่ถูกต้องตามมาตรฐาน และมีเครื่องมือวัดการกระจายความส่องสว่างที่แม่นยำ ทำให้ผลการทดสอบถูกต้อง เมื่อนำข้อมูลไปใช้ในการออกแบบระบบแสงสว่างก็จะถูกต้องตามไปด้วยเช่นกัน

วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1. ศึกษาการทดสอบการกระจายความเข้มส่องสว่างของดวงโคมประเภทต่างๆ จากมาตรฐาน CIE
2. ศึกษาการทำงานและการออกแบบเครื่องโกนิโอโฟโตมิเตอร์
3. สามารถทำการทดสอบการกระจายความเข้มส่องสว่างได้ถูกต้องตามมาตรฐานการทดสอบ
4. สามารถควบคุมการทำงานของโกนิโอโฟโตมิเตอร์แบบกระจกหมุนแบบอัตโนมัติ ได้โดยการรับค่าผ่านทางโปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้
5. สามารถแสดงผลการทดสอบการกระจายความเข้มส่องสว่างในรูปแบบการแสดงข้อมูลการกระจายแสงแบบ IES File ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขอบเขตโครงงาน

โครงงานนี้ศึกษาการควบคุมการทำงานของโกนิโอโฟโตมิเตอร์แบบกระจกหมุน ให้สามารถทำการทดสอบการกระจายความส่องสว่างของดวงโคมให้เป็นแบบอัตโนมัติได้ โดยใช้การทำงานร่วมกันระหว่างโปรแกรมคอมพิวเตอร์กับ PLC ซึ่ง PLC ทำหน้าที่ในส่วนการควบคุมการทำงานของโกนิโอโฟโตมิเตอร์ โดยรับข้อมูลสภาวะการทดสอบดวงโคมผ่านโปรแกรมคอมพิวเตอร์และสามารถแสดงผลการทดสอบการกระจายแสงอยู่ในรูปแบบ IES File ผ่านทางโปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถควบคุมกระบวนการทดสอบการกระจายความเข้มส่องสว่างของโกนิโอโฟโตมิเตอร์แบบกระจกหมุนในแบบอัตโนมัติได้
2. สามารถแสดงข้อมูลการกระจายความส่องสว่างในรูปแบบ IES File ได้
3. สามารถนำข้อมูลการกระจายแสงในรูปแบบ IES File ไปออกแบบระบบแสงสว่างได้
4. มีความสะดวกในการใช้งานเนื่องจากระบบทุกอย่างเป็นระบบอัตโนมัติ
5. สามารถเปรียบเทียบค่าการกระจายความเข้มแสงของผู้ผลิตดวงโคมว่าเป็นไปตามที่ต้องการหรือไม่

การดำเนินงาน

ในโครงงานนี้เริ่มจากการศึกษาทฤษฎีพื้นฐานต่างๆที่เกี่ยวข้องกับโครงงานนี้ คือ ทฤษฎีการกระจายความเข้มส่องสว่างของโคมชนิดต่างๆ ซึ่งในโครงงานนี้จะกล่าวถึงทฤษฎี การกระจายความเข้มส่องสว่างของ ดวงโคมภายใน(Interior Light) ดวงโคมไฟถนน(Street Light) ดวงโคมฉาย(Flood Light) ลักษณะการกระจายความเข้มส่องสว่าง มาตรฐานการวัดการกระจายความเข้มส่องสว่าง โครงสร้างและหลักการทำงานของเครื่องโกนิโอโฟโตมิเตอร์แบบกระจกหมุน รวมถึงรูปแบบการแสดงผลการกระจายความเข้มส่องสว่างของโคมในรูปแบบ IES File ซึ่งมีรายละเอียดอยู่ในบทที่ 2 และ 3 ตามลำดับ ซึ่งส่วนที่กล่าวมานี้เป็นส่วนของทฤษฎีทางแสงโครงสร้าง

จากนั้นก็เป็นส่วนการทำงานของเครื่องโกนิโอโฟโตมิเตอร์แบบกระจกหมุน โดยจะเป็นการทำงานร่วมกันระหว่างโปรแกรมคอมพิวเตอร์กับ PLC โดย PLC จะทำงานเป็นส่วนการควบคุมการทำงานหลักของเครื่องโกนิโอโฟโตมิเตอร์ โดยส่วนโปรแกรมคอมพิวเตอร์นี้จะทำหน้าที่ในส่วนรับสภาวะการทำงานและส่วนการแสดงผล ซึ่งรายละเอียดได้แสดงไว้ในบทที่ 4

ส่วนต่อมาก็คือส่วนของวิธีการทดสอบและผลการทดสอบ จะอธิบายถึงการทดสอบและการแสดงผลในรูปแบบ IES File ดังแสดงรายละเอียดไว้ในบทที่ 5 และส่วนสุดท้ายเป็นส่วนของการสรุปและข้อแนะนำเกี่ยวกับโครงงานนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่2
ทฤษฎีทางแสงและการวัดการกระจายความเข้มส่องสว่าง

เนื้อหาในบทนี้สามารถแบ่งได้เป็น 2 ส่วน ส่วนแรกจะเป็นทฤษฎีทางแสงเบื้องต้น ได้แก่ ทฤษฎีการวัดการกระจายความเข้มส่องสว่างซึ่งจะประกอบไปด้วยคำศัพท์ต่างๆ ทางแสงที่เกี่ยวข้อง และกฎการคำนวณ ต่อมาในส่วนที่สองจะเกี่ยวกับการวัดทางแสง ซึ่งจะกล่าวถึงหลักการวัดความเข้มส่องสว่าง องค์ประกอบต่างๆของการวัด ระนาบในการวัด ชนิดของเครื่องวัด โฟโตอิเล็กทรอนิกและกระบวนการจัดการข้อมูลในรูปแบบ IES files เป็นต้น ในการวัดการกระจายความเข้มส่องสว่างของโคมแต่ละชนิดจะต้องใช้อุปกรณ์และวิธีการวัดที่แตกต่างกัน ซึ่งมีปัจจัยหลายอย่างเป็นตัวกำหนดเงื่อนไขสำหรับการวัด และสาเหตุของความคลาดเคลื่อนที่จะเกิดขึ้นได้อื่นๆ เพื่อให้ค่าที่ได้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด

2.1 ทฤษฎีทางแสง

เนื้อหาในส่วนทฤษฎีนี้จะกล่าวถึงคำนิยามต่างๆที่เกี่ยวข้อง ปริมาณที่สำคัญทางด้านการส่องสว่าง และกฎกำลังสองผกผันซึ่งเป็นกฎที่ใช้หาค่าการกระจายความเข้มส่องสว่าง

2.1.1 คำนิยาม

ก่อนที่เราจะทำการศึกษาเกี่ยวกับกฎการคำนวนต่างๆทางแสงนั้น เราจำเป็นที่ต้องทำความเข้าใจเกี่ยวกับคำนิยามต่างๆที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้เป็นที่เข้าใจความหมายตรงกัน ดังนี้

- Acceptance area

พื้นที่ที่ยอมรับได้ คือ พื้นที่ของส่วนหัววัดความเข้มแสงที่รับแสงโดยตรงและประมวลค่าโดยตรง

- Auxiliary axis

แกนที่อยู่ในจุดตรงกลางการวัดทางแสง โดยตั้งฉากกับแกนอ้างอิง โดยเชื่อมกับดวงโคม และนิยามด้วยการอ้างอิงลักษณะทางกล

หมายเหตุ : แกนช่วยถูกใช้ร่วมกับแกนอ้างอิงสำหรับนิยามการวางตัวของดวงโคม ในที่ว่างด้วยลักษณะเป็นมุมฉากของดวงโคม ใช้กับระยะทางตามแนวยาวหรือด้วยลักษณะเป็นมุมฉากของดวงโคม ใช้กับระยะทางตามแนวยาวหรือแกนตัดขวางของแสงในส่วนที่ผ่านในแนวระนาบแกนช่วยของแสงที่ตรงกับระนาบแนวราบ สำหรับความสมมาตรตามการหมุนของดวงโคม การเลือกแกนช่วยอาจขึ้นอยู่กับการกำหนดทิศทางของแหล่งกำเนิดแสง

- Direction method of photometric measurment

ในวิธีนี้ทั้งหลอดและโฟโตมิเตอร์ ต้องปรับให้ได้มาตรฐานโดยตรงหรือโดยอ้อมต่อมาตรฐานของหลอดซึ่งรวมถึงฟลักซ์การส่องสว่างหรือความเข้มแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **Distribution of luminous intensity**

การเปลี่ยนแปลงของความเข้มแสงแสดงด้วยการอ้างอิงทุกทิศทางจากแกนอ้างอิง การกระจายความเข้มแสงอาจแสดงได้ในรูปแบบของตารางหรือในลักษณะของโพลาร์เคิร์ฟ ถ้าไม่ได้กำหนดเป็นอย่างอื่นการกระจายความเข้มแสงถูกนิยามว่า การวัดด้วยแกนอ้างอิงและแกนช่วยในระนาบแนวราบ ความเข้มแสงจะถูกกำหนดเป็นผลรวมฟลักซ์การส่องสว่างทั้งหมด 1000 ลูเมนจากทุกหลอดใน ดวงโคมเมื่อทำงานภายใต้ สภาวะมาตรฐาน

หมายเหตุ : 1. การกระจายความเข้มแสงของดวงโคม เหมาะสมกับชนิดที่แน่นอนของแหล่งกำเนิดแสงที่ขึ้นอยู่กับการปรับทิศทางในที่ว่างของดวงโคม สำหรับกรณีของหลอดแบบการเกิดบนหลอดสามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของการกระจายแสง ตลอดการอาจเกิดการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญในค่าความเข้มสูงสุดทิศทางของตัวมัน ถ้าดวงโคมถูกออกแบบให้ใช้งานในการปรับทิศทางมากกว่านั้นด้วยแกนอ้างอิงแนวระดับควรจะถูกวัดในทิศทางการหมุนนั้น ในกรณีนี้ผู้ผลิตจะกำหนดทิศทางของแกนอ้างอิงที่นำมาตรวจวัด

2. สำหรับดวงโคมในการเป็นแหล่งกำเนิดแสงไม่สามารถแยกจากระบบ เช่น การกระจายความเข้มแสงที่ระบุสำหรับ 1000 ลูเมน

- **Goniophotometer**

โกนิโอโฟโตมิเตอร์ เป็นโฟโตมิเตอร์ชนิดหนึ่งที่ใช้วัดปริมาณการส่องสว่างตามมุม

หมายเหตุ : โกนิโอโฟโตมิเตอร์สำหรับการวัดการกระจายความเข้มส่องสว่างในอากาศ เรียกอีกอย่างว่าโฟโตมิเตอร์การกระจายความเข้มส่องสว่าง

โกนิโอโฟโตมิเตอร์สำหรับวัดการกระจายความเข้มส่องสว่างในอากาศประกอบด้วย อุปกรณ์ทางกลเป็นส่วนประกอบในการกำหนดตำแหน่งของแหล่งกำเนิด ส่วนหัววัดความเข้มแสง หรือส่วนหัววัดความเข้มแสงที่มีตัวแปลงพลังงาน และอุปกรณ์ที่ให้ข้อมูลสำหรับการศึกษาและกระบวนการทำงาน

- **Half - peak side angle** (in a specified plane through the maximum intensity)

มุมระหว่างทิศที่มีค่าความเข้มส่องสว่างสูงสุด และทิศที่ดวงโคมมีค่าความเข้มส่องสว่างเกิน 50 เปอร์เซ็นต์ ของค่าสูงสุดที่วัด

- **Inner beam of a floodlight**

มุมเชิงของแข็งในทุกทิศทางของความเข้มแสงมากกว่าหรือเท่ากับ 50 ของความเข้มแสงสูงสุด

- **Isocandela diagram**

แผนภาพความเข้มแสงเท่า คือ ตารางของเส้นโค้งความเข้มแสงเท่า ซึ่งเป็นเส้นโค้งที่วัดบนทรงกลมจินตภาพที่มีแหล่งกำเนิดแสงอยู่ตรงกลาง และเป็นการรวมจุดทุกจุดในทิศทางเหล่านั้นที่ความเข้มส่องสว่างเท่ากันหรือเงาฉายเพลนของเส้นโค้งนั้น

- **Light output ratio**

อัตราส่วนแสงเอาท์พุทต์ นิยามว่า ค่าอัตราส่วนของแสงเอาท์พุทต์ของโคมที่วัดภายใต้ข้อกำหนดทางปฏิบัติเทียบกับผลรวมของแสงเอาท์พุทต์ของหลอดแต่ละหลอด ที่ใช้งานภายนอกโคมภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **Limiting photometric distance**

ขอบเขตระยะทางของความเข้มแสง คือ ระยะทางที่น้อยที่สุดระหว่างแหล่งกำเนิดแสงกับหัววัดความเข้มแสงที่ยอมรับได้ ซึ่งค่าความคลาดเคลื่อนที่วัดได้ต้องน้อยกว่าค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้

- **Luminous intensity distribution curve**

เส้นโค้งการกระจายความเข้มส่องสว่าง (ในกรณีโคมหรือหลอด) คือ เส้นโค้งแสดงความเข้มส่องสว่างในเพลนที่แหล่งกำเนิดแสงส่องผ่านโดยธรรมดาจะอยู่ในรูปเชิงขั้ว ในเพลนที่วัดจะประกอบด้วยมุมต่างๆ ที่วัดจากทิศทางที่กำหนดมาให้

หมายเหตุ : a) เมื่อแหล่งกำเนิดมีการกระจายความเข้มส่องสว่างแบบสมมาตรมักจะมีเส้นโค้งการกระจายความเข้มส่องสว่างเพลนเดียว

b) เมื่อทิศทางที่อ้างอิงคือแนวดิ่ง มุมจะเริ่มวัดจากข้างล่างตามแนวดิ่งขึ้นมา

- **Measurement per 1000 lamp lumens**

การวัดค่าทางแสงของโคมจะต้องแปลงให้อยู่ในรูปของผลรวมของฟลักซ์ของการส่องสว่างต่อ 1000 ลูเมน จากทุกหลอดในโคม เมื่อพิจารณาภายใต้สภาวะการทดสอบมาตรฐาน

- **One half peak divergence** (in a specified plane through the maximum intensity)

ขอบเขตเชิงมุมของลำแสงซึ่งอยู่ในทุกเวคเตอร์ของเส้นโค้งโพลาร์ของความเข้มส่องสว่างในระนาบที่ระบุจะมีความยาวมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ของค่าสูงสุด

- **Optical output ratio**

อัตราส่วนแสงเอาท์พุทต์ นิยามว่าค่าอัตราส่วนของแสงเอาท์พุทต์ของโคม ที่วัดภายใต้ข้อ กำหนดทางปฏิบัติเทียบกับผลรวมของแสงเอาท์พุตของหลอดแต่ละหลอดที่ใช้งานภายนอกโคมภายนอก

หมายเหตุ : Optical output ratio แสดงถึง คุณสมบัติจริงๆของการดูดซับแสงของโคมและที่มุมองศาที่มีค่าสูง มีผลต่อความเปลี่ยนแปลงของตัวคูณ ซึ่งอัตราส่วนแสงเอาท์พุทต์ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของบรรยากาศ ตำแหน่งที่ติดตั้งโคม ลักษณะของบัลลาสต์

- **Outer beam of a floodlight**

มุมเชิงของแข็งในทุกทิศทางของความเข้มแสงมากกว่าหรือเท่ากับ 10 ของความเข้มแสงสูงสุด

- **Photometer**

โฟโตมิเตอร์ เป็นเครื่องมือวัดสำหรับการวัดปริมาณการส่องสว่าง

หมายเหตุ : ปริมาณทางแสงเป็นปริมาณที่ได้รับจากปริมาณการกระจาย

- **Photometric centre**

จุดศูนย์กลางความเข้มแสง คือ จุดอ้างอิงตามกฎระยะทางของความเข้มแสง(The Photometric distance law)ที่ระบุไว้สำหรับหลอดไฟ จุดศูนย์กลางความเข้มแสงเหมือนกับจุดศูนย์กลางของน้ำหนักของพื้นที่ที่เปล่งแสง สำหรับหลอดไฟที่มีตัวสะท้อนจุดศูนย์กลางความเข้มแสง จะอยู่ที่จุดศูนย์กลางของช่องที่ ปล่อยแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **Photometric head**

หัววัดความเข้มแสง ประกอบด้วยตัวตรวจจับแสงความไวสูงและอุปกรณ์อื่นๆสำหรับการหาค่าทางสเปกตรัมหรือการกระจายสเปกตรัมของแสง ซึ่งอาจจะมีอุปกรณ์อำนวยความสะดวกสำหรับหาค่าของแสงได้โดยตรงด้วย ตัวตรวจจับแสงความไวสูงจะเปลี่ยนปริมาณทางแสงไปเป็นพลังงานทางไฟฟ้า

- **Photometric light centre**

จุดตัดของแกนอ้างอิงด้วยการติดกระจกด้านหน้า หรือพื้นที่ปล่อยแสงในระนาบของช่องด้านหน้าของดวงโคม

- **Reference axis**

แกนที่ใช้วัดในทางแสง จะอ้างอิง ทิศทางให้สัมพันธ์กับการใช้งานทางแสงตามการใช้งานของดวงโคม

หมายเหตุ : โดยส่วนมากแกนที่อ้างอิงจะเลือกจากแกนที่สมมาตรของดวงโคม ในทุกกรณีของการหาเอกลักษณ์ของแกนอ้างอิง จะต้องนิยามให้ชัดเจนจากผู้ผลิตหรือจากห้องทดลอง

- **Relative method of photometric measurement**

ฟลักซ์การส่องสว่างของหลอดที่ใช้สำหรับทดสอบ การวัดค่าความเข้มในรูปแบบของหน่วยตามแต่ความเหมาะสมในการอ่านค่าทางแสง

- **Service correction factor**

ค่าชดเชยถูกนำมาใช้เพื่อเปลี่ยนค่าการกระจายความเข้มแสงที่วัดได้ภายใต้สภาวะการทดลอง ทำให้ได้ค่าที่เกิดขึ้นจริงในทางปฏิบัติ ค่าชดเชยมีความเหมาะสมเฉพาะถ้าสภาวะที่ใช้ในทางปฏิบัติทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของฟลักซ์ส่องสว่าง โดยปราศจากที่เวลาเดียวกันที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในรูปร่างของการกระจายแสง เช่น การใช้งานทางปฏิบัติมีการปรับทิศทางการวัดเป็นแบบอื่น หรืออุณหภูมิ บรรยากาศเปลี่ยนแปลงมากกว่าที่ระบุบนมาตรฐานสภาวะการทดสอบ

- **Stray light**

แสงที่หักเห คือ ส่วนของฟลักซ์ส่องสว่างที่ไม่ได้พุ่งเข้าหาโดยตรงและไม่สามารถหาค่าได้โดยตรงจากพื้นวัดของหัววัดความเข้มแสง

- **Surface of luminous intensity distribution**

พื้นผิวของการกระจายความเข้มส่องสว่าง คือ พื้นผิวที่ประกอบด้วยปลายของเวกเตอร์ตามแนวรัศมีทั้งหมดโดยมีจุดศูนย์กลางแหล่งกำเนิดร่วมกัน ความยาวของเวกเตอร์แต่ละเวกเตอร์เป็นสัดส่วนกับความเข้มส่องสว่างของแหล่งกำเนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 ปริมาณที่สำคัญทางด้านการส่องสว่าง

ปริมาณที่สำคัญที่ถือว่าเป็นหัวใจทางด้านการส่องสว่างที่จะกล่าวในนี้มี 5 ชนิด ประกอบด้วย

- ความเข้มส่องสว่าง
- ความเข้มแสง
- ความส่องสว่าง
- ฟลักซ์ส่องสว่าง
- มุมตัน

ความเข้มส่องสว่าง

ความเข้มส่องสว่าง(Luminous Intensity; I) ของแหล่งกำเนิดแสงในทิศทางที่กำหนดมาให้ คือ อัตราส่วนของฟลักซ์ส่องสว่างย่อย($d\varphi$) ที่ออกมาจากแหล่งกำเนิดแพร่กระจายไปยังมุมเชิงของแข็งย่อยที่กำหนดมาให้ต่อมุมเชิงของแข็ง ดังสมการ (2.1)

$$I = \frac{d\varphi}{d\Omega} \tag{2.1}$$

สัญลักษณ์ : I, I_v

หน่วย : candela (แคนเดลา) [สัญลักษณ์ :cd]

โดย

I = ความเข้มส่องสว่าง

$d\varphi$ = ฟลักซ์ส่องสว่างย่อย

$d\Omega$ = มุมเชิงของแข็งย่อย

ความเข้มแสง

ความเข้มแสง(Illuminance; E) ที่จุดใดจุดหนึ่งบนพื้นผิว คือ อัตราส่วนของฟลักซ์ส่องสว่าง($d\varphi$) ที่พุ่งไปที่พื้นผิวย่อย(dA) ต่อพื้นที่นั้นย่อย ดังสมการ (2.2)

$$E = \frac{d\varphi}{dA} \tag{2.2}$$

สัญลักษณ์ : E, E_v

หน่วย : lux (ลักซ์) [สัญลักษณ์ :lx]

foot candle (ฟุตแคนเดิล) [สัญลักษณ์ : fc]

โดย

E = ความเข้มแสง

$d\varphi$ = ฟลักซ์ส่องสว่างย่อย

dA = พื้นที่ผิวย่อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความส่องสว่าง

ความส่องสว่าง(Luminance; L) ที่จุดใดจุดหนึ่งบนพื้นผิวของแหล่งกำเนิดแสงหรือตัวรับแสงในทิศทางที่กำหนดให้ หรือจุดที่อยู่ในเส้นทางของแสง คือ อัตราส่วนระหว่างฟลักซ์ส่องสว่าง($d^2\varphi$) ที่ออกหรือเข้ามา หรือส่องผ่านพื้นผิวย่อย(dA) ที่จุดนั้น และแพร่กระจายในทิศทางที่กำหนดให้ ต่อส่วนย่อยของกรวย($d\Omega$) ตามทิศทางที่กำหนดมาให้ ต่อผลของมุมเชิงของแข็งของรูปกรวยต่อพื้นที่ของการฉายเงาโดยตรงของพื้นผิวย่อยบนระนาบตั้งฉากในทิศทางที่กำหนดมาให้ ดังสมการ (2.3)

$$L = \frac{d^2\varphi}{d\Omega \cdot dA \cdot \cos\varepsilon} \tag{2.3}$$

สัญลักษณ์ : L, L_v

หน่วย : แคนเดลาต่อตารางเมตร [สัญลักษณ์ : cd / m^2]

ฟลักซ์การส่องสว่าง

ฟลักซ์การส่องสว่าง(Luminous Flux; φ) คือ พลังงานแสงที่แผ่ออกมาจากแหล่งกำเนิดแสงต่อหน่วยเวลา ดังสมการ (2.4)

$$\varphi = \frac{dQ}{dt} \tag{2.4}$$

สัญลักษณ์ : φ, φ_v

หน่วย : lumen (ลูเมน) [สัญลักษณ์ : lm]

โดย

Q = พลังงานแสงสว่าง

t = เวลา

มุมตัน

มุมตัน(Solid Angle; ω) คือ อัตราส่วนของพื้นที่ผิวทรงกลม (A_m) ต่อ รัศมีของทรงกลม (r) ยกกำลังสอง ดังสมการ (2.5)

$$\omega = \frac{A_m}{r^2} \tag{2.5}$$

สัญลักษณ์ : ω

หน่วย : steradian (สเตอเรเดียน) [สัญลักษณ์ : sr]

โดย

A_m = พื้นที่ผิวทรงกลม

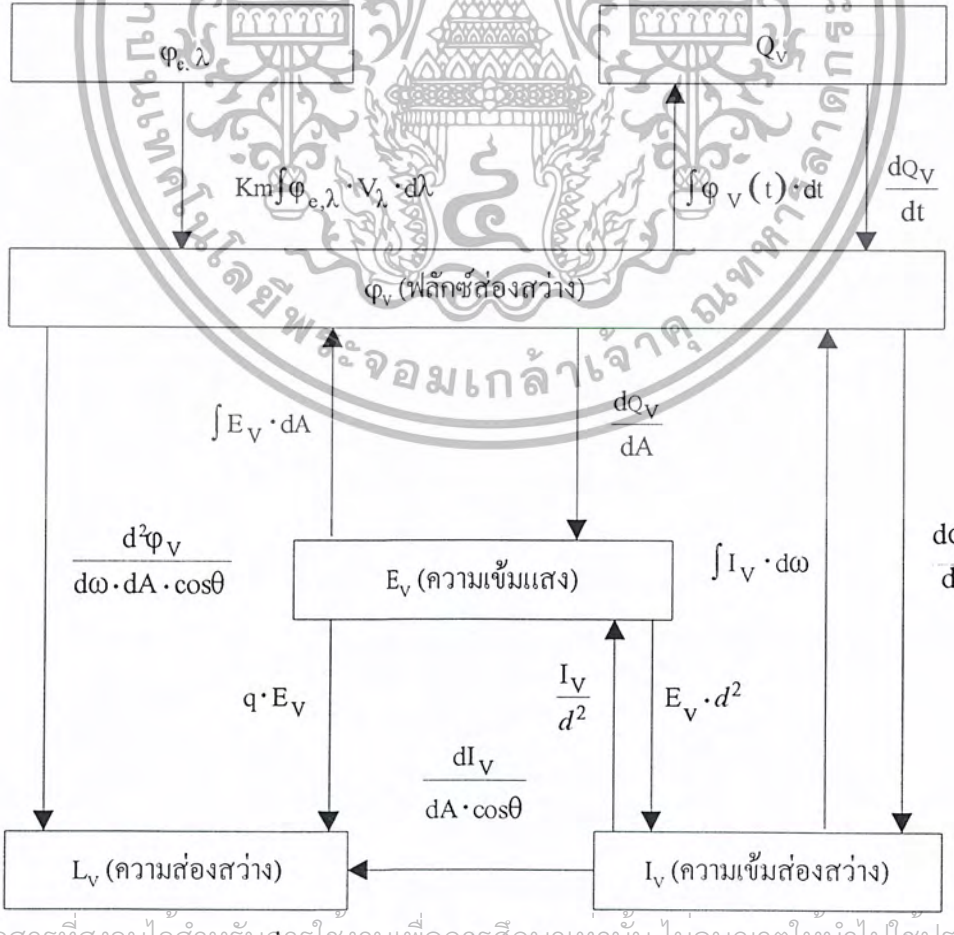
r = รัศมีทรงกลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณทั้ง 5 ชนิดนี้มี สัญลักษณ์ นิยาม และหน่วยที่ใช้ในการวัด ดังแสดงในตารางที่ 2.1 โดยมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันดังแสดงในรูปที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ปริมาณที่สำคัญทางด้านการส่องสว่าง

ปริมาณ	สัญลักษณ์	นิยาม	หน่วยวัด
1. ความเข้มส่องสว่าง	I_v	$I_V = \frac{d\varphi_V}{d\omega}$	แคนเดลา cd (candela)
2. ความเข้มแสง	E_v	$E_V = \frac{d\varphi_V}{dA}$	ลักซ์ lx (lux)
3. ความส่องสว่าง	L_v	$L_V = \frac{d^2\varphi_V}{d\omega \cdot dA \cdot \cos\theta}$	แคนเดลาต่อตารางเมตร cd/m^2
4. ฟลักซ์ส่องสว่าง	φ_v	$\varphi_V = \frac{dQ_V}{dt}$	ลูเมน lm (lumen)
5. มุมตัน	ω	$\omega = \frac{A}{r^2}$	สเตอเรเดียน sr (steradian)



รูปที่ 2.1 ความสัมพันธ์ของปริมาณด้านการส่องสว่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 กฎกำลังสองผกผัน

การคำนวณค่าทางแสงนั้นเป็นการแปลงค่าทางแสงใดๆ ไปเป็นการแสดงค่าอีกค่าหนึ่งโดยในการคำนวณค่านั้นๆ จะต่างกันที่ปัจจัยต่างๆที่คำนึง หรือให้ความสำคัญ ดังนั้นเนื้อหาในส่วนนี้จะได้กล่าวถึงการคำนวณค่าทางแสงที่จำเป็นต้องแสดงเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบคุณสมบัติของโคมแต่ละชนิด

กฎกำลังสองผกผันเป็นกฎที่มีการนำไปประยุกต์ใช้ในการคำนวณทางวิศวกรรมการส่องสว่างมาก เนื่องจากเป็นกฎที่ใช้คำนวณหาค่าความเข้มแสงที่จุดใดจุดหนึ่งที่ต้องการทราบค่าความเข้มแสง

จากนิยามของความเข้มแสง(Illuminance; E) ที่ว่าความเข้มแสงคือความหนาแน่นฟลักซ์ส่องสว่าง (Luminous Flux; φ) ที่ตกกระทบลงบนพื้นผิวใดๆ นั่นคือ ฟลักซ์ส่องสว่างหารด้วยพื้นที่ของพื้นผิวที่ถูกส่องสว่างอย่างสม่ำเสมอ เขียนได้ดังสมการ

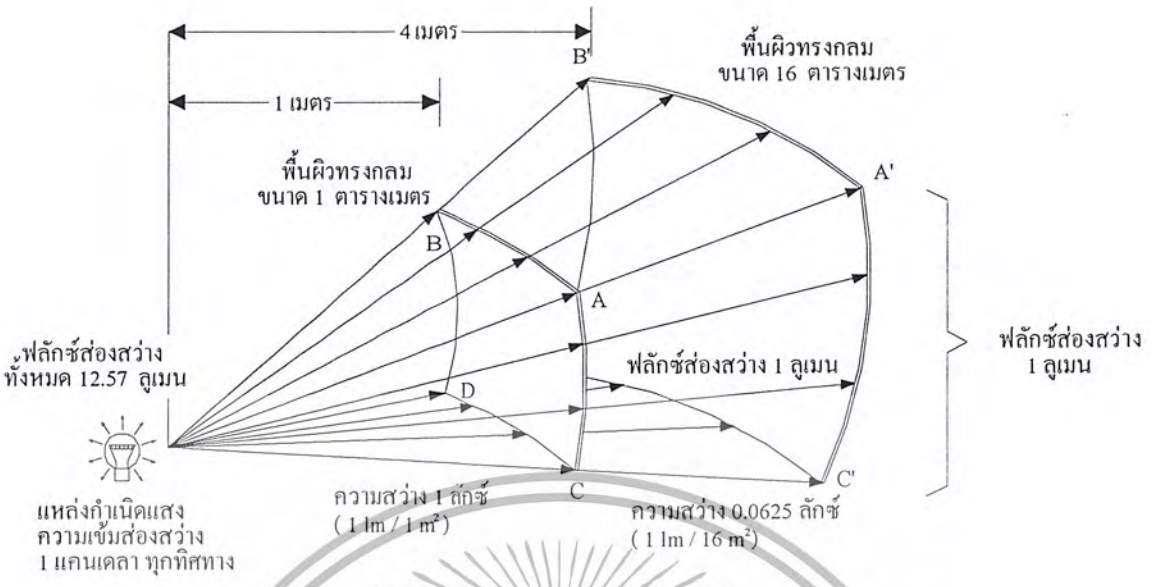
$$E = \frac{d\varphi}{dA} \tag{2.6}$$

รูปที่ 2.2 มุมตัน

รูปที่ 2.2 ให้แหล่งกำเนิดแสงที่ศูนย์กลางของทรงกลมจินตภาพขนาดรัศมี 1 เมตร มีการกระจายความเข้มส่องสว่างอย่างสม่ำเสมอในทุกทิศทางขนาด 1 แคนเดลา ความเข้มส่องสว่างจากแหล่งกำเนิดแสงนี้จะตกตั้งฉากกับพื้นผิวด้านในของทรงกลมจินตภาพทุกจุด ให้ ABCD เป็นพื้นผิวของทรงกลมจินตภาพ มี ขนาด 1 ตารางเมตร จากนิยามของมุมตัน พบว่ามุมตันของพื้นผิว ABCD จะมีขนาด 1 สเตอเรเดียน และจากนิยามของฟลักซ์ส่องสว่าง จะได้ว่าฟลักซ์ส่องสว่างที่ตกกระทบบนพื้นผิว ABCD จะมีขนาด 1 ลูเมน(1 แคนเดลา x 1 สเตอเรเดียน) เนื่องจากมุมตันของทรงกลมตันมีขนาด 4 π ลูเมน หรือ 12.57 ลูเมน

จากสมการที่ 2.6 จะได้ความเข้มแสงบนพื้นผิว ABCD มีค่า 1 ลักซ์ ซึ่งเกิดจากฟลักซ์ส่องสว่าง 1 ลูเมน หารด้วยพื้นที่ 1 ตารางเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 แสดงความเข้มแสง

ถ้าเราขยายทรงกลมจินตภาพให้มีขนาดโตขึ้นจากเดิม เช่น เพิ่มรัศมีจาก 1 เมตร เป็น 4 เมตร ดังแสดงในรูปที่ พื้นผิว ABCD ของทรงกลมก็จะมีขนาดโตขึ้นด้วยเป็น A'B'C'D' เนื่องจากมุมตันของพื้นผิว A'B'C'D' ยังมีขนาดเท่าเดิมคือ 1 สเตอเรเดียน แต่รัศมีของทรงกลมกลายเป็น 4 เมตร ดังนั้นพื้นที่ของพื้นผิว A'B'C'D' จะมีขนาดกลายเป็น16 ตารางเมตร เพราะมุมตันยังมีขนาด 1 สเตอเรเดียนเท่าเดิม ฟลักซ์ส่องสว่างที่จะตกกระทบบนพื้นผิว A'B'C'D' ก็ยังคงมีขนาด 1 ลูเมนเท่าเดิม ดังนั้นความเข้มแสงบนพื้นผิว A'B'C'D' ใหม่จะลดลงเหลือเพียง 0.0625 ลักซ์เท่านั้น

จากสมการที่ 2.6 และจากนิยามของฟลักซ์ส่องสว่าง

$$d\varphi = I \cdot d\omega \tag{2.7}$$

และจากนิยามของมุมตัน

$$d\omega = \frac{dA}{r^2} \tag{2.8}$$

จะได้

$$E = \frac{d\varphi}{dA} = \frac{Id\omega}{dA} = \frac{IdA}{r^2 dA} \tag{2.9}$$

$$E = \frac{I}{r^2} = \frac{I}{d^2} \tag{2.10}$$

เมื่อ d คือ ระยะห่างระหว่างแหล่งกำเนิดแสงกับจุดใดๆ บนพื้นผิวที่แสงตกกระทบอย่างตั้งฉาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมการที่ 2.10 นี้ แสดงให้เห็นว่า ความเข้มแสงที่จุดใดๆ บนพื้นผิวที่ความเข้มส่องสว่างตกกระทบอย่างตั้งฉากกับพื้นผิวนั้น จะมีค่าแปรผกผันกับระยะห่างระหว่างแหล่งกำเนิดแสงกับพื้นผิวนั้นยกกำลังสอง จึงเรียกว่า " กฎกำลังสองผกผัน "

การวัดการกระจายความเข้มส่องสว่างของแหล่งกำเนิดแสง เช่น หลอดไฟ ดวงโคม หัววัดความเข้มแสงทุกหัวจะต้องหันหน้าเข้าหาแหล่งกำเนิดแสง(ความเข้มส่องสว่างจากแหล่งกำเนิดแสงจะตกตั้งฉากกับผิวหน้าของหัววัดความเข้มแสง) การวัดการกระจายความเข้มส่องสว่างของดวงโคมในทิศทางต่างๆทำได้โดยการหมุนดวงโคมในแกนดิ่ง จะได้เพลนการวัดการกระจายความส่องสว่างออกมา1เพลน เนื่องจากระยะห่าง(d) ของหัววัดความเข้มแสง แต่ละหัวจากดวงโคมนั้นเราทราบค่าที่แน่นอนแล้ว ดังนั้นเมื่อเราอ่านค่าความเข้มแสงจากเครื่องวัดความเข้มแสงได้ ก็สามารถคำนวณหาค่าความเข้มส่องสว่างในทิศทางต่างๆ ได้ทันทีจากสมการ

$$I = E \cdot d^2 \qquad (2.11)$$

2.2 การวัดการกระจายความเข้มส่องสว่าง

เนื้อหาในส่วนนี้จะอธิบายถึงหลักการวัดค่าความเข้มส่องสว่าง ระนาบในการวัด เงื่อนไขการวัดทั่วไป รวมถึงสาเหตุของความผิดพลาดที่เกิดขึ้น และรูปแบบมาตรฐานการเก็บข้อมูลการกระจายแสงของดวงโคม

2.2.1 หลักการวัดค่าความเข้มส่องสว่าง

การวัดการกระจายความเข้มส่องสว่าง จะอาศัยหลักการวัดความเข้มแสงด้วยหัววัดความเข้มแสงซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้วัดการกระจายความเข้มส่องสว่างอาจจะเป็นแบบใดแบบหนึ่ง ดังต่อไปนี้

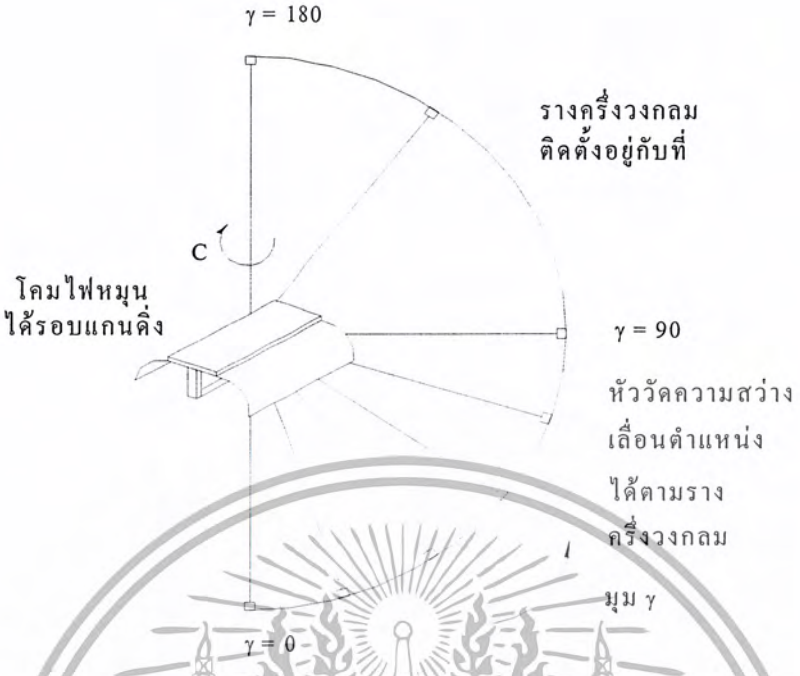
1. หัววัดหัวเดียวเคลื่อนที่ได้
2. หัววัดหลายหัวติดตั้งอยู่กับที่
3. กระจกเงาเคลื่อนที่
4. ชุดจับยึดโคมหมุนได้หลายแกนกับหัววัดหัวเดียวติดตั้งอยู่กับที่

หลังจากนั้นจึงแปลงกลับเป็นค่าความเข้มส่องสว่าง โดยใช้กฎกำลังสองผกผัน ซึ่งระยะห่าง(d) ที่ใช้ในการวัดจะต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 5 เท่า ของขนาดที่โตที่สุดของส่วนที่ให้แสงของโคมไฟเพื่อป้องกันความผิดพลาดจากการใช้กฎกำลังสองผกผัน

1. หัววัดหัวเดียวเคลื่อนที่ได้

การวัดการกระจายความเข้มส่องสว่างของโคมแบบนี้จะติดตั้งโคมไฟและหัววัดความเข้มแสงดังรูปที่ 2.4 โดยโคมไฟจะติดตั้งอยู่กับที่และหมุนได้รอบแกนดิ่งเพื่อเปลี่ยนระนาบที่จะวัดข้อมูลการกระจายความเข้มส่องสว่างแบบเดียวกันกับการวัดโดยใช้หัววัดความเข้มแสงหลายหัว แต่ต่างกันตรงที่วิธีนี้จะใช้หัววัดความเข้มแสงเพียงหัวเดียวและเคลื่อนที่(เปลี่ยนมุม γ) ได้บนรางครึ่งวงกลม รัศมี d เมตร ที่ติดตั้งอยู่กับที่ในระนาบดิ่ง การวัดการกระจายความเข้มส่องสว่างทำได้โดยการเลื่อนตำแหน่งของหัววัดความเข้มแสงตั้งแต่ตำแหน่งต่ำสุด(มุม γ=0^{o}) แล้วขยับขึ้นไปเรื่อยๆจนถึงตำแหน่งสูงสุด(มุม γ=180^{o}) ความเข้มส่องสว่างที่มุม γ ใดๆ หาได้จาก $I = E \cdot d^2$ รายละเอียดอื่นๆ จะเหมือนแบบใช้หัววัดความเข้มแสงหลายหัว

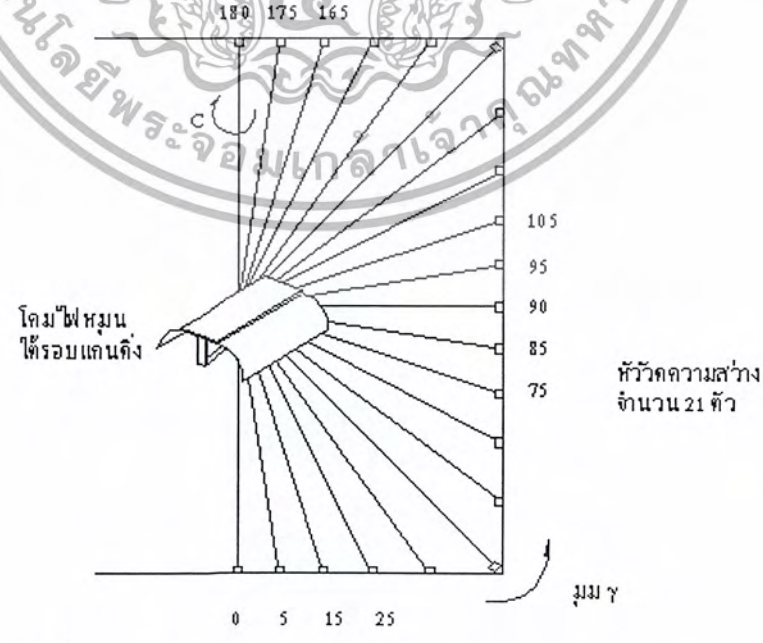
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 การวัดการกระจายความเข้มส่องสว่างของดวงโคม
โดยใช้หัววัดความเข้มแสงหัวเดียวเคลื่อนที่ได้

2. หัววัดหลายหัวติดตั้งอยู่กับที่

การวัดการกระจายความเข้มส่องสว่างของดวงโคมแบบนี้ จะติดตั้งโคมไฟและหัววัดความเข้มแสง ดังรูป 2.5 โดยโคมไฟจะตั้งอยู่กับที่ แต่หมุนได้รอบแกนดิ่ง และการนำเสนอข้อมูลของการวัดแบบนี้นิยมนำเสนอในรูปของเส้นโค้งโพลาร์

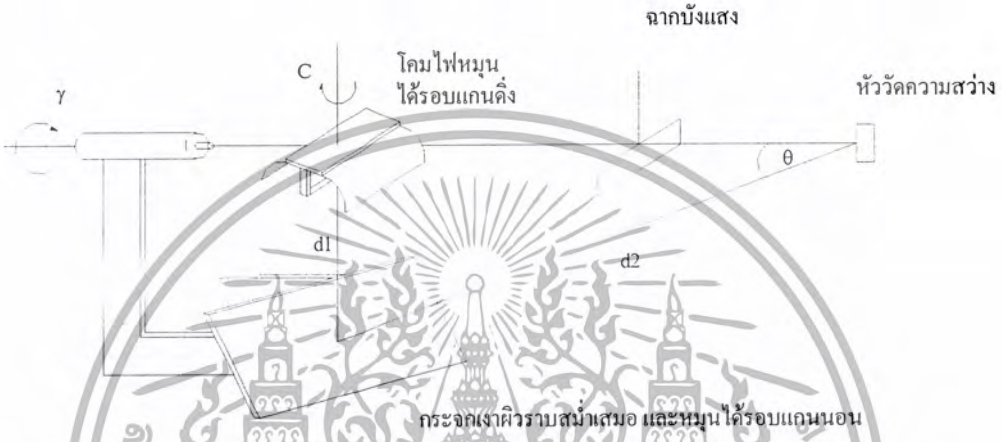


รูปที่ 2.5 การวัดการกระจายความเข้มส่องสว่างของดวงโคม
โดยใช้หัววัดความเข้มแสงหลายหัวติดตั้งอยู่กับที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. กระจกเงาเคลื่อนที่

การวัดการกระจายความเข้มส่องสว่างทั้งสองวิธีที่กล่าวมาแล้วนั้น จะมีปัญหาในเรื่องขนาดของห้องที่ใช้วัดข้อมูล ดังที่กล่าวมาแล้วว่า การใช้กฎกำลังสองผกผันได้อย่างถูกต้องมีความผิดพลาดไม่เกิน 1 เปอร์เซ็นต์นั้น ระยะห่างระหว่างหัววัดความส่องสว่างกับโคมจะต้องไม่น้อยกว่า 5 เท่า ของขนาดที่โตที่สุดของส่วนที่ให้แสงของโคมไฟ เพื่อหลีกเลี่ยงข้อจำกัดดังกล่าวสามารถทำการประยุกต์ได้โดยใช้กระจกเงาสะท้อนแสงจากโคมไฟเข้าสู่หัววัดความเข้มแสง ซึ่งหลักการวัดจะเหมือนกับการวัดแบบใช้หัววัดความเข้มแสงหัวเดียวเคลื่อนที่ได้



รูปที่ 2.6 การวัดการกระจายความเข้มส่องสว่างของดวงโคม
โดยกระจกเงาเคลื่อนที่ได้

4. ชุดจับยึดโคมหมุนได้หลายแกนกับหัววัดหัวเดียวติดตั้งอยู่กับที่

ชุดยึดจับโคมไฟหมุนได้หลายแกน เพื่อให้สามารถวัดการกระจายความเข้มส่องสว่างในทิศทางต่างๆ หรือจะเรียกว่าโกนิโอโฟโตมิเตอร์ ซึ่งรายละเอียดต่างๆ จะกล่าวถึงในบทต่อไป

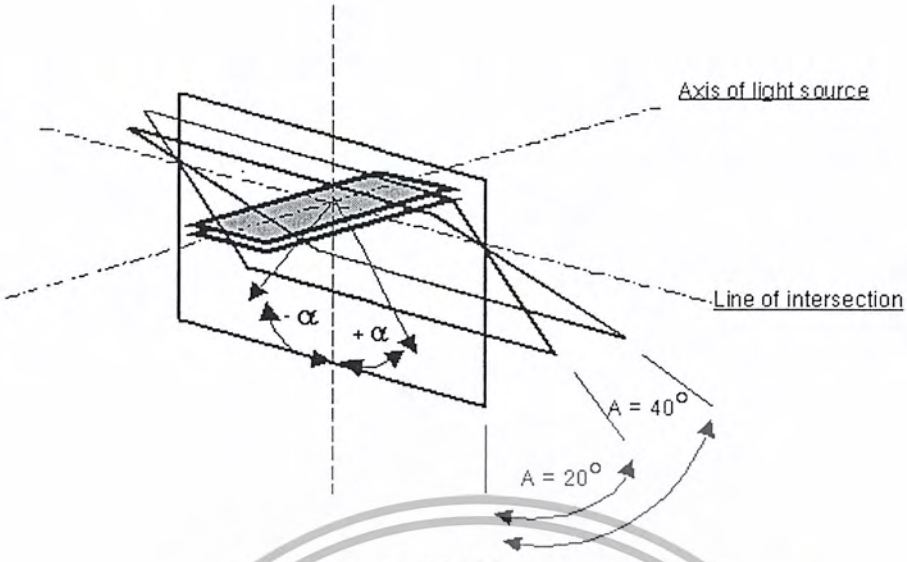
2.2.2 ระนาบการวัด

ตามธรรมดาการกระจายความเข้มส่องสว่างของแหล่งกำเนิดแสง(หลอดและโคม) จะถูกวัดในเพลนต่างๆ จำนวนเส้นโค้งการกระจายความเข้มส่องสว่างและการเลือกเพลนการวัด ขึ้นอยู่กับชนิดของแหล่งกำเนิดและชนิดโกนิโอโฟโตมิเตอร์ จากเพลนทั้งหมดมีอยู่ 3 ระบบที่ใช้มากเป็นพิเศษ คือ

1. ระบบเพลน A

ระนาบทั้งหมดของระบบเพลน A เป็นกลุ่มระนาบของเส้นตัดตัดผ่านจุดศูนย์กลางความเข้มแสงขนานกับพื้นที่ที่เปล่งแสงและตั้งฉากกับแกนสมมติของแหล่งกำเนิดแสง(รูปที่ 2.7)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

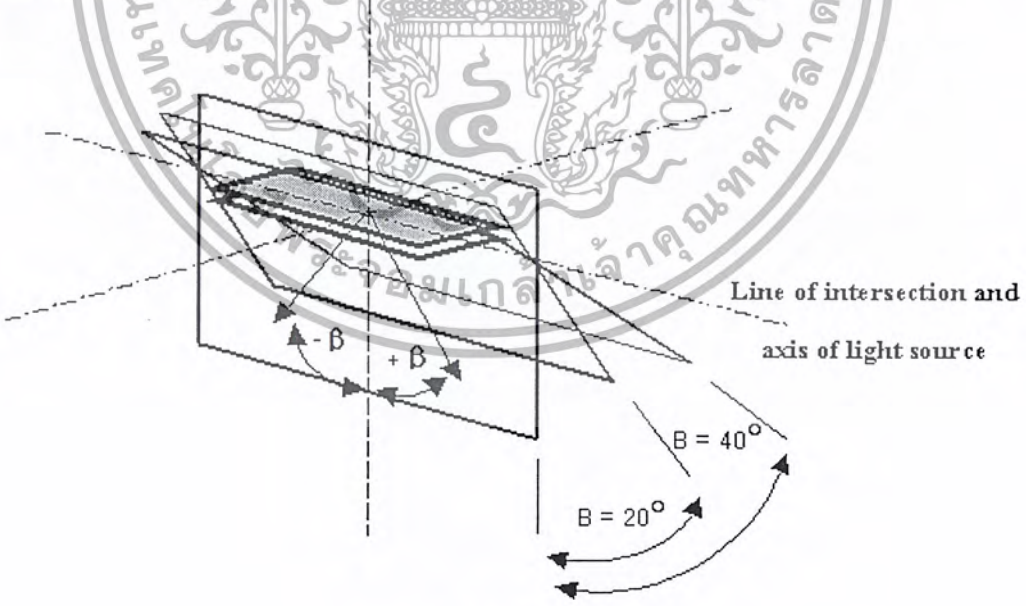


รูปที่ 2.7 ระบบเพลน A

หมายเหตุ : ระบบเพลน A ถูกบังคับตายตัวโดยแหล่งกำเนิดแสง และหมุนตามมุมเอียงของแหล่งกำเนิดแสงถ้าแหล่งกำเนิดแสงเอียง

2. ระบบเพลน B

ระนาบทั้งหมดของระบบเพลน B เป็นกลุ่มของระนาบที่เส้นตัดตัดผ่านจุดศูนย์กลางความเข้มแสงและขนานกับแกนสมมุติของแหล่งกำเนิดแสงและตั้งฉากกับเส้นตัดของเพลน A(รูปที่ 2.8)



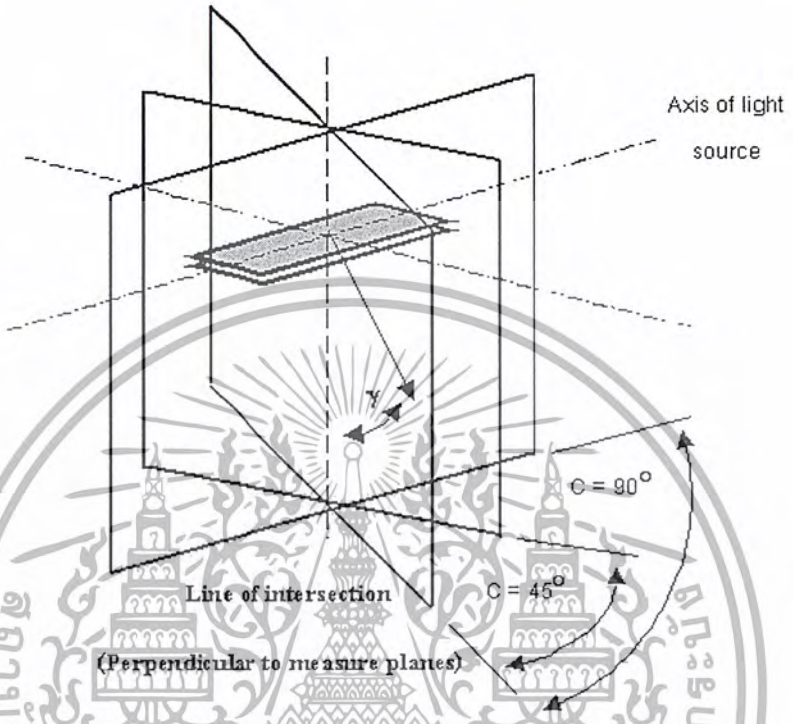
รูปที่ 2.8 ระบบเพลน B

หมายเหตุ : ระบบเพลน B ถูกบังคับตายตัวโดยแหล่งกำเนิด และหมุนตามมุมเอียงของแหล่งกำเนิดแสงถ้าแหล่งกำเนิดแสงเอียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ระบบเพลน C

ระนาบทั้งหมดของระบบเพลน C เป็นกลุ่มของระบบที่ซึ่งเส้นตัดอยู่ในแนวดิ่งผ่านจุดศูนย์กลางการส่องสว่าง(รูปที่ 2.9)



รูปที่ 2.9 ระบบเพลน C

หมายเหตุ : ระบบเพลน C ธรรมดาจะถูกกำหนดตำแหน่งตายตัวในอากาศ และไม่เป็นไปตามมุมเอียงของแหล่งกำเนิดแสงเส้นตัดของเพลน C จะตั้งฉากกับเส้นตัดของเพลน A และเพลน B เมื่อมุมแหล่งกำเนิดแสงเป็นศูนย์เท่านั้น

ในบางกรณีระนาบทั้งหมดของระบบเพลน C ถูกอ้างอิงเหมือนกลุ่มของระนาบที่เส้นตัดเป็นเส้นตัดของเพลน A_0 และเพลน B_0 ในกรณีนี้เพลน C จะถูกผูกติดตายตัวกับแหล่งกำเนิด(เหมือนกับในกรณีเพลน A และเพลน B)

4. พื้นผิวทรงกรวย

โกนิโอโฟโตมิเตอร์บางตัว สะดวกที่จะวัดเส้นโค้งการกระจายความเข้มส่องสว่างที่มุมเชิงขั้วคงตัว และสะดวกในการอธิบายผลเป็นเส้นโค้งในพื้นผิวทรงกรวย แกนของกรวยมีลักษณะเช่นเดียวกันกับ เส้นตัดของระบบเพลน C

มุมเอียงของระนาบถูกกำหนดโดยเครื่องชี้ มุมเอียงของเพลน A และเพลน B จะนับจากมุม 180° ผ่านมุม 0° ไปยังมุม 180° ส่วนเพลน C นับจาก 0° ไป 360° มุมเปิดของพื้นผิวทรงกรวยถูกวัดสัมพันธ์กับเส้นตัดของเพลน C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

สัญลักษณ์ที่ใช้ในแต่ละเพลน

- มุมในเพลน A มีสัญลักษณ์ α และถูกวัดจากแนวดิ่งฉากถึงเส้นตัดของเพลน A
- มุมในเพลน B มีสัญลักษณ์ β และถูกวัดจากแนวดิ่งฉากถึงเส้นตัดของเพลน B
- มุมในเพลน C มีสัญลักษณ์ γ และถูกวัดจากแนวเส้นตัดของเพลน C ในทิศทาด้านล่าง
- มุมในพื้นผิวทรงกรวย มีสัญลักษณ์ C และถูกวัดจากเพลน C_0

มุมเอียงของระนาบถูกเพิ่มทำให้รู้ความสัมพันธ์ของระนาบ

ตารางที่ 2.2 สัญลักษณ์มุมที่มักจะใช้ในระบบเพลนต่างๆ

เพลน	มุมในระนาบ	มุมเอียงของระนาบ
เพลน A	α	A
เพลน B	β	B
เพลน C	γ	C
พื้นผิวทรงกรวย	C	γ

ตารางที่ 2.3 สมการแปลงค่าระหว่างเพลน

ทิศทาง		มุมเอียงของระนาบ	มุมภายในระนาบ
กำหนดมา	ที่ต้องการ		
A , α	B , β	$\tan B = \tan \alpha / \cos A$	$\sin \beta = \sin A \times \cos \alpha$
A , α	C , γ	$\tan C = \sin A / \tan \alpha$	$\cos \gamma = \cos A \times \cos \alpha$
B , β	A , α	$\tan A = \tan \beta / \cos B$	$\sin \alpha = \sin B \times \cos \beta$
B , β	C , γ	$\tan C = \tan \beta / \sin B$	$\cos \gamma = \cos B \times \cos \beta$
C , γ	A , α	$\tan A = \sin C \times \tan \gamma$	$\sin \alpha = \cos C \times \sin \gamma$
C , γ	B , β	$\tan B = \cos C \times \tan \gamma$	$\sin \beta = \sin C \times \sin \gamma$

2.2.3 เงื่อนไขการวัดทั่วไป

1. เงื่อนไขการทำงาน

หลอดทุกหลอดควรทดลองตามเงื่อนไขใน The I.E.C. recommendation และข้อกำหนดมาตรฐานระหว่างประเทศ(National Standard) หลอดต้องกำหนดหรือไม่ก็ทำการวัดที่ค่าแรงดัน กระแส และพลังงานที่ปรากฏ ซึ่งต้องแน่ใจว่าผลการทดสอบที่วัดได้เทียบเท่ากับค่าที่วัดได้จากห้องทดลองอื่น ปริมาณที่เป็นค่าคงที่ควรมีผลต่ออุปกรณ์การวัดและทดลองน้อยที่สุดเท่าที่เป็นไปได้ ปัจจัยที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ควรนำมาพิจารณาหาค่าในการวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

49880

การปรับค่ามาตรฐานควรทำทั้งหลอดและอุปกรณ์ ทั้งการปรับโดยตรงและโดยอ้อมเทียบกับมาตรฐานที่ยอมรับระหว่างประเทศ

2. การอุ่นหลอด

ตัวแปรในการทำงานของหลอดจะเปลี่ยนแปลงตลอดอายุการใช้งานของหลอดนั้นๆ การเปลี่ยนแปลงจะเกิดเฉพาะช่วงต้นของอายุการใช้งานของหลอด จึงต้องมีการอุ่นหลอดในระดับที่เหมาะสมก่อนการวัด

ระยะเวลาการอุ่นหลอดให้เสถียรเป็นคุณสมบัติเฉพาะของหลอดแต่ละชนิด พิจารณาได้จาก The applicable I.E.C. recommendation และมาตรฐานระหว่างประเทศ

3. ตำแหน่งเผาไหม้

จุดทำงานของแหล่งกำเนิดแสงจำเป็นต้องทำตาม The applicable I.E.C. recommendation และมาตรฐานระหว่างประเทศ หรือตามข้อกำหนดและการใช้จากโรงงานผลิต ตำแหน่งเผาไหม้จึงจำเป็นต้องเขียนในรายงานการวัด

4. อุณหภูมิแวดล้อม

แหล่งกำเนิดแสงควรจะวัดในห้องที่ปลอดโปร่ง เช่น การถ่ายเทความร้อนรอบข้างสะดวก การวัดความเข้มแสงมักทำที่อุณหภูมิห้องที่ 25 องศาเซลเซียส กรณีแหล่งกำเนิดแสงที่อุณหภูมิผลต่อการเปลี่ยนแปลงฟลักซ์ส่องสว่างอย่างมาก อุณหภูมิโดยรวมควรอยู่ในช่วง ± 1 องศาเซลเซียส และกรณีแหล่งกำเนิดแสงชนิดอื่นควรอยู่ในช่วง ± 3 องศาเซลเซียส ถ้าการทดสอบทำที่อุณหภูมิที่แตกต่างจากอุณหภูมิแวดล้อมต้องมีการระบุอุณหภูมิขณะทดสอบด้วย

ฟลักซ์ส่องสว่างของหลอดพิเศษบางชนิดจะถูกวัดตามข้อกำหนดของโรงงานผลิต ถ้าหลอดทำงานภายใต้โคมตัวอย่างที่กำหนด

อุณหภูมิควรวัดโดยเทอร์โมมิเตอร์ที่มีความละเอียดอย่างน้อย 0.1 องศาเซลเซียส การวัดอุณหภูมิควรทำที่จุดอ้างอิงแทน(representative spot) ในระดับความสูงเท่ากับแหล่งกำเนิดแสง

ระยะห่างระหว่างตัวตรวจจับอุณหภูมิ กับจุดศูนย์กลางความเข้มแสงของแหล่งกำเนิดแสงที่ใช้วัดควรเกินกว่าครึ่งหนึ่งของขนาดสูงสุดตามแนวระนาบของแหล่งกำเนิด และใช้ 0.5 เมตรในกรณีของโกนิโอโฟโตมิเตอร์ ตัวตรวจจับอุณหภูมิจำเป็นต้องไม่ให้ถูกแสงที่ส่องโดยตรงจากแหล่งกำเนิดแสงที่ทำการวัด

5. การสั่นสะเทือน

เมื่อเปิดเครื่อง หลอดส่วนใหญ่ไม่ควรอยู่ภายใต้ความเร่งเกิน 10 m/s^2 (4-3000 Hz) หรือการเปลี่ยนตำแหน่งเกิน 30 มิลลิเมตร(มากถึง 4 Hz) อย่างไรก็ตามไม่สามารถกำหนดค่าที่แน่นอนที่สามารถให้กับหลอดและโคมทุกชนิดได้

6. ช่วงเสถียรภาพ

จุดประสงค์เพื่อให้มีการทดสอบที่มีเสถียรภาพ เงื่อนไขการทำงานในช่วงเสถียรภาพควรนำไปใช้กับการวัดจริง ช่วงที่ทำการทดสอบควรหลีกเลี่ยงการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งเผาไหม้และตัวแปรทำงานที่กำหนดเป็นพิเศษ(แรงดันไฟฟ้า กระแส พลังงานที่กำหนด) ช่วงเสถียรภาพที่ต้องการขึ้นอยู่กับชนิดของแหล่งกำเนิดและเงื่อนไขการทำงาน และควรตรวจสอบการทำงานอย่างต่อเนื่อง แหล่งกำเนิดแสงสามารถพิจารณาว่าเสถียรได้ ถ้าค่าที่อ่านได้แสดงแนวโน้มเปลี่ยนแปลงในทางใดทางหนึ่งไม่นานเกินไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ : แหล่งกำเนิดแสงบางชนิดยังคงมีเสถียรภาพในบางเวลา และเริ่มเปลี่ยนจนกระทั่งเข้าสู่สภาพเสถียรภาพใหม่

7. การวัดทางไฟฟ้า

- ความไม่แน่นอนของการวัด

ผลลัพธ์ที่แตกต่างของการวัดความเข้มแสง สาเหตุโดยมากเกิดจากความผิดพลาดในการวัดหรือการปรับตัวแปรทางไฟฟ้า สำหรับความไม่แน่นอนในกระแสและแรงดันไฟฟ้า(ทั้งกระแสสลับและกระแสตรง) ของการทดสอบหลอดเผาไส้ไม่ความเกิน 0.1 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่ค่าความไม่แน่นอนในกระแสและแรงดันไฟฟ้าสลับในกรณีหลอดดิสชาร์จ คือ 0.2 เปอร์เซ็นต์

หมายเหตุ : สำหรับหลอดเผาไส้ ค่าความผิดพลาดของแรงดัน 1 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนของฟลักซ์ส่องสว่าง 4 เปอร์เซ็นต์ และค่าความผิดพลาดของกระแส 1 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้เกิดความคลาดเลื่อนของฟลักซ์ส่องสว่าง 8 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้น ควรรักษาค่าให้คงที่และทำตามเงื่อนไขของค่าต่างๆเท่าที่เป็นไปได้

- ชนิดการทำงานและวิธีการทำงาน

ในกำลังไฟฟ้ากระแสตรงสามารถวัดได้แม่นยำกว่าในกำลังไฟฟ้าพลังงานกระแสสลับ เพราะแหล่งกำเนิดแสงกระแสสลับรวมทั้งเครื่องมือวัดทางไฟฟ้ามีผลจากปริมาณที่มีอิทธิพลหลายอย่าง เพราะว่าบางทีปริมาณความเข้มแสงก็อาศัยพลังงานทางไฟฟ้าอยู่มาก จึงควรใช้แหล่งจ่ายที่มีความเสถียรที่สุดที่เป็นไปได้

- สายไฟ

สายไฟ บัลลาสต์ และเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าควรติดตั้ง(ถ้าจำเป็น)และมีการป้องกัน ถ้าต้องการวัดความเข้มแสงบางอย่างเพื่อกำหนดแรงดัน และกำลังของหลอดแนะนำว่าควรใช้ตัวใช้ตัวควบคุมหลอด

หมายเหตุ : ตัวควบคุมหลอดมี 4 หน้าสัมผัส สองหน้าสัมผัสสำหรับแหล่งจ่ายกระแส(I_L) และอีกสองหน้าสัมผัสที่เหลือสำหรับการวัดแรงดันของหลอด(V_L) โดยตรงที่ขั้วหลอด ตัวตรวจ 4 ขั้วทำให้ความผิดพลาดของการวัดแรงดันเป็นศูนย์ เพราะไม่มีกระแสที่วัดได้ไหลหน้าสัมผัสเมื่อใช้โวลต์มิเตอร์ แบบดิจิตอลที่มีอิมพิแดนซ์สูง

- การปฏิบัติในการวัดทางไฟฟ้า

การวัดด้วยแอมป์ โวลต์ และวัตต์มิเตอร์ โวลต์มิเตอร์หรือส่วนของแรงดันไฟฟ้าของวัตต์มิเตอร์ควรติดตั้งระหว่างแอมป์มิเตอร์(ทางเดินกระแส) กระแสหรือพลังงานที่วัดได้ของเครื่องมือจำเป็นต้องนำมาพิจารณาด้วย(ดูเรื่องเครื่องมือวัดใน The applicable I.E.C. recommmendation) ซึ่งประสิทธิภาพของวงจรอาจจะมีผลต่อผลลัพธ์ได้โดยเฉพาะถ้าความถี่สูงเกิดขึ้น เช่น ในหลอดสูญญากาศโซเดียมแรงดันอากาศต่ำ นอกจากนี้ความผิดพลาดจากการต่อสายดินก็มีผลต่อผลลัพธ์ได้เช่นกัน

เครื่องมือวัดกระแสสลับที่แม่นยำ ที่ใช้ในหลอดทดลองดิสชาร์ตควรเป็นชนิด“true rms” เพื่อจัดการฮาร์โมนิก เมื่อวัดที่ความถี่สูงการทำงานต้องใช้วิธีการและเครื่องมือแบบพิเศษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- วงจรการวัด

ในกรณีหลอดดิสชาร์จ I.E.C. recommendation จะเป็นตัวกำหนดวงจรของแหล่งกำเนิดแสงที่ใช้วัด

8. บัลลาสต์

การวัดหลอดดิสชาร์จมักจะวัดด้วยบัลลาสต์อ้างอิง ถ้าใช้บัลลาสต์ชนิดอื่น บัลลาสต์ที่ใช้ควรถูกบันทึกลงในรายงานของการวัด

9. แหล่งจ่ายแรงดัน

การวัดหลอดเผาไส้ควรใช้แหล่งจ่ายกระแสตรงมากกว่า เพราะมีความแม่นยำของการวัดทางไฟฟ้าสูงกว่า ส่วนการวัดหลอดดิสชาร์ตธรรมดาจำเป็นต้องใช้แหล่งจ่ายกระแสสลับ

แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าระหว่างอุ่นหลอดควรจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้คงที่ระหว่าง 0.5 เปอร์เซ็นต์ ระหว่างการวัดจริงควรอยู่ในช่วง 0.1 เปอร์เซ็นต์ และสำหรับการปรับมาตรฐานหลอดเผาไส้ให้ได้มาตรฐานควรอยู่ระหว่าง 0.2 เปอร์เซ็นต์

ความถี่ควรมีความคลาดเคลื่อนอย่างมาก 0.1 เปอร์เซ็นต์ จากความถี่ของบัลลาสต์ที่ถูกออกแบบมา ผลรวมฮาร์โมนิกทั้งหมดของแหล่งจ่ายแรงดันกระแสสลับไม่ควรเกิน 3 เปอร์เซ็นต์ สำหรับการทำงานของหลอดความดันสูงที่มีสัดส่วนของพลังงานรีแอกทีฟสูง แหล่งจ่ายพลังงานควรเลือกให้มีพลังงานรีแอกทีฟที่เหมาะสม

ผลรวมฮาร์โมนิกทั้งหมดหาได้อยู่ในรูปผลรวมค่ารากที่สองเฉลี่ย(rms) ของฮาร์โมนิกแต่ละส่วนโดยให้คลื่นความถี่พื้นฐานเป็น 100 เปอร์เซ็นต์

หมายเหตุ : แหล่งจ่ายไฟควรมีอิมพิแดนซ์ต่ำเพียงพอ เมื่อเทียบกับอิมพิแดนซ์ของบัลลาสต์ และควรรักษา ไว้ภายใต้เงื่อนไขการวัดทุกๆเงื่อนไข

10. ปฏิบัติการในการวัด

สำหรับการวัดจุดศูนย์กลางความเข้มแสงของแหล่งกำเนิดแสงควรอยู่ที่จุดตัดของแกนหมุนทั้ง 2 แกน และการเคลื่อนที่ของแหล่งจ่ายไม่ควรส่งผลต่อผลการวัด

หมายเหตุ : สำหรับการวัดหลอดฟลูออเรสเซนต์ ความเร็วในการหมุนควรไม่เกิน 3 รอบต่อนาทีเพื่อหลีกเลี่ยงอิทธิพลของการหมุนที่มีต่อผลลัพธ์แสง ที่หักเหลงบนหัววัดความเข้มแสงควร ถูกลดโดยการใช้ตัวรวมแสง

ก่อนทำการวัด แหล่งกำเนิดแสงควรถูกเผาหลอดเป็นระยะเวลานานเพียงพอกับความสมดุลอุณหภูมิเครื่องมือทางไฟฟ้าและทางแสงควรถูกเปิดในระยะเวลาที่นานพอ ก่อนจะเริ่มการวัดเพื่อให้มีช่วงอุ่นเครื่องก่อนทำการวัด

11. ความถูกต้องของผลลัพธ์การวัด

ถ้าแหล่งกำเนิดแสงถูกทำงานในช่วงการวัดด้วยแรงดันไฟฟ้าที่แตกต่างจากแรงดันไฟฟ้าปกติ ถ้าอุณหภูมิแวดล้อมแตกต่างจากที่ระบุไว้ หรือถ้าแหล่งกำเนิดแสงถูกวัดในตำแหน่งที่แตกต่างจากตำแหน่งที่กำหนดไว้ ผลลัพธ์ควรถูกแก้ไขถ้าเป็นไปได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแก้ไขผลการทดสอบจากแรงดันไฟฟ้าที่แตกต่างสามารถทำได้ ถ้ารู้ความสัมพันธ์ระหว่าง ฟลักซ์ส่องสว่างและแรงดันไฟฟ้า ส่วนผลลัพธ์ที่ได้จากอุณหภูมิแวดล้อมที่แตกต่างสามารถแก้ให้เป็นไปตามที่กำหนดได้ ผลลัพธ์กรณีที่อุณหภูมิขึ้นอยู่กับฟลักซ์ส่องสว่างสามารถแก้ไขได้ถ้ารู้ความสัมพันธ์ระหว่างฟลักซ์ส่องสว่างและอุณหภูมิแวดล้อม ส่วนอุณหภูมิที่แตกต่างระหว่างโคมและสภาพแวดล้อมจำเป็นต้องรู้อย่างดี

การแก้ไขที่เป็นไปได้จากตำแหน่งเผาไหม้ที่แตกต่าง สำหรับหลอดเผาไส้และหลอดฟลูออเรสเซนต์คือวิธีการวัดด้วยตัวตรวจวัดช่วย

12. การแสดงผลลัพธ์

ผลลัพธ์ควรถูกแสดงในระบบเพลนที่เลือกอย่างเหมาะสม เช่นในระบบพิกัดคาร์ทีเซียน พิกัดเชิงขั้วหรือพิกัดทรงกระบอกและควรแปลงผลลัพธ์มาอยู่ในรูปฟลักซ์ส่องสว่างปกติของหลอดที่ใช้วัดได้

สำหรับการวัดโคมสามารถเตรียมด้วยหลอดที่ต่างกันแต่รูปทรงเหมือนกันได้(ขนาดและพื้นที่เปล่งแสง) และควรเชื่อมโยงความเข้มส่องสว่างกับฟลักซ์ส่องสว่างของหลอดที่กำหนดในโคมในหน่วย 1000 ลูเมน

2.2.4 ความผิดพลาดแหล่งกำเนิดแสงและความแม่นยำในการวัด

1. ข้อตกลงทางกลศาสตร์

ผลกระทบทางกลศาสตร์เหล่านี้ สามารถทำให้เกิดความผิดพลาดจากการวัดได้

- ความไม่มีเสถียรภาพทางกลศาสตร์เพียงพอ
- แกนแนวระนาบและแกนแนวดิ่งไม่ตัดกัน
- แกนทั้งสองไม่ตั้งฉากกัน
- โกนิโอโฟโตมิเตอร์ที่อาศัยการหมุนกระจก มีแกนออปติคอลของกระจกและแกนหมุนไม่สอดคล้องกัน
- มีการสั่นสะเทือนจากส่วนที่เคลื่อนที่ได้ระหว่างการหมุน
- การวางตำแหน่งของหัววัดความเข้มแสงผิดตำแหน่ง
- การหมุนไม่ต่อเนื่องจากการสั่นสะเทือนหรือขาดความสมดุล

2. การวัดมุมและขนาดของมุม

ความแม่นยำของการวัดความเข้มส่องสว่างขึ้นกับความกว้างของขอบเขตการวัดที่ไม่แน่นอนของการวัดมุมและขนาดของมุมที่ติดกัน ความไม่แน่นอนในการวัดขึ้นอยู่กับชนิดของตัวถอดรหัสมุมที่ใช้เป็นสำคัญ ข้อมูลเกี่ยวกับหลักเกณฑ์ควรได้รับจากโรงงานผู้ผลิต ถ้ารู้การกระจายความเข้มส่องสว่าง ความไม่แน่นอนที่เกิดขึ้นในลักษณะนี้สามารถคาดเดาสาเหตุได้

ถ้าโกนิโอโฟโตมิเตอร์ไม่หยุดที่ตำแหน่งแต่ละมุม(x,y) ในการวัด ค่าระหว่างมุมแต่ละมุมจะขึ้นอยู่กับระยะเวลาในการวัดและความเร็วในการหมุนส่วนที่เคลื่อนที่ องค์ประกอบอื่นที่ส่งผลต่อผลการวัดที่ไม่แน่นอน คือ

- ความไม่แน่นอนทางกลของตัววัดมุม
- ความไม่แน่นอนของมุมในช่วงเวลาโดยรวม โดยเฉพาะจากแหล่งจ่ายกระแสสลับ
- ช่วงห่างเวลาที่ต้องการสำหรับตัวอย่างหนึ่งๆ
- ช่วงห่างเวลาระหว่างมุมที่ติดกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. อิทธิผลของกระจกหมุน หรือหัววัดความเข้มแสงแบบการรวมความความส่องสว่าง

เกิดจากการใช้กระจกในโกนิโอโฟโตมิเตอร์ที่อาศัยการหมุนกระจกเบี่ยงเบน ไปจากลักษณะกระจกจินตภาพ ความผิดพลาดที่เกิดจากระจกมีสาเหตุดังนี้

- ความหักเหของผิวกระจกจากระนาบ และความเปลี่ยนแปลงของการหักเหระหว่างมีการหมุน
- ตำแหน่งสะท้อนที่เปลี่ยนไปของกระจก
- การกระเจิงของแสงบนผิวกระจกระหว่างการสะท้อน ตรงพื้นผิวกระจกที่เสียหายหรือมีฝุ่น
- โพลาร์ไรเซชันของแสงที่ถูกวัดบนพื้นผิวของกระจก
- การอาศัยความยาวคลื่นของการสะท้อนของพื้นผิวของกระจก
- ระนาบที่ไม่เพียงพอที่ไม่เท่ากันของแก้ว สำหรับการเคลือบกระจก(ผลจากเลนส์)

ในบางกรณี ความผิดพลาดโพลาร์ไรเซชันที่มีสาเหตุจากระจก สามารถทำให้น้อยลงได้โดยวิธีการ analyser placed ที่หน้าหัววัดความเข้มแสงซึ่งเคลื่อนที่ไปพร้อมกับกระจก ส่วนสาเหตุความผิดพลาดที่เกิดจากการกระเจิงของแสงจากการหมุนกระจกนั้นยากที่จะกำจัด อย่างไรก็ตามถ้ามีระยะที่ห่างและกระจกที่ดีมักจะไม่คำนึงปัญหานี้

ความผิดพลาดจากการหักเหของผิวกระจกจากระนาบที่มีพื้นผิวที่หยาบ ไม่สามารถกำจัดได้ทำได้แค่เลือกกระจกให้ดี

สามารถจำกัดสาเหตุของความผิดพลาดจากการเลือกสเปกตรัมสะท้อนของผิวกระจก โดยการปรับปรุงการตอบสนองสเปกตรัมหัววัดความเข้มแสงลงในกระจกตามความสัมพันธ์ของ$V(\lambda)$

สำหรับหัววัดความเข้มแสงแบบการรวมความส่องสว่าง ความผิดพลาดจะเกิดได้จากการตอบสนองในอากาศไม่คงที่

- ขนาดพื้นที่ที่ยอมรับไม่เพียงพอ
- ระยะห่างระหว่างแหล่งกำเนิดแสงกับพื้นที่ที่ยอมรับไม่เพียงพอ ทำให้แสงบางส่วนจากแหล่งกำเนิดสูญเสียไป
- มุมการวัดขนาดใหญ่ เพราะละเมิดเงื่อนไขระยะทางความเข้มแสงที่จำกัด

4. แสงที่หักเห

แสงที่หักเหสามารถทำให้ผลลัพธ์ของการวัดความเข้มส่องสว่างใช้การไม่ได้ เพราะฉะนั้นการใช้ตัวหักเหแสง(baffle) ระหว่างแหล่งกำเนิดและพื้นที่ที่ยอมรับได้ของหัววัดความเข้มแสง เพื่อกำจัดแสงที่หักเห

การกำหนดสัดส่วนของแสงหักเหทำได้โดยวางแผ่นกั้นที่มีขนาดเล็กที่สุด ซึ่งเป็นการตัดแสงโดยตรงจากแหล่งกำเนิดแสงที่ตกลงพื้นที่ที่ยอมรับได้ออก แผ่นกั้นวางที่ตำแหน่งระยะประมาณครึ่งหนึ่งระหว่างแหล่งกำเนิดแสงและหัววัดความเข้มแสง การวัดความเข้มส่องสว่างควรทำซ้ำเมื่อมีการวางแผ่นกั้นนี้ สัญญาณจากการวัดได้มีผลจากแสงหักเห และสัญญาณนี้ควรมีการลบออกจากการวัดแบบที่ไม่มีแผ่นกั้น

5. การตอบสนองสเปกตรัมสัมพันธ์

การตอบสนองสเปกตรัมสัมพันธ์(relative spectral responsivity) ของหัววัดความเข้มแสงควรทำให้เหมาะสมกับประสิทธิภาพส่องสว่างของสเปกตรัม(spectral luminous efficiency) $V(\lambda)$ ของตามนุษย์ สำหรับความสามารถในการมองเห็น(photopic vision) ถ้าแหล่งกำเนิดแสงที่จะใช้วัดมีการกระจายสเปกตรัมเหมือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กับมาตรฐานที่ปรับไว้ ปริมาณของV(λ) ไม่จำเป็นต้องทำให้เหมาะสม ตัวอย่างในการวัดความสัมพันธ์สำหรับโกนิโอโฟโตมิเตอร์ที่ใช้กระจกหมุนV(t)ที่เหมาะสมของหัววัดความเข้มแสงควรทำร่วมกันกับกระจก สำหรับหัววัดความเข้มแสงแบบการรวมความส่องสว่าง อย่างแรกควรให้ความสนใจกับความจริงที่การตอบสนองสเปกตรัมสัมพันธ์อาจไม่มีความหมาย(ถึงแม้ว่าจะไม่ได้ถูกเลือก) ถ้าที่ใช้หลุมในการรวมความส่องสว่าง การวัดที่การตอบสนองสเปกตรัมสัมพันธ์สำหรับหัววัดความเข้มแสงเป็นไปได้ที่จะใช้ตัวตรวจจับ แต่มักไม่ใช้กับหัววัดความเข้มแสงที่สมบูรณ์

6. เครื่องมือวัดความเข้มแสงและความส่องสว่าง

หัววัดความเข้มแสงที่ติดตั้งโฟโตอิเล็กทรอนิคส์สามารถกำหนดการวัดที่แม่นยำได้ในขอบเขตที่กว้าง หลักเกณฑ์และขอบเขตของความผิดพลาดของการวัดอย่างแม่นยำมีอยู่ใน CIE Publication

7. กระบวนจัดการข้อมูล

สำหรับสิ่งที่ได้มาและกระบวนการของการวัดข้อมูล ความผิดพลาดจากสัญญาณดิจิตอลมักไม่สนใจ แต่ถ้าข้อมูลได้รับในรูปแบบทางอนาลอก เครื่องมือนั้นต้องถูกนำมาพิจารณา

8. ขอบเขตระยะทางของความเข้มแสง

ความผิดพลาดขึ้นอยู่กับการกระจายความเข้มส่องสว่าง สามารถเกิดจากระยะห่างที่สั้นเกินไประหว่างแหล่งกำเนิดแสงกับหัววัดความเข้มแสงเงื่อนไขการทำงาน

ความผิดพลาดสามารถเกิดจากการเบี่ยงเบนของเงื่อนไขการทำงานจากเงื่อนไขที่กำหนด คือ

- การวางตำแหน่งจุดศูนย์กลางความเข้มแสงในตำแหน่งที่เบี่ยงเบนจากจุดตัดของแกนทั้งสอง
- การเบี่ยงเบนของการกำหนดทิศทางของแหล่งกำเนิดแสงจากตำแหน่งเผาไหม้ที่กำหนด อิทธิพลนี้สามารถถูกแก้ไขได้สำหรับความผิดพลาดอย่างมากเท่านั้น ในกรณีของโกนิโอโฟโตมิเตอร์ที่มีอุปกรณ์หมุนแหล่งกำเนิดแสง
- เปิดเครื่องก่อนสิ้นสุดช่วงเผาไหม้ของหลอดหรือช่วงอุ่นหลอด
- การปรับและการวัดแรงดันของแหล่งจ่ายที่ไม่แม่นยำ
- การเบี่ยงเบนของความถี่จากความถี่ที่กำหนด
- ความต้านทานหน้าสัมผัสที่ผันผวนของสลิป - ริง(slip - ring)
- ความเบี่ยงเบนของอุณหภูมิแวดล้อมจากค่าที่กำหนด
- ความไม่เสถียรภาพของอุณหภูมิจากแหล่งกำเนิดแสงที่ใช้วัด
- การเหวี่ยงจากอุปกรณ์ที่ทำให้มีอากาศหมุนเวียน หรือการเคลื่อนที่อย่างรวดเร็วของแหล่งกำเนิดแสง
- การบังแสงส่วนใดส่วนหนึ่งของแหล่งกำเนิดแสง โดยส่วนประกอบทางกลศาสตร์ของโกนิ-โอโฟโตมิเตอร์หรือโดยตัวหักเหแสงในเส้นทางแสง

9. มาตรฐานความเข้มแสง

ข้อมูลมาตรฐานความเข้มแสงที่ใช้ในการปรับมาตรฐานควบคุมความไม่แน่นอน ค่าความไม่แน่นอนของมาตรฐานควรเอามาจากใบรับรองการปรับมาตรฐาน และควรกำหนดเพื่อจำกัดค่าความผิดพลาดสำหรับการวัด ความผิดพลาดที่เพิ่มขึ้นอาจจะเกิดจากการติดตั้งที่ไม่แม่นยำของเงื่อนไขการทำงานทางไฟฟ้าตามมาตรฐานความเข้มแสงระหว่างประเทศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 รูปแบบมาตรฐานการเก็บข้อมูลการกระจายแสงของดวงโคม

เมื่อเราทำการทดสอบหาค่าการกระจายแสงของดวงโคมชนิดต่างๆ จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการเก็บข้อมูลเพื่อนำไปใช้งานในภายหลัง ดังนั้นจึงมีการกำหนดรูปแบบมาตรฐานในการเก็บข้อมูลดังกล่าวขึ้นเพื่อที่จะนำข้อมูลการกระจายแสงที่ได้จากการทดสอบด้วยวิธีการต่างๆกัน ไปใช้ร่วมกันได้ รูปแบบการเก็บข้อมูลมาตรฐานที่เป็นที่ยอมรับและนิยมใช้กันโดยทั่วไปคือรูปแบบที่เรียกว่า การเก็บข้อมูลในรูปของ IES Standard Files

ความเป็นมา ในปี ค.ศ. 1986 Illuminating Engineering Society of North America(IESNA) ได้จัดทำมาตรฐาน สำหรับข้อมูลทางด้านแสง สำหรับโคมในลักษณะต่างๆและแหล่งกำเนิดแสง ซึ่งได้ถูกตีพิมพ์ ในรายงานการประชุมของ IESNA เรียกว่า " IES LM - 63 - 1986 " เป็นรูปแบบมาตรฐานของข้อมูลทางแสงแฟ้มข้อมูลแบบตัวอักษร(Text File) โดยมีรูปแบบต่างๆ 3 ลักษณะประกอบไปด้วย

1. IES LM - 63 - 1986
2. IES LM - 63 - 1991
3. IES LM - 63 - 1995

รายละเอียดแฟ้มข้อมูล IES ทั้ง 3 แบบข้างต้น มีรายละเอียดต่างๆดังนี้

1. File Format Identifier (บรรทัด 00)

IES LM - 63 - 1991 และ LM - 63 - 1995 เริ่มต้นด้วยคำเฉพาะว่า "IESNA 91" และ "IESNA :LM - 63 - 1995" ตามลำดับ ส่วน IES LM - 63 - 1986 ไม่มีบรรทัดนี้

2. Label lines หรือ keywords (บรรทัด 01 - 04)

- Label lines บอกถึงรายละเอียดของแหล่งกำเนิดแสง และดวงโคม และข้อชี้แนะต่างๆ
- Keywords ลักษณะที่สำคัญคือต้องอยู่ในวงเล็บ [ ] ดังตัวอย่าง

[TEST] ABC 1234 ABC Laboratories

ซึ่งสิ่งที่อยู่ในคีย์เวิร์ดนี้จะเป็นสิ่งที่เกี่ยวกับรายละเอียดการทดสอบ, ข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะโคม รวมทั้งสิ่งที่ผู้ใช้กำหนดเอง

3. TILT = (บรรทัด 05)

คำดังกล่าวจะปรากฏอยู่หลังส่วน หรือ ซึ่งมีความสำคัญ เพราะในหลอดไฟดวงเดียวกัน ข้อมูลทางแสงจะเปลี่ยนไปตามมุม tilt ของดวงโคมเปลี่ยนไปที่มุมต่างๆ ซึ่งจะกำหนดโดยใช้ค่าตัวคูณ เมื่อมุม tilt ต่างๆสามารถแสดงได้ 3 แบบคือ

3.1 NONE เมื่อค่าทางแสงของหลอดไฟไม่ได้แปรผันตามมุม tilt ของดวงโคม โดยหากกำหนด TILT = NONE แล้วบรรทัดต่อไปนี้จะไม่ปรากฏในแฟ้มข้อมูล IES

06 < lamp- to- luminaire geometry>

07 <# of pairs of angles and multiplying factors>

08 < angles>

09 <multiplying factors>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 TILT = INCLUDE เมื่อค่าทางแสงของหลอดไฟแปรผันตามข้อมูล tilt ของดวงโคม ดังนั้นในส่วน 4 บรรทัดต่อไปนี้จำเป็นต้องมีในแฟ้มข้อมูล IES

06 <lamp - to - luminaire geometry>

07 <# of pairs of angles and multiplying factors>

08 <angles>

09 <multiplying factors>

3.3 TILT = <filename> มีลักษณะเดียวกับ TILT = INCLUDE โดยที่ filename คือชื่อของแฟ้มข้อมูลทางแสงที่เกี่ยวกับมุม TILT ปรากฏอยู่

4. Lamp - to - Luminaire Geometry (บรรทัด 06)

เป็นเลขจำนวนเต็มที่บอกถึงตำแหน่งที่ตั้งหรือทิศทางของหลอดไฟ ซึ่งอยู่ภายในดวงโคม โดยความหมายของเลขต่างๆเป็นดังนี้

เลข 1 ฐานหลอดไฟอยู่ในลักษณะแนวดิ่งทั้งตั้งขึ้นและลง ส่วนดวงโคมเล็งลงล่าง

เลข 2 หลอดไฟวางตัวในแนวนอน และยังคงอยู่ในแนวเดิม ถึงแม้ว่าดวงโคมเล็งลงล่างหรือหมุนรอบแกนศูนย์องศาในแนวแกนนอน

เลข 3 หลอดไฟอยู่ในแนวแกนนอนเมื่อดวงโคมเล็งลงล่าง แต่จะเปลี่ยนแนวไปเมื่อดวงโคมหมุนไปในแนวแกนศูนย์องศาในแนวแกนนอน

5. Number of Pairs of TILT Angles and Multiplying Factors (บรรทัด 07)

จำนวนเต็มที่แสดงถึงจำนวนมุม tilt ของหลอดไฟทั้งหมดที่ทำการทดลอง และค่าแฟคเตอร์ตัวคูณ candela

6. TILT Angle (บรรทัด 08)

แสดงค่ามุม tilt ของหลอดไฟที่ทำการทดลอง อาจเป็นจุดทศนิยมได้

7. TILT Multiplying Factor (บรรทัด 09)

แสดงค่าแฟคเตอร์ตัวคูณ Candela ที่มุม tilt ต่างๆของหลอดไฟ

8. Number of Lamps (บรรทัด 10)

จำนวนหลอดไฟ ในดวงโคม

9. Lumens Per Lamp (บรรทัด 10)

แสดงค่า lumen ต่อหลอดไฟ ซึ่งค่าเหล่านี้มักจะเป็นของผู้ผลิตหลอดไฟ โดยที่แสดงเป็นเลขจำนวนจริง แต่ค่าดังกล่าวไม่ใช่ค่า lumen จริงของหลอดไฟที่ได้จากการทดสอบในกรณีหลอดไฟมากกว่าหนึ่งหลอด ซึ่งมีค่า lumen ต่างกัน จะใช้ค่าเฉลี่ยของหลอดไฟทั้งหมดในดวงโคม

10. Candela Multiplier (บรรทัด 10)

เป็นเลขจำนวนจริงซึ่งแสดงค่าแฟคเตอร์ตัวคูณ เพื่อนำไปใช้กับค่าของข้อมูลทางแสงภายใน

11. Number of Vertical Angles (บรรทัด 10)

เป็นเลขจำนวนเต็ม ซึ่งแสดงค่าจำนวนมุมทั้งหมดในแนวดิ่งที่ได้ทำการทดลอง ข้อมูลทางแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12. Number of Horizontal Angle (บรรทัด 10)

เป็นเลขจำนวนเต็ม ซึ่งแสดงค่าจำนวนมุมทั้งหมดในแนวนอนที่ได้ทำการทดลองข้อมูลทางแสง

13. Photometric Type (บรรทัด 10)

บ่งบอกถึงชนิดต่างๆดังนี้

ค่า	1	คือ Type	C
ค่า	2	คือ Type	B
ค่า	3	คือ Type	A

Type C บอกถึง ดวงโคมสำหรับ ถนน หรือ โคมด้านสถาปัตย์ ซึ่งแกน polar อยู่ในแนวดิ่งของดวงโคมและระนาบ 0° - 180° เป็นแกนหลักของดวงโคม

Type B บอกถึง ดวงโคมสำหรับภายนอก และกีฬา ซึ่งแกน polar ของดวงโคมเป็นแนวแกนรอง และระนาบ 0° - 180° เป็นแกนในแนวดิ่งของดวงโคม

Type A บอกถึง ดวงโคมสำหรับ automotive headlight และไฟสัญญาณ ซึ่งแกน polar ของดวงโคม เป็นแกนหลักของดวงโคม และระนาบ 0° - 180° เป็นระนาบในแนวดิ่ง

14. Unit type (บรรทัด 10)

ตัวเลขที่บอกถึง หน่วยการวัดที่ได้ทำการทดลอง โดย

ค่า 1 หมายถึง Feet

ค่า 2 หมายถึง Meters

15. Luminous Opening Dimensions (บรรทัด 10)

เป็นค่าที่บอกมิติของดวงโคม ซึ่งเป็นประโยชน์ในการคำนวณค่าความส่องสว่างเฉลี่ยแยกเป็นหลายส่วนดังนี้

15.1 Luminaire Width ความกว้างของดวงโคม โดยวัดตามระนาบ 90° - 270°

15.2 Luminaire Length ความยาวของดวงโคม โดยวัดตามระนาบ 0° - 180°

15.3 Luminaire Height ความสูงของดวงโคมโดยเฉลี่ย โดยวัดในแนวดิ่ง

16. Ballast Factor (บรรทัด 11)

อัตราส่วนของค่า lumens ของหลอดไฟ เมื่อใช้งาน ballast ทั่วไปกับค่า lumen ของหลอดไฟ เมื่อใช้งานกับ ballast มาตรฐาน ในการใช้งานต้องนำค่า candela ที่อ่านได้จากแฟ้มข้อมูล IES คูณด้วยค่า Ballast Factor ผลลัพธ์ที่ได้จึงนำไปใช้งานต่อไป

17. Ballast - Lamp Photometric Factor หรือ Future (บรรทัด 11)

ในกรณี LM - 63 - 1986 จะเป็นค่าอัตราส่วนระหว่างค่า lumen ของหลอดไฟ โดยใช้ ballast และหลอดไฟชนิดที่ใช้สำหรับ photometric report กับค่า lumen ของหลอดไฟ โดยใช้ ballast และหลอดไฟ ชนิดที่ใช้สำหรับการทดสอบทางแสง

ในกรณี LM - 63 - 1995 เนื่องจากค่านี้ได้มีการแสดงแล้วอยู่ส่วน ballast factor ดังนั้น ในส่วนนี้จึงแสดงค่าเป็น 1 เพื่อให้เกิดความสอดคล้องกับ LM - 63 รุ่นก่อนๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

18. Input Watt (บรรทัด 11)

แสดงค่าพลังงานทั้งหมด ที่ดวงโคมใช้ไปได้มาจากการทดสอบ โดยที่ค่าดังกล่าวไม่เปลี่ยนไปตามค่า ballast factorหรือ ballast - lamp photometric factor แต่ค่านี้อาจจะเปลี่ยนเมื่อค่าความเข้มแสง(candela) ที่วัดได้เปลี่ยนแปลง

19. Vertical Angle (บรรทัด 12)

เป็นค่ามุมต่างๆในแนวดิ่ง

สำหรับ Type C ค่ามุมในแนวดิ่ง เริ่มจากค่า 0° หรือ 90° ไปสิ้นสุดที่มุม 90° หรือ 180°

สำหรับ Type A หรือ Type B ค่ามุมในแนวดิ่ง เริ่มจากค่า -90° หรือ 0° ไปสิ้นสุดที่มุม 90°

20. Horizontal Angle (บรรทัด 13)

เป็นค่ามุมต่างๆในแนวนอน

สำหรับ Type C ค่ามุมเริ่มต้น เริ่มจากค่า 0° และไปสิ้นสุดที่ค่าต่างๆดังนี้

- 0° ในกรณีนี้ คือมีแค่เพียงระนาบเดียวใช้กับดวงโคมที่มีลักษณสมมาตรกันในทุกๆระนาบ

- 90° ดวงโคมที่มีลักษณะสมมาตรกันในแต่ละ quandrant

-180° ดวงโคมที่มีลักษณะไม่สมมาตรกันในรอบแนวแกน 0° - 180°

-360° ดวงโคมที่มีลักษณะไม่สามาตรกันในทุกๆมุมต่างๆ

สำหรับ Type A,B ที่ดวงโคมสมมาตรรอบแกนในแนวดิ่ง ค่ามุมเริ่มต้นของมุมในแนวนอนคือ 0° และไปสิ้นสุดที่ค่า 90°

สำหรับ Type A,B ที่ดวงโคมไม่สมมาตรรอบแกนในแนวดิ่ง ค่ามุมเริ่มต้นของมุมในแนวนอนคือ - 90° และไปสิ้นสุดที่ค่า 90°

21. Candela Values (บรรทัด 14 - 170)

ค่าทั้งหมดนี้เป็นค่าความเข้มแสง(candela) โดยที่ในบรรทัดเดียวกันจะมีค่ามุมในแนวนอนเดียวกัน และค่าในแต่ละบรรทัด เป็นค่า candela ที่มุมในแนวดิ่งต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่3
เครื่องวัดการกระจายความเข้มส่องสว่างและข้อมูลทางแสงของดวงโคม

เนื้อหาในบทนี้มีเนื้อหาอยู่ 2 ส่วนที่สำคัญ คือ ส่วนแรก เครื่องมือที่ใช้ในการวัดการกระจายความเข้มส่องสว่างหรือที่เรียกกันว่าเครื่องโกนิโอโฟโตมิเตอร์ ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็นได้ 3 ชนิดคือ

1. โกนิโอโฟโตมิเตอร์ที่อาศัยอุปกรณ์ช่วยในการหมุนแหล่งกำเนิดแสง
2. โกนิโอโฟโตมิเตอร์ที่อาศัยการเคลื่อนย้ายหัววัดความสว่าง
3. โกนิโอโฟโตมิเตอร์ที่อาศัยการหมุนของกระจก

ซึ่งเราจะได้ศึกษาถึงคุณสมบัติโครงสร้างเบื้องต้น หลักการทำงานและการนำไปใช้ของเครื่องวัดการกระจายความเข้มส่องสว่างแต่ละชนิด ตลอดจนถึงการปรับติดตั้งเครื่องวัดให้เป็นไปตามมาตรฐาน

ส่วนที่สองเป็นคำแนะนำเบื้องต้นสำหรับกระบวนการทดสอบดวงโคม ข้อมูลทางแสงของดวงโคมภายใน ดวงโคมไฟถนน และดวงโคมฉาย โดยอ้างอิงตามมาตรฐานของ CIE เนื้อหาที่กล่าวถึงในบทนี้ประกอบไปด้วย

1. ข้อกำหนดสำหรับการทดสอบ
2. วิธีและกระบวนการในการทดสอบ
3. ข้อมูลทางแสงของดวงโคม

3.1 เครื่องวัดการกระจายความเข้มส่องสว่าง

รายละเอียดของเครื่องวัดการกระจายความเข้มส่องสว่างที่จะกล่าวในบทนี้จะกล่าวถึง คุณสมบัติของโกนิโอมิเตอร์ ชนิดเครื่องโกนิโอโฟโตมิเตอร์ทั้ง 3 แบบ การวัดมุม โฟโตอิเล็กทรอนิคส์และกระบวนการจัดการข้อมูล การปรับมาตรฐานและการปรับทางกลศาสตร์

3.1.1 คุณสมบัติของโกนิโอมิเตอร์

1. ข้อตกลงทางกลศาสตร์

รายละเอียดข้อมูลคุณสมบัติทางกลที่ควรกำหนดคือ

- ชนิดของโกนิโอมิเตอร์
- ขนาดของรูปร่าง
- น้ำหนักโดยรวมของแหล่งกำเนิดแสงที่ยอมรับได้
- ขนาดใหญ่ที่สุดของแหล่งกำเนิดแสงที่ยอมรับได้
- ความกว้างของมุมที่วัดความเข้มส่องสว่างได้ โดยไม่มีการบดบังโดยส่วนใดส่วนหนึ่งของเครื่องมือ
- ระยะห่างระหว่างแหล่งกำเนิดแสงกับหัววัดความสว่าง สำหรับโกนิโอมิเตอร์ที่อาศัยการหมุนของกระจก
- ข้อมูลคุณภาพของกระจก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การถอดรหัสมุม

ข้อมูลคุณสมบัติของเครื่องมือวัดที่ใช้ในการถอดรหัสมุมควรจะมี คือ

- **ชนิดของการถอดรหัสมุม**
- **ความละเอียด**
- **ชนิดของซีโรเอนโคดดิง(zero encoding)**
- **การเบี่ยงเบนที่เป็นไปได้ระหว่างมุมที่วัดได้กับมุมจริงๆ**

3. หัววัดความสว่าง

ลักษณะของหัววัดความสว่างควรเป็นไปตามคำแนะนำของ CIE สำหรับหัววัดความสว่างแบบการรวมความส่องสว่าง จะต้องมีข้อมูลเพิ่มเติมตามชนิดของหัววัดความสว่างนั้น

4. โฟโตอิเล็กทรอนิคส์ และ กระบวนการจัดการข้อมูล

ข้อมูลคุณสมบัติโฟโตอิเล็กทรอนิคส์ และกระบวนการจัดการข้อมูลควรเป็นไปตาม CIE Publication และควรมีการกำหนดเพิ่มเติม คือ

- ช่วงห่างผลรวมของผลรวมความเข้มแสง

3.1.2 โกนิโอโฟโตมิเตอร์ที่อาศัยอุปกรณ์ช่วยในการหมุนแหล่งกำเนิดแสง

1. หลักการ

แหล่งกำเนิดแสงจะหมุนรอบแกนในแนวดิ่งและแนวระนาบโดยหัววัดความสว่างจะอยู่กับที่ ความแม่นยำของการกระจายความเข้มส่องสว่างในโกนิโอโฟโตมิเตอร์ชนิดนี้ จะมีในแหล่งกำเนิดแสงที่การกระจายความส่องสว่างเป็นอิสระในการกำหนดทิศทางและอุณหภูมิเท่านั้น

หมายเหตุ : 1. สำหรับการวัดการกระจายความเข้มส่องสว่างของหลอดฟลูออเรสเซนต์ และโคมที่ใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ โกนิโอโฟโตมิเตอร์ชนิดนี้สามารถใช้จัดตำแหน่งของ แหล่งกำเนิดแสง แตกต่างจากตำแหน่งเผาไหม้ปกติของหลอด ความเข้มส่องสว่างในแต่ละทิศทางเป็นค่าคงที่โดยวิธีการของตัวตรวจวัดช่วย(Auxiliary Detector) หรือการประยุกต์ใช้ตัวประกอบค่าแก้ไขที่เหมาะสม

2. ระยะทางระหว่างแหล่งกำเนิดและหัววัดความสว่างสามารถเพิ่มได้ โดยการใช้กระจกสะท้อนติดตั้งที่กำแพงที่อยู่ห่างจากตัวเครื่องในห้องทดลอง เลือกการสะท้อนและโพลาไรเซชัน(polarization)ของกระจกจำเป็นต้องถูกพิจารณา

2. การนำไปใช้

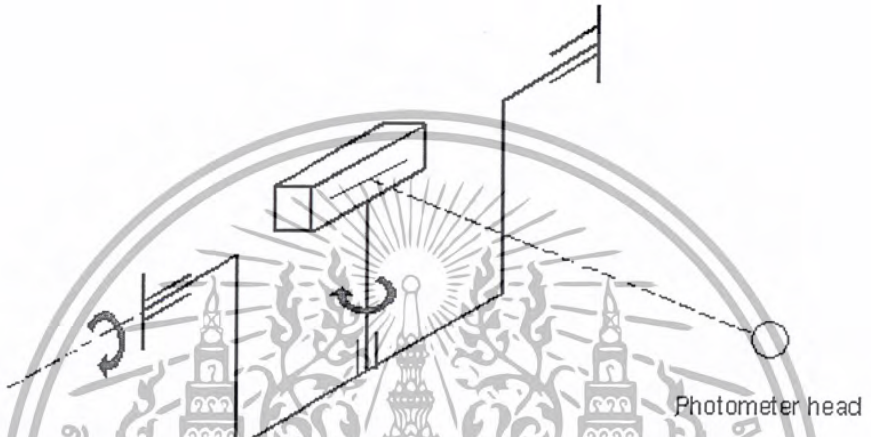
โกนิโอโฟโตมิเตอร์ที่อาศัยอุปกรณ์ช่วยในการหมุนแหล่งกำเนิด ควรจะใช้เพียงแค่วัดหลอดเผาไส้และหลอดฟลูออเรสเซนต์ หรือโคมที่ใช้กับหลอดดังกล่าว โกนิโอโฟโตมิเตอร์ชนิดนี้เป็นชนิดที่มีข้อดีทั้งด้านโครงสร้างและราคา มักจะใช้กับการกำหนดความเข้มส่องสว่างตาม กฎระยะทางของความสว่างและมักจะใช้ร่วมกับตัวตรวจวัดช่วย ถูกนำมาใช้เสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. โครงสร้างเบื้องต้น

โกนิโอโฟโตมิเตอร์ที่อาศัยอุปกรณ์ช่วยในการหมุนแหล่งกำเนิดจะมีอยู่ 3 ชนิด

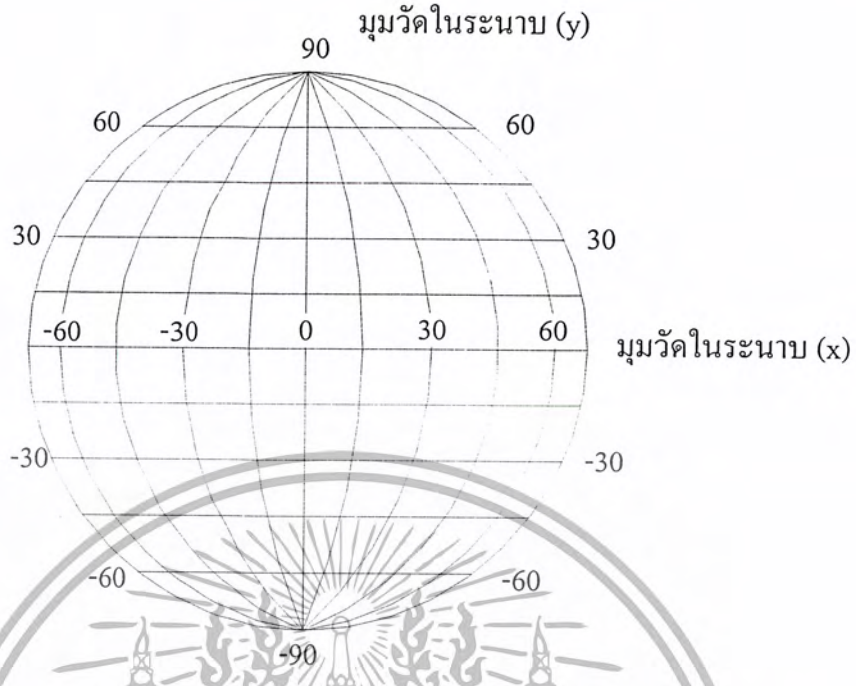
แบบที่ 1 แกนแนวระนาบอยู่กับที่และหมุนแกนที่ตั้งฉากกับแกนในแนวระนาบ ในการเปลี่ยนเพลน (รูปที่ 3.1) การวัดจะทำในเพลน A และเพลน B เมื่อแหล่งกำเนิดแสงถูกหมุนรอบแกนในแนวระนาบ และอีกแกนอยู่นิ่ง



รูปที่ 3.1 โกนิโอโฟโตมิเตอร์ที่อาศัยอุปกรณ์ช่วยในการหมุนแหล่งกำเนิดแสง แบบที่ 1

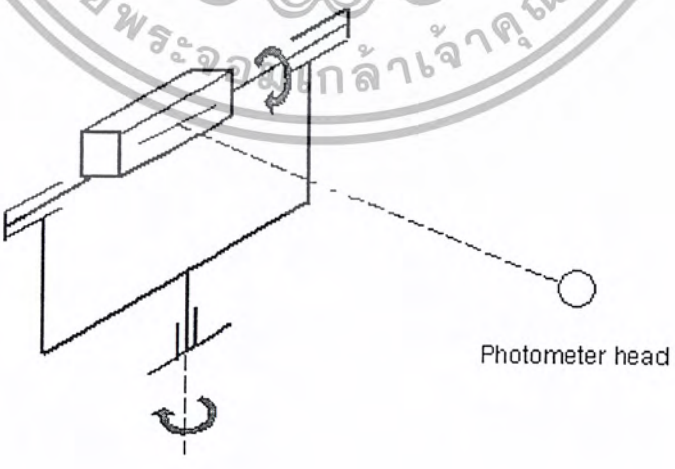
รูปที่ 3.2 ตำแหน่งการวัดบนทรงกลมเสมือนรอบดวงโคมของโกนิโอโฟโตมิเตอร์ที่อาศัยอุปกรณ์ช่วยในการหมุนแหล่งกำเนิดแสง แบบที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



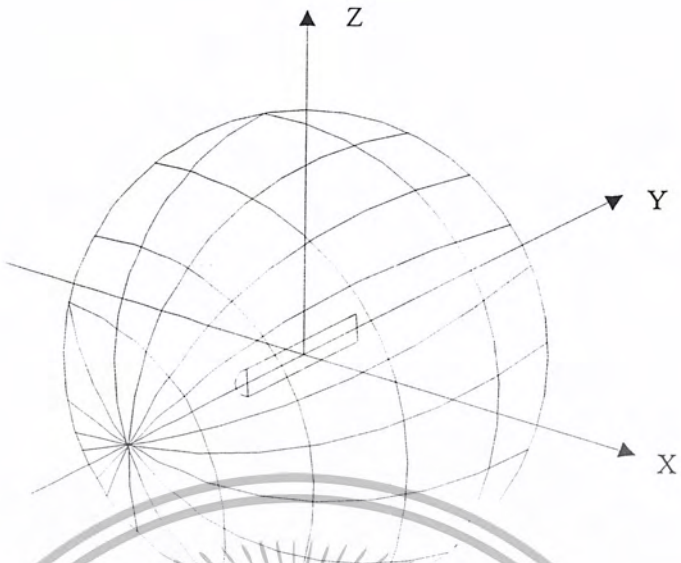
รูปที่ 3.3 ค่ามุมเอียงของแต่ละระนาบและมุมในระนาบของโกนิโอโฟโตมิเตอร์ที่อาศัยอุปกรณ์ช่วยในการหมุนแหล่งกำเนิดแสง แบบที่ 1

แบบที่ 2 แกนในแนวดิ่งอยู่กับที่และสามารถหมุนแกนในแนวระนาบได้ การวัดจะทำในเพลน A และ B (รูปที่ 3.4)

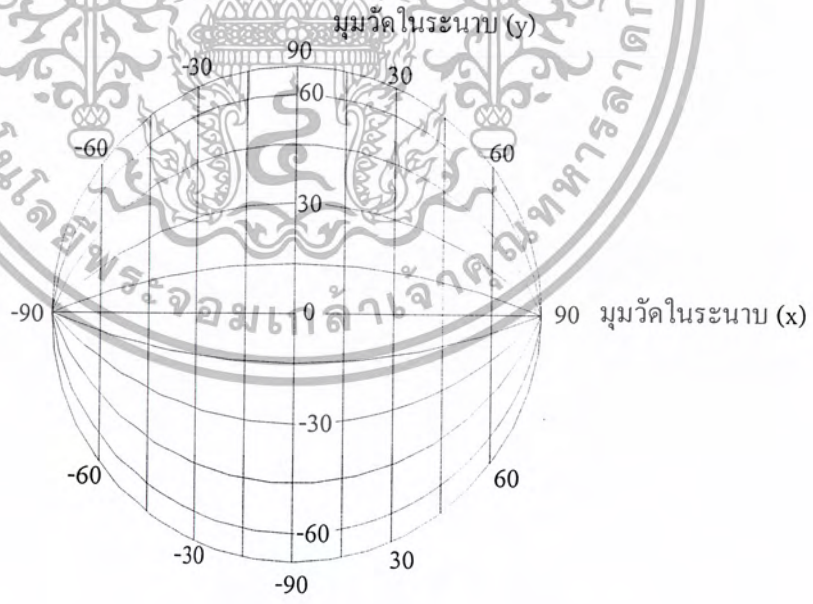


รูปที่ 3.4 โกนิโอโฟโตมิเตอร์ที่อาศัยอุปกรณ์ช่วยในการหมุนแหล่งกำเนิดแสง แบบที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสาร[illegible]ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



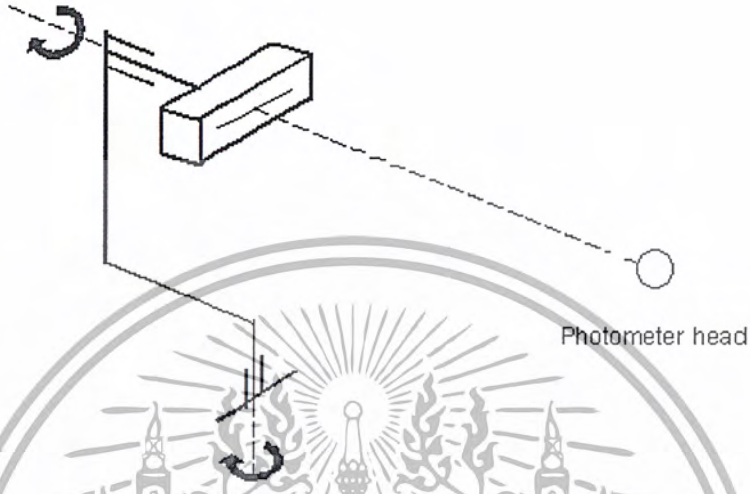
รูปที่ 3.5 ตำแหน่งการวัดบนทรงกลมเสมือนรอบดวงโคมของโกนิโอโฟโตมิเตอร์
ที่อาศัยอุปกรณ์ช่วยในการหมุนแหล่งกำเนิดแสง แบบที่ 2



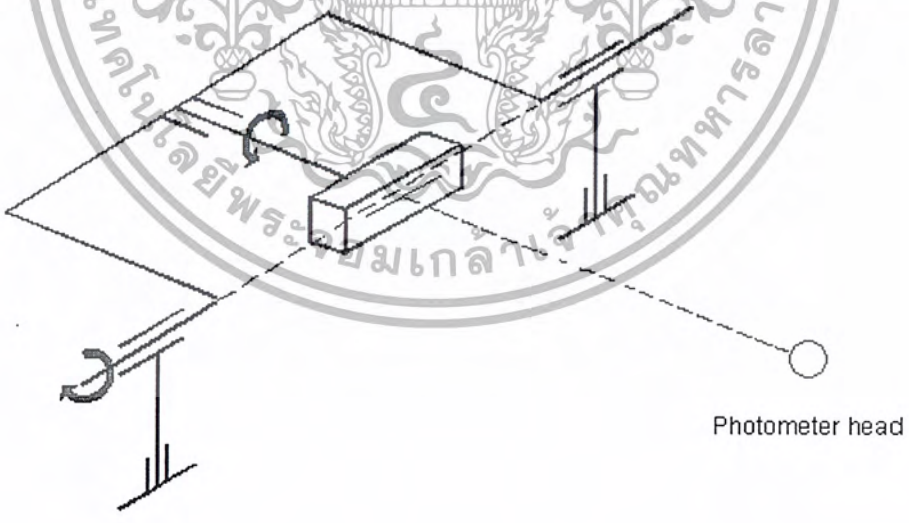
รูปที่ 3.6 ค่ามุมเอียงของแต่ละระนาบและมุมในระนาบของโกนิโอโฟโตมิเตอร์
ที่อาศัยอุปกรณ์ช่วยในการหมุนแหล่งกำเนิดแสง แบบที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบที่ 3 แกนแนวดิ่งอยู่กับที่และสามารถหมุนแกนในแนวระนาบได้ ในการเปลี่ยนเพลน(รูปที่ 3.7) การวัดจะทำในเพลน C และพื้นผิวทรงกรวยแบบที่ 2 จะเหมือนแบบที่ 3 ถ้าแหล่งกำเนิดแสงถูกหมุนไป 90 องศา

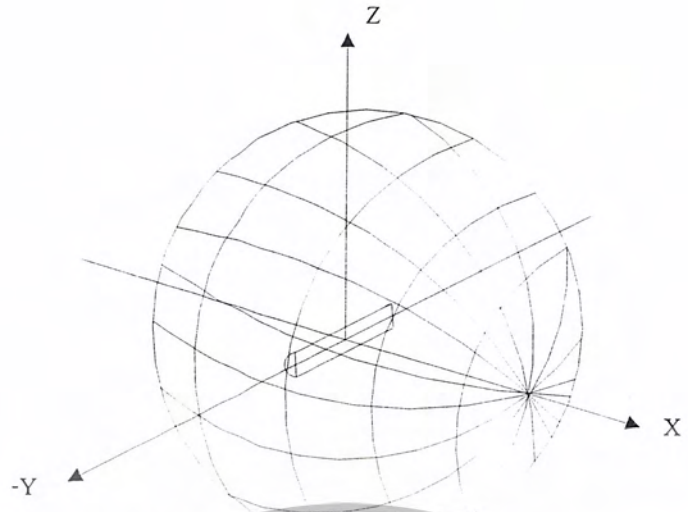


รูปที่ 3.7 โกนิโอโฟโตมิเตอร์ที่อาศัยอุปกรณ์ช่วยในการหมุนแหล่งกำเนิดแสง แบบที่ 3



รูปที่ 3.8 โกนิโอโฟโตมิเตอร์ที่อาศัยอุปกรณ์ช่วยในการหมุนแหล่งกำเนิดแสง แบบที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 ตำแหน่งการวัดบนทรงกลมเสมือนรอบดวงโคมของโกนิโอโฟโตมิเตอร์ที่อาศัยอุปกรณ์ช่วยในการหมุนแหล่งกำเนิดแสง แบบที่ 3

รูปที่ 3.10 ค่ามุมเอียงของแต่ละระนาบและมุมในระนาบของโกนิโอโฟโตมิเตอร์ที่อาศัยอุปกรณ์ช่วยในการหมุนแหล่งกำเนิดแสง แบบที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ตัวตรวจวัดช่วย

แหล่งกำเนิดแสงที่มีการกระจายความเข้มส่องสว่าง(สัมบูรณ์) จะเปลี่ยนแปลงเนื่องจากการเปลี่ยนตำแหน่งเผาไหม้ แต่ไม่เปลี่ยนการกระจายความเข้มส่องสว่างสัมพันธ์(ในหลอดฟลูออเรสเซนต์และโคมที่ใช้หลอดนี้) เราสามารถวัดได้โดยโกนิโอโฟโตมิเตอร์โดยการที่แหล่งกำเนิดแสงถูกหมุน ถ้าการวัดทำอย่างถูกต้องโดยตัวตรวจวัดช่วย ถ้าต้องการความแม่นยำในการวัดในวิธีการนี้ไม่แนะนำให้ใช้ เครื่องวัดความเข้มแสงที่แยกหัววัดความสว่าง สามารถใช้เป็นตัวตรวจจับอ้างอิงได้ ตัวตรวจวัดช่วยจำเป็นต้องอยู่นิ่งภายใต้แหล่งกำเนิดแสง และยังต้องเคลื่อนที่ตามการเคลื่อนที่ของแหล่งกำเนิดด้วย

ตัวตรวจวัดช่วยควรรับความสว่างจากทุกส่วนของพื้นที่ที่เปล่งแสง และไม่ควรถูกบดบังความสว่างที่มาจากแหล่งกำเนิดแสง

ในการวัดการกระจายความเข้มส่องสว่าง อย่างแรกจำเป็นต้องได้ค่าจากการอ่านตัวตรวจวัดช่วยในตำแหน่งเผาไหม้ปกติของแหล่งกำเนิดแสง ในการหมุนแหล่งกำเนิดแสงรอบแกนแนวระนาบค่าที่อ่านได้จากตัวตรวจวัดช่วยสามารถปรับปรุงในระดับคงที่ได้โดยการปรับให้ตรงกันของแหล่งจ่ายแรงดัน

3.1.3 โกนิโอโฟโตมิเตอร์ที่อาศัยการเคลื่อนย้ายหัววัดความสว่าง

1. หลักการ

แหล่งกำเนิดแสงจะถูกหมุนรอบแกนแนวดิ่ง และหัววัดความสว่างจะเคลื่อนที่รอบแหล่งกำเนิดแสงในเพลนแนวดิ่ง หรือสามารถใช้หัววัดความสว่างหลายตัวติดไว้ตามจุดต่างๆบนเพลนแนวดิ่งแทนการเคลื่อนที่ของหัววัดความสว่างได้ ซึ่งจะได้ผลเช่นเดียวกัน และสามารถแทนการหมุนโคมโดยจัดเรียงหัววัดความสว่างในเพลนแนวดิ่งเพลนต่างๆ

หมายเหตุ : การใช้หัววัดความสว่างประจำตำแหน่งในเพลนแนวดิ่งเดียวหรือหลายเพลน จะต้องใช้จำนวนหัววัดความสว่างเท่ากับจำนวนมุมที่ต้องการวัด หัววัดความสว่างทุกตัวจะต้องปรับให้ได้มาตรฐานแยกจากกัน ซึ่งเป็นข้อเสียที่เห็นได้ชัดในทางปฏิบัติในการหมุนสามารถใช้โครงสร้างธรรมดาทางกลและมีผลให้ช่วงเวลาในการวัดลดลง

2. การนำไปใช้

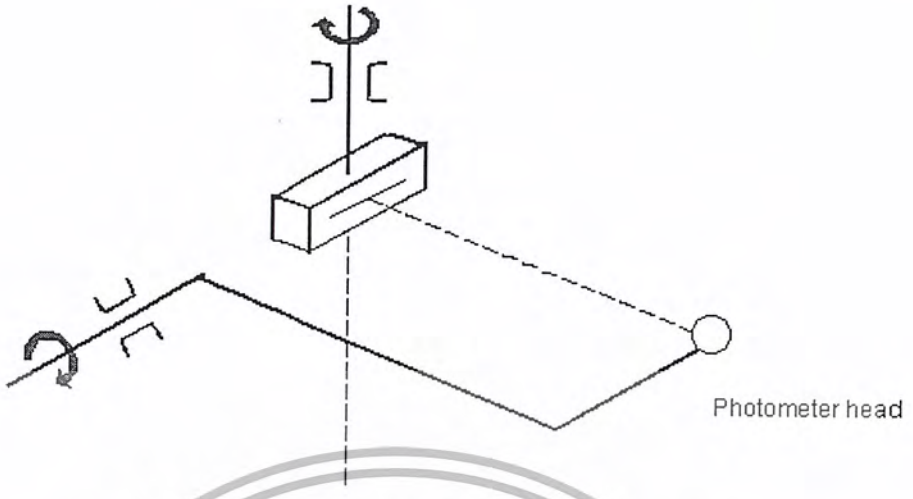
เนื่องจากแหล่งกำเนิดแสงถูกหมุนตามแกนแนวดิ่งเท่านั้น และสามารถวัดในตำแหน่งเผาไหม้ปกติของตัวเอง จึงสามารถวัดหลอดและโคมทุกชนิดได้ และเงื่อนไขที่จะทำให้ค่าที่วัดมีความแม่นยำคือระยะห่างระหว่างแหล่งกำเนิดแสงกับหัววัดความสว่าง การวัดระยะห่างนี้จะใช้ความสัมพันธ์ของความลึกและความสูงของห้องเป็นสำคัญ

3. โครงสร้างเบื้องต้น

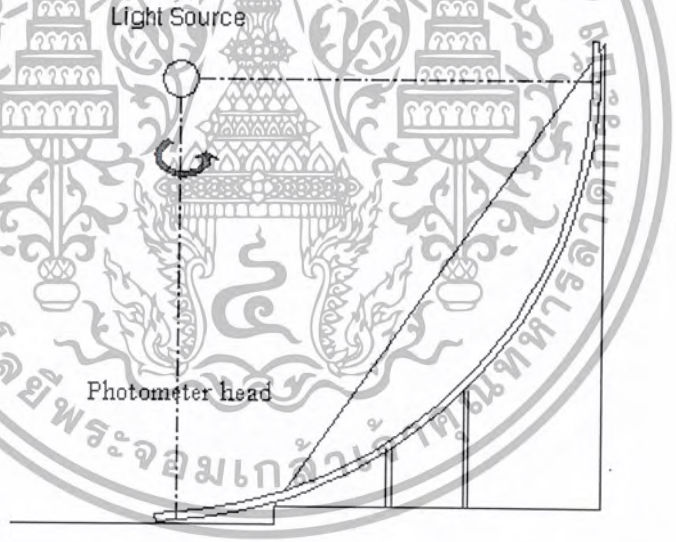
โกนิโอโฟโตมิเตอร์ที่อาศัยการเคลื่อนย้ายหัววัดความสว่างจะแบ่งได้ 3 ชนิด

แบบที่ 1 แหล่งกำเนิดแสงถูกหมุนไปยังจุดตัดของแกนแนวระนาบ และแกนแนวดิ่ง ตามแกนแนวดิ่ง หัววัดความสว่างถูกหมุนรอบแกนแนวระนาบ(รูปที่ 3.11) หรือหัววัดความสว่างสามารถเลื่อนเป็นวงกลมในเพลนแนวดิ่งรอบแหล่งกำเนิดแสง โดยไม่มีกลไกทางกลที่แหล่งกำเนิดแสงระนาบ(รูปที่ 3.12)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



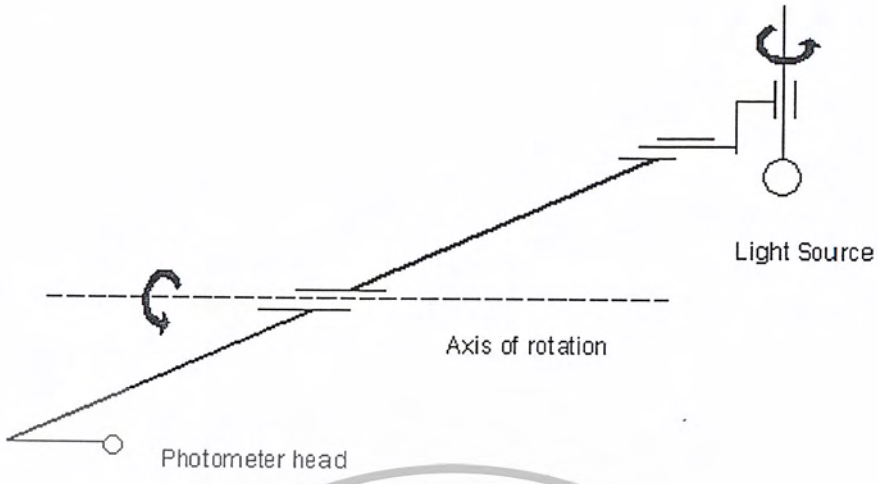
รูปที่ 3.11 โกนิโอโฟโตมิเตอร์ที่อาศัยการเคลื่อนย้ายหัววัดความสว่าง แบบที่ 1 หัววัดความสว่างถูกหมุนรอบแกนแนวดิ่ง



รูปที่ 3.12 โกนิโอโฟโตมิเตอร์ที่อาศัยการเคลื่อนย้ายหัววัดความสว่าง แบบที่ 1 หัววัดความสว่างเคลื่อนที่บนวงกลมรอบแหล่งกำเนิดโดยไม่มีเพลาทางกล

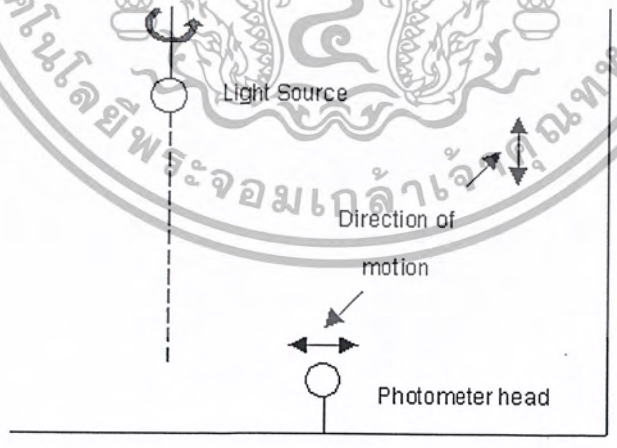
แบบที่ 2 แหล่งกำเนิดแสงและหัววัดความสว่างอยู่ปลายสุดคนละฝั่งของรัศมีแสง ซึ่งจะหมุนรอบแกนแนวระนาบผ่านจุดศูนย์กลางของลำแสง หัววัดความสว่างจะถูกทำให้อยู่นิ่งตรงกับแนวลำแสง ขณะที่เพลาหมุนพยุงตัวโคมต้องแน่ใจว่า โคมถูกแขวนเหมือนลูกดิ่งเสมือนการหมุนลำแสง แหล่งกำเนิดถูกหมุนในตำแหน่งเผาไหม้ที่กำหนดรอบแกนแนวดิ่งและจุดศูนย์กลางความสว่างของแหล่งกำเนิดถูกหมุนรอบแกนแนวระนาบในเพลนC (รูปที่3.13)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.13 โกนิโอโฟโตมิเตอร์ที่อาศัยการเคลื่อนย้ายหัววัดความสว่าง แบบที่ 2

แบบที่ 3 แหล่งกำเนิดจะถูกหมุนรอบแกนแนวดิ่งในตำแหน่งคงที่ หัววัดความสว่างถูกเคลื่อนที่ตลอดเส้นตรงในเพลน C (ทั้งแนวดิ่งและแนวระนาบ) ปราศจากเพลาหมุนทางกล(รูปที่3.14) หัววัดความสว่างที่เคลื่อนที่ สามารถจัดตามแนวแกนแสงที่จุดศูนย์กลางความสว่างของแหล่งกำเนิดแสง



รูปที่ 3.14 โกนิโอโฟโตมิเตอร์ที่อาศัยการเคลื่อนย้ายหัววัดความสว่าง แบบที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.4 โกนิโอโฟโตมิเตอร์ที่อาศัยการหมุนของกระจก

1. หลักการ

โกนิโอโฟโตมิเตอร์ชนิดนี้แหล่งกำเนิดแสงจะถูกหมุนรอบแกนแนวดิ่ง และจัดให้กระจกหมุนรอบแกนแนวระนาบ โดยตำแหน่งหัววัดความสว่างจะอยู่กับที่

หมายเหตุ : ระยะห่างระหว่างแหล่งกำเนิดแสงและหัววัดความสว่างสามารถเพิ่ม โดยการใช้กระจกสะท้อนซึ่งกว้างได้ถึงสุดห้องที่วัด การสะท้อนและโพลาไรเซชันที่เลือกใช้จากกระจกต้องนำมาใช้พิจารณาด้วย

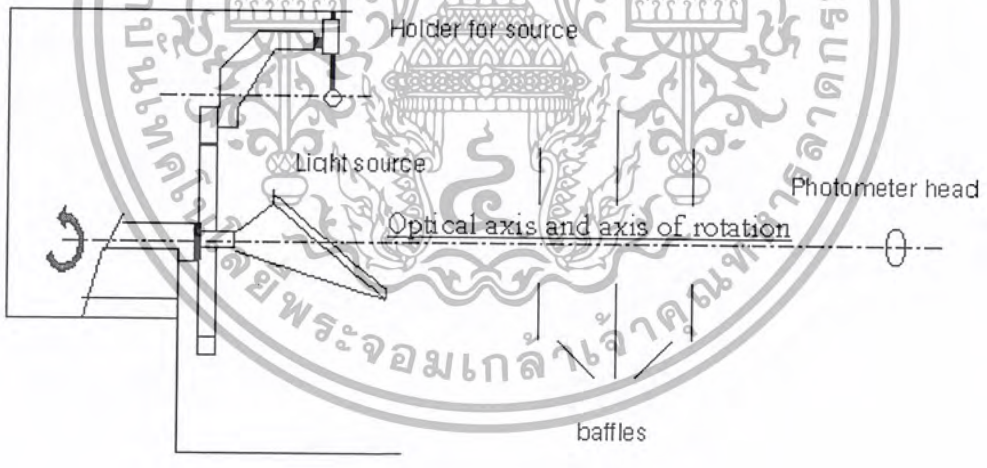
2. การนำไปใช้

เนื่องด้วยแหล่งกำเนิดแสงถูกหมุนรอบแกนแนวดิ่งเท่านั้น เพราะฉะนั้นสามารถวัดในตำแหน่งเผาไหม้ที่กำหนดได้ หลอดและโคมทุกชนิดที่ติดตั้งบนเครื่องได้ก็สามารถวัดได้

สิ่งที่ต้องมีในการวัดที่แม่นยำ คือ ระยะห่างที่มากพอระหว่างแหล่งกำเนิดแสงกับหัววัดความสว่างซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของหัววัดความสว่างที่เลือกใช้

3. โครงสร้างเบื้องต้น

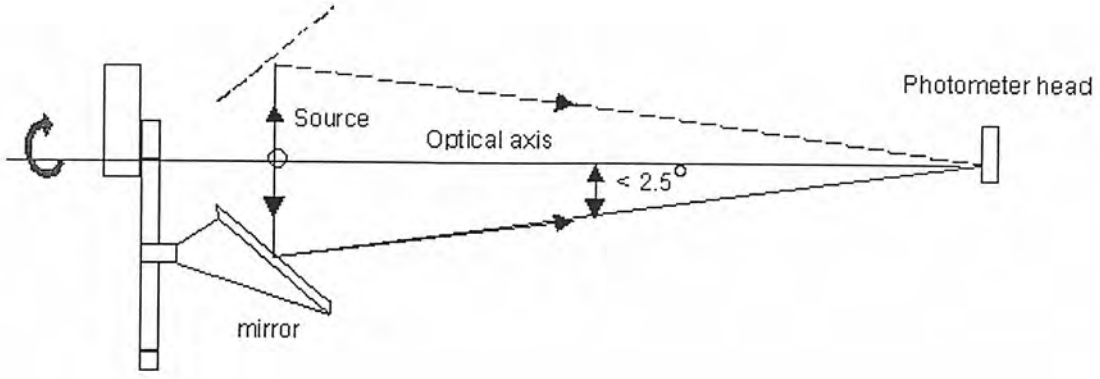
โกนิโอโฟโตมิเตอร์ที่อาศัยการหมุนของกระจกมักจะถูกสร้างโดยใช้กระจกบานเดียว เพื่อให้ง่ายต่อการจัดแสงไม่ให้ส่องจากแหล่งกำเนิดแสงถึงหัววัดความสว่างโดยตรง กระจกต้องมีขนาดใหญ่พอ



รูปที่ 3.15 โกนิโอโฟโตมิเตอร์ที่อาศัยการหมุนของกระจก(กระจกอยู่บนแกนออปติคอล)

ตัวรวมแสง ต้องวางระหว่างกระจกกับหัววัดความสว่างมากจนกระทั่งแสงที่ไม่ได้ส่องมาจากแหล่งกำเนิดโดยตรงไปถึงหัววัดความสว่างและไม่มีแสงที่สะท้อนจากพื้น เพดาน หรือผนังสามารถไปถึงหัววัดความสว่างได้ การวัดจะทำในเพลน C หรือ พื้นผิวทรงกรวย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.16 โกนิโอโฟโตมิเตอร์ที่อาศัยการหมุนของกระจก(หลอดอยู่บนแกนออปติคอล)

3.1.5 การวัดมุม

1. ความเป็นไปได้

ในการวัดความเข้มส่องสว่างภายใต้มุม 2 มุมในทิศทางที่กำหนดถูกกำหนดโดยระบบเพลน การวางตำแหน่งของแหล่งกำเนิดในโกนิโอโฟโตมิเตอร์ มักจะทำโดยใช้มือ หรือมอเตอร์ ถ้าใช้มอเตอร์ก็สามารถควบคุมได้โดยมือ หรือระบบอัตโนมัติ ระยะหลังมานี้มีการนำเอาอุปกรณ์วัดการหมุนมาใช้ ในกรณีส่วนใหญ่อุปกรณ์วัดมุมจะใช้วิธีการดังนี้

- การปรับโกนิโอโฟโตมิเตอร์โดยมือ และอ่านค่ามุมได้จากสเกลบอกค่ามุม
- การปรับโกนิโอโฟโตมิเตอร์ โดยมือหรือมอเตอร์ถอดรหัสมุม โดยใช้โพเทนทิโอมิเตอร์ (Potentiometer) ซึ่งระดับแรงดันที่ถูกสร้างจะบอกตำแหน่งของมุม
- ใช้สเตปปิงมอเตอร์ ซึ่งใช้จำนวนลูกคลื่นเป็นการบอกตำแหน่ง
- ใช้ตัวถอดรหัสมุม(Angle Encoder หรือ Pulse Generator) ซึ่งใช้การนับลูกคลื่น และต้องมีการกำหนดตำแหน่งศูนย์(Zero Position) เพิ่มเติม
- ใช้ตัวถอดรหัสมุมสมบูรณ์(Asolute Angle Encoders) ซึ่งไม่ต้องปรับค่าศูนย์(Zero Adjustment) ตำแหน่งที่เจาะจงที่เหลือจะถูกถอดรหัส ถึงแม้ว่าแหล่งจ่ายไฟจะปิดอยู่ก็ตาม มุมอ้างอิงเจาะจงที่เหลือสามารถหาได้เหมือนตำแหน่งศูนย์ โดยการวัดเฉพาะทาง โดยไม่มีการสูญเสียตำแหน่งศูนย์สมบูรณ์(Asolute Zero Position) ที่ใช้ได้อย่างต่อเนื่อง

2. ข้อกำหนด

ต้องมีการจัดวางตำแหน่งของแหล่งกำเนิดที่แม่นยำ สำหรับการวัดของแต่ละขั้นของมุมควรเลือกความละเอียดมุม 0.1 องศา(ถ้าเป็น 0.01 องศา ได้ก็จะยิ่งดี)

ผลการวัดควรแน่ใจว่าตำแหน่งที่วัดตรงตามตำแหน่งจริงของแหล่งกำเนิด และไม่แสดงค่าผิดพลาดจากความขาดเสถียรภาพของโกนิโอโฟโตมิเตอร์ หมายความว่าจำเป็นต้องใช้โครงสร้างที่แข็งแรง กับส่วนต่างๆทางกลของโกนิโอโฟโตมิเตอร์ ซึ่งจะส่งผลให้ราคาอุปกรณ์ในการทำสูงด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.6 โฟโตอิเล็กทรอนิคส์และ กระบวนการจัดการข้อมูล

โฟโตอิเล็กทรอนิคส์(Photoelectronic) จะรวมเอาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับการรับสัญญาณเข้าและประมวลสัญญาณจากหัววัดความสว่างด้วยวงจรเพิ่มเติมเพื่อแสดงความเข้มส่องสว่างในรูปอนาล็อกและดิจิตอลให้เหมาะสมกับเอาท์พุต เช่น การต่อร่วมกับคอมพิวเตอร์หรือ เอ็กซ์วาย-รีโคดเดอร์(XY-recoder) แหล่งจ่ายไฟของหัววัดของเทอร์โมสแตทมิเตอร์(thermostatted meter head) เป็นส่วนหนึ่งของโฟโตอิเล็กทรอนิคส์วงจรสำหรับออโต-แรงค์กิง(auto-ranging) ก็เป็นจุดเด่นที่มีประโยชน์ซึ่งมีอยู่โฟโตอิเล็กทรอนิกส์ เช่นกัน

หลอดที่ทำงานด้วยไฟฟ้ากระแสสลับ โดยเฉพาะหลอดดิสชาร์ตจะมีความถี่เอาท์พุทต์ลดลงเป็นสองเท่าของความถี่แหล่งจ่าย ผลการวัดจะไม่มีผลจากการลดลงนี้โดยการใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีช่วงเวลาคงที่(time-constant) ยาวเพียงพอหรือการรวมของเวลา(time integrating) อย่างไรก็ตามความถี่ที่ลดลงนี้ไม่ควรมีผลต่อการวัด เช่น ความเร็วของโกนิโอโฟโตมิเตอร์ โดยการวัดแบบ “on the fly”

สำหรับหลอดที่ใช้ไฟกระแสตรง ช่วงเวลาในการวัดทั้งหมดจะใช้น้อยกว่าหลอดที่ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ

ลักษณะของหัววัดความสว่างเครื่องวัดความเข้มแสง และความส่องสว่างในจุดที่เชื่อมต่อกับโฟโตอิเล็กทรอนิคส์จำเป็นต้องมีหลักเกณฑ์

ค่าที่ได้จากการวัด(อัตราส่วนความเข้มส่องสว่าง ตำแหน่งมุมทั้งสอง และค่าที่อ่านได้จากตัวตรวจจับย่อย) สามารถรับได้ผ่านทาง

- การบันทึกค่าที่ต้องการแสดงในรูปอนาล็อกและดิจิตอล
- การพิมพ์ค่าที่วัดได้ด้วยเครื่องพิมพ์ที่เหมาะสม
- การวัดการกระจายความเข้มส่องสว่างโดยตรงจากเอ็กซ์วาย-รีโคดเดอร์ ในรูปแบบเชิงขั้ว(Polar) และ พิกัดคาร์ทีเซียน(Cartesian coordinates)
- การเก็บข้อมูลในคอมพิวเตอร์

การวัดอัตโนมัติสมบูรณ์และสิ่งที่ได้มาของการกระจายความเข้มส่องสว่างต้องใช้คอมพิวเตอร์ คอมพิวเตอร์ที่ใช้สำหรับการคำนวณและพิมพ์ค่าที่สำคัญที่วัดได้ควรถูกเลือกบนพื้นฐานของข้อมูลที่ต้องการจากแหล่งกำเนิดแสง รวมถึงพิมพ์การกระจายความเข้มส่องสว่างในรูปแบบตารางและกราฟ

ส่วนเพิ่มเติม ; สำหรับหลอดควรมีการพิมพ์ค่าฟลักซ์ส่องสว่าง และค่าประสิทธิภาพการส่องสว่าง สำหรับโคมควรมีฟลักซ์ส่องสว่างทั้งหมดของโคม อัตราส่วนเอาท์พุทต์แสงของโคมและการกระจายของค่าเฉลี่ยความเข้มแสง(สำหรับการหาค่าจำกัดของแกลร์) สำหรับโคมฉาย(Flood light) ควรมีค่าความแตกต่าง 1 ใน 10 ส่วนของค่าสูงสุดในแนวดิ่งและแนวระนาบของฟลักซ์ที่เป็นประโยชน์ ค่าตัวประกอบการใช้ประโยชน์ (Utitlzation factor) และอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.7 การปรับมาตรฐาน

การปรับมาตรฐานเป็นการปรับเครื่องโกนิโอมิเตอร์ที่จะใช้ทำการทดสอบการกระจายความเข้มส่องสว่างของโคมมีสภาวะตามข้อกำหนดมาตรฐานเสียก่อน เพื่อให้ได้ค่าจากการทดสอบที่ถูกต้อง

การปรับสามารถใช้วิธีหลอดมาตรฐานความเข้มส่องสว่าง หรือปรับมาตรฐานเครื่องมือวัดความเข้มส่องสว่าง(Luminance meter) และวัดระยะห่างระหว่างจุดตัดของแกนและพื้นที่ที่ยอมรับ สำหรับโกนิโอมิเตอร์ที่อาศัยการหมุนกระจกจะใช้หลอดมาตรฐานความเข้มส่องสว่าง รวมถึงลักษณะของกระจกด้วย

1. มาตรฐานความเข้มส่องสว่าง

หลอดมาตรฐานความเข้มส่องสว่าง ถูกติดตั้งในตำแหน่งจุดศูนย์กลางความสว่างที่จุดตัดของแกนในตำแหน่งจุดเผาไหม้ที่แม่นยำ ด้วยวิธีนี้ความเข้มส่องสว่างจะถูกวัดในทิศทางที่หลอดถูกปรับ ตามที่กล่าวมาจะได้ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มส่องสว่างและค่าที่อ่านได้

2. การปรับเครื่องมือวัดความเข้มแสง

การปรับเครื่องมือวัดความเข้มแสงจะถูกปรับบนชุดอุปกรณ์ทดสอบการกระจายแสง และระยะห่างระหว่างจุดตัดแกนกับพื้นที่ที่ทำการวัด จากข้อมูลเป็นไปได้ว่า ในการคำนวณความเข้มส่องสว่างตามกฎระยะทางความสว่าง สำหรับหัววัดความสว่างแบบใช้การรวมความส่องสว่าง จะไม่มีการกำหนดระยะทางในการวัด ถ้าพิสูจน์ได้ว่าค่าที่อ่านได้นั้นมีอิสระต่อระยะทาง

3. การวัดความสัมพันธ์

การวัดการกระจายความเข้มส่องสว่างสมบูรณ์ไม่ต้องการการปรับมาตรฐานพิเศษ แต่จำเป็นที่โฟโตมิเตอร์ต้องมีความเป็นเชิงเส้น

3.1.8 การปรับทางกลศาสตร์

การปรับทางกลศาสตร์ เป็นการปรับเครื่องโกนิโอโฟโตมิเตอร์ให้มีสภาวะเป็นไปตามการปรับมาตรฐาน ซึ่งมีการแยกปรับเป็น 3 แบบดังนี้

1. โกนิโอโฟโตมิเตอร์ที่อาศัยอุปกรณ์ในการช่วยหมุนแหล่งกำเนิดแสง

สำหรับโกนิโอมิเตอร์ชนิดนี้ แกนที่หมุนต้องตั้งฉากและต้องมีจุดตัดแกน ต้องมั่นใจว่าแกนแนวระนาบและแนวดิ่งมีลักษณะเช่นเดียวกันตามทิศทางที่โจทย์กำหนด และควรมีการตรวจสอบให้มีระดับความแม่นยำสูงโดยความไม่แน่นอนต้องไม่เกิน 0.01 องศา

กระจกที่มีพื้นผิวเกลี้ยงเกลาและมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตรจะถูกวางในตำแหน่งของแหล่งกำเนิดแสงในเพลนที่ผ่านจุดศูนย์กลางของแหล่งกำเนิดแสงที่จุดตัดของแกน ซึ่งธรรมดาจะอยู่ในทิศทางของแกนออปติคอลของโกนิโอโฟโตมิเตอร์ (เส้นระหว่างจุดตัดของแกน และจุดศูนย์กลางของหัววัดความสว่าง)

จุดตัดของแกนและจุดศูนย์กลางของบริเวณที่วัดถูกปรับในระดับความสูงเดียวกัน โดยวิธีการดู ระดับของเหลวในท่อ (hose level) เลเซอร์ที่เสถียรถูกกำหนดตำแหน่งที่ตรงกลางของพื้นที่เปล่งแสง และได้ตรงกับตรงกลางของพื้นที่ที่ยอมรับได้หัววัดความสว่าง(ที่ถอดออกได้) ลำแสงจะถูกเล็งมาตรงกลาของกระจกบนอุปกรณ์หมุนของแหล่งกำเนิดแสง

อุปกรณ์หมุนสำหรับแหล่งกำเนิดแสงถูกปรับโดยลำแสงเลเซอร์ที่ถูกสะท้อนกลับอย่างแม่นยำสู่ ตัวอุปกรณ์เอง จึงสามารถตรวจส่วนที่ขาวของพื้นที่สะท้อนแสงที่กระจายโดยรอบพื้นที่ที่ปล่อยเลเซอร์ และตำแหน่งที่มองเห็นบนพื้นที่ที่ปล่อยเลเซอร์ของลำแสงเลเซอร์สะท้อน ซึ่งมีกระบวนการดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- โกนิโอโฟโตมิเตอร์แบบที่ 1 และ แบบที่ 2

ถ้ากระจกถูกหมุนรอบแกนแนวดิ่ง (ซึ่งเป็นแนวอิงของโกนิโอโฟโตมิเตอร์ของแบบที่ 2 ด้วย) ลำแสงเลเซอร์สะท้อนควรกระทบกำแพงของห้องวัดความสว่างตามแนวระนาบ ถ้าลำแสงกระทบกำแพงด้านข้างของจุดตัดของแกนของอุปกรณ์หมุนสำหรับแหล่งกำเนิด และกระทบความสูงของตำแหน่งตรงกลางของพื้นที่ที่ปล่อยเลเซอร์ (ตรวจสอบโดยการดูระดับของเหลวในท่อ) เมื่อแกนแนวดิ่งถูกหมุนไป 45 องศา ในทิศทางรอบแกนแนวระนาบ

เมื่ออุปกรณ์ช่วยหมุนสำหรับการหมุนแหล่งกำเนิดไป 45 องศา ในทิศทางรอบแกนแนวระนาบ เหตุการณ์ที่ลำแสงเลเซอร์สะท้อนบนพื้นหรือเพดานควรตรงกันที่เส้นแนวดิ่งผ่านจุดตัดของแกน

- โกนิโอโฟโตมิเตอร์ แบบที่ 3

การปรับแกนแนวดิ่งตรวจสอบได้เช่นเดียวกับ แบบที่ 1 และ แบบที่ 2 ตำแหน่งของแกนแนวระนาบถูกตรวจสอบโดยหมุนกระจกรอบแกนแนวระนาบ ในกรณีนี้ตำแหน่งลำแสงเลเซอร์สะท้อนในเพลนของบริเวณที่วัดของหัววัดความสว่างต้องไม่เปลี่ยงแสง

2. โกนิโอโฟโตมิเตอร์ที่อาศัยการเคลื่อนย้ายหัววัดความสว่าง

ในการตรวจสอบการปรับแกนแนวดิ่งของอุปกรณ์หมุนสำหรับแหล่งกำเนิดแสง หัววัดความสว่างจะเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งต่ำสุด ($\gamma = 0^{o}$) เลเซอร์จะถูกแขวนในตำแหน่งของแหล่งกำเนิดแสง ซึ่งลำแสงเลเซอร์เล็งไปตรงกลางของพื้นที่ที่ยอมรับได้อย่างทั่วถึงของหัววัดความสว่าง ถ้าเลเซอร์ถูกหมุนรอบแกนแนวดิ่ง ตำแหน่งของลำแสงในเพลนของพื้นที่ที่ยอมรับได้ไม่ควรเปลี่ยนแปลง

สำหรับการตรวจสอบตำแหน่งของแกนแนวระนาบ จะมีการแขวนสายสีขาวที่มีน้ำหนักที่ปลายเส้นตามแนวดิ่ง ถ้าเลเซอร์ถูกวางในจุดที่หัววัดความสว่างและลำแสงเลเซอร์กระทบกับสายสีขาว เมื่อนั้นแกนแนวระนาบจะถูกกำหนดให้ตั้งที่ที่ลำแสงพุ่งไป จุดเดียวกันบนสายสีขาวเมื่อแกนแนวระนาบถูกหมุน

3. โกนิโอโฟโตมิเตอร์ที่อาศัยการหมุนกระจก

ในการตรวจสอบการปรับของโกนิโอมิเตอร์ที่อาศัยการหมุนกระจก แขนที่ใช้วัดจะถูกใส่เข้าไปในที่รองรับของแหล่งกำเนิดแสง ซึ่งประกอบด้วยแกนแนวดิ่งและเส้นผ่านศูนย์กลางยาวไม่กี่เซนติเมตรที่จุดตัดของแกน(ที่ตั้งของจุดศูนย์กลางความสว่าง) ตำแหน่งของศูนย์กลางความสว่างจะถูกกำหนดบนนั้น หัววัดความสว่างถูกแทนโดยเลเซอร์ซึ่งลำแสงเลเซอร์เล็งไปยังจุดศูนย์กลางความสว่างหลังจากสะท้อนจากกระจกในทุกตำแหน่งของกระจก โดยวิธีการวางช่องใกล้กระจก ความกว้างของลำแสงเลเซอร์ควรจำกัดต่ำกว่า 10 มิลลิเมตร ลำแสงเลเซอร์ควรตกกระทบที่จุดศูนย์กลางความสว่างไม่ว่าตำแหน่งใดของกระจกเมื่อหมุนกระจก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ข้อมูลของดวงโคม

3.2.1 ดวงโคมภายใน

ดวงโคม(Interior light) ที่ใช้ภายในจะประกอบไปด้วย ดวงโคมที่ใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ ดวงโคมแบบไฟส่องลง(Down Light) ดวงโคมHigh Bay

3.2.1.1 ข้อกำหนดสำหรับการทดสอบ

การทดสอบคุณลักษณะทางแสงของหลอดฟลูออเรสเซนต์ ควรปฏิบัติตามเงื่อนไขให้ถูกต้อง ดังจะกล่าวต่อไปนี้

จุดประสงค์ของการทดสอบ คือ เพื่อวัดคุณสมบัติการส่องสว่างโดยวิธีที่เป็นที่ยอมรับ ภายใต้สภาวะ มาตรฐานซึ่งเปรียบเทียบระหว่างห้องทดสอบกับการใช้งานในทางปฏิบัติที่ออกแบบมา

1. สภาวะการทดสอบมาตรฐาน

ผลการวัดคุณสมบัติทางแสง ควรจะรายงานสิ่งที่เกี่ยวข้องตามสภาวะการทดสอบมาตรฐาน ซึ่งในสภาวะดังกล่าวสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการวัดทั้งหลอดเปลือย และโคม

- อุณหภูมิบรรยากาศแวดล้อมเท่ากับ 25 องศาเซลเซียส
- มีการเคลื่อนที่ของอากาศแวดล้อมหลอดและโคม
- สามารถติดตั้งโคมได้อย่างอิสระ
- ในกรณีการติดตั้งของหลอดเปลือยควรวางในแนวนอน สำหรับการติดตั้งโคมควรวางในตำแหน่งที่ออกแบบมาใช้งาน

2. สภาวะการทดสอบในทางปฏิบัติ

ในทางปฏิบัติไม่สามารถวัดค่าทางแสงของหลอด หรือโคมที่ประกอบด้วยหลอด โดยไม่มีความแตกต่างของอุณหภูมิบรรยากาศในบริเวณทดสอบได้ ดังนั้น การทดสอบควรทำตามสภาวะห้องทดสอบ

1. การผันแปรของอุณหภูมิบรรยากาศแวดล้อม

ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิบรรยากาศแวดล้อม(t_m) ควรมีค่า 25 ± 2 องศาเซลเซียส ตลอดการทดสอบหลอดหรือโคมที่ติดตั้งหลอด

ความแตกต่างค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิบรรยากาศแวดล้อม ระหว่างการเปรียบเทียบหลอดและค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิบรรยากาศแวดล้อมของโคมในระหว่างการทดสอบไม่ควรเกิน 2 องศาเซลเซียส ถ้าการวัดค่าทางแสงเป็นตามข้อกำหนดควรมีอุณหภูมิบรรยากาศแวดล้อม 25 องศาเซลเซียส อย่างไรก็ตามถ้าการวัดไม่เป็นตามข้อกำหนด ควรคำนึงถึงค่าตัวประกอบค่าแก้ไขด้วย ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิบรรยากาศแวดล้อมควรกำหนดตามดังนี้

- สำหรับหลอดหรือโคมที่ตำแหน่งติดตั้งคงที่ (ตำแหน่งการติดตั้งปกติ)

ควรนำเทอร์โมมิเตอร์ 2 อันวางห่างกัน 0.5 เมตร ที่แต่ละขอบของโคมและหลอดในทิศทางแกนตามแนวยาว ซึ่งจะได้อุณหภูมิ t_1 และ t_1' ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ t_m แสดงได้ดังสมการ(3.1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$t_m = \frac{(t_1 + t_1')}{2} \tag{3.1}$$

- สำหรับหลอดหรือโคมที่วางในตำแหน่งการติดตั้งปกติแต่มีการเคลื่อนที่ในการประเมินค่า (โฟโตมิเตอร์ที่เคลื่อนในเพลนแนวดิ่ง)

ควรนำเทอร์โมมิเตอร์ 2 อันวางห่างกัน 0.5 เมตร ที่แต่ละขอบของโคมและหลอดในทิศทางแกนตามแนวยาว ที่ยอดของจุดตัดจะให้อุณหภูมิ t_1 และ t_1' ในทำนองเดียวกันวาง เทอร์โมมิเตอร์ 2 อัน ที่ตำแหน่งต่ำสุดของจุดตัดจะให้อุณหภูมิ t_2 และ t_2' ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ t_m หาได้จากสมการที่ (3.2)

$$t_m = \frac{(t_1 + t_1' + t_2 + t_2')}{4} \tag{3.2}$$

- สำหรับหลอดหรือโคมที่หมุนรอบจุดศูนย์กลางของแสง

ควรนำเทอร์โมมิเตอร์ 2 อันวางห่างกัน 0.5 เมตร ที่แต่ละขอบของโคมและหลอดในทิศทางแกนหมุนอยู่ในแนวตั้งฉาก ซึ่งจะให้อุณหภูมิ t_1 และ t_2 ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ t_m สามารถแสดงได้ดังสมการ

$$t_m = \frac{(t_1 + t_2)}{2} \tag{3.3}$$

2. การจำกัดค่าผิดพลาดเนื่องจากการเคลื่อนที่ของอากาศ

การเคลื่อนที่ของอากาศรอบหลอดและโคมระหว่างการทดสอบ จะทำให้อุณหภูมิการทำงานของหลอด หรือโคมลดลง การเคลื่อนที่ของอากาศอาจมีสาเหตุ มาจากกระแสลม เครื่องปรับอากาศหรือการเคลื่อนที่ของการส่องสว่างบน โฟโตมิเตอร์ซึ่งควรทำตามข้อแนะนำในการทดสอบตามสภาวะห้องทดสอบดังนี้

- การเคลื่อนที่ของอากาศเนื่องจากการเคลื่อนที่ของหลอดหรือโคมขณะวัดความส่องสว่าง

การอ่านค่าความเข้มส่องสว่าง ควรทำหลังจากถึงช่วงเสถียรภาพของหลอดเปลือยหลอดควรจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสม่ำเสมอตลอด 360 องศา ของการเคลื่อนที่ของโฟโตเซลล์ในระนาบแนวดิ่ง หลังจากนั้นควรทำการวัดค่าความเข้มส่องสว่างอีกครั้งทันที

การอ่านค่าความเข้มส่องสว่างทั้ง 2 ครั้ง ควรจะวัดที่อุณหภูมิและทิศทางเดียวกัน การทดสอบครั้งที่ 2 หรือการทดสอบที่คล้ายกันควรมีการตรวจสอบผลกระทบจากการหมุนของหลอดตลอด 360 องศา ในแนวระนาบที่ความเร็วการหมุนปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การเคลื่อนที่อากาศเนื่องจากกระแสลมหรือเครื่องปรับอากาศ

การอ่านค่าทางแสงของหลอดเปลือยควรทำหลังจากถึงช่วงเสถียรภาพของหลอดตาม สภาวะห้องทดสอบ และความเข้มส่องสว่างในทิศทางการวัดที่กำหนดที่รู้ค่าอุณหภูมิบรรยากาศควรปิดเครื่องปรับอากาศ การไหลเวียนของอากาศผ่านช่องอากาศจะลดลงและหลอดจะกลับเข้าสู่สภาวะเสถียรภาพและวัดความเข้มส่องสว่างอีกครั้งที่อุณหภูมิบรรยากาศเดียวกัน การทดสอบเดียวกันนี้ควรทำตามที่ระบุไว้กับโคม การทดสอบนี้ควรทำซ้ำตามจำนวนหลอดหรือโคมในการวัดความส่องสว่าง

- สภาวะห้องทดสอบ

การพิจารณาสภาวะห้องทดสอบว่าสามารถยอมรับได้ คือ ผลรวมของความแตกต่างระหว่างค่าที่วัดได้ตาม หัวข้อการเคลื่อนที่ของอากาศเนื่องจากการเคลื่อนที่ของโคมหรือหลอด และการเคลื่อนที่ของอากาศ เนื่องจากเครื่องปรับอากาศไม่เกิน 2 เปอร์เซ็นต์

- ทิศทางการติดตั้งที่ไม่เป็นตามมาตรฐานของหลอดและโคม

เมื่อหลอดหรือโคมที่ ไม่สามารถติดตั้งในการวัดการกระจายแสงในแกนหลักหรือแกนช่วยดังที่กล่าวถึงในเรื่องตำแหน่งการติดตั้ง ดังนั้นผลลัพธ์ที่ได้ควรจะต้องถูกปรับตัวประกอบค่าแก้ไข

- การใช้งานในสภาวะที่ไม่เป็นตามมาตรฐาน

ถ้าสภาวะการใช้งานของโคมไม่ได้ทำตามสภาวะมาตรฐานการทดสอบ ดังที่กล่าวไว้ในเรื่องสภาวะการทดสอบมาตรฐาน ควรพิจารณาค่าตัวคูณแก้ไขสำหรับสภาวะการใช้งานนั้นโดยเฉพาะ

- อุปกรณ์ไฟฟ้า

1. แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าและความถี่

แรงดันและความถี่ที่จ่ายที่ขั้วของโคม ควรเป็นค่าที่ระดับพิกัดใช้งานในระหว่างการวัดแหล่งจ่ายแรงดัน และความถี่ควรรักษาให้มีระดับคงที่เปลี่ยนแปลงไม่เกิน ± 0.5 เปอร์เซ็นต์

2. แหล่งจ่ายคลื่นแรงดัน

ผลรวมของฮาร์โมนิกทั้งหมดของแหล่งจ่ายแรงดันไม่ควรเกิน 3 เปอร์เซ็นต์ ค่าฮาร์โมนิกนี้ถูกนิยามเป็น ค่ารากกำลังสองเฉลี่ยของผลรวมของส่วนประกอบฮาร์โมนิก เมื่อเทียบกับแรงดันปกติ(fundamental)

- การวัดทางไฟฟ้า

โคมควรจะทำงานที่ระดับแรงดัน ตามกำหนดตลอดการทดสอบ ควรวัดแรงดันที่โคมและบัลลาสต์ตามความเหมาะสม การวัดค่าอินพุทต์ของวัตต์ กระแส ควรถูกวัดขณะเริ่มต้นการทดสอบ ภายหลังจากหลอดเข้าสู่สภาวะเสถียรภาพแล้ว การวัดค่าอินพุทต์ของวัตต์หรือกระแสควรทำซ้ำเป็นช่วงๆตลอดการทดสอบเพื่อตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของสภาวะการใช้งานของหลอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การป้องกันแสงหักเห

แสงหักเห คือ แสงใดๆที่เข้ามาสู่โฟโตเซลล์ นอกเหนือทิศทางที่มาจากแหล่งกำเนิดแสงที่วัดอาจจะเกิดเนื่องจากการสะท้อนหรือเนื่องมาจากแหล่งกำเนิดแสงจากที่อื่น ควรจะป้องกันแสงหักเหเข้ามายังโฟโตเซลล์ให้น้อยที่สุด

โฟโตเซลล์ควรจะมีที่กำบังให้รับแสงได้เฉพาะที่มาจากโคม ที่ตำแหน่งที่ใช้กระจก โฟโตเซลล์ควรถูกกำบังให้เห็นเฉพาะภาพของโคมในกระจก และไม่ควรในทิศทางใดๆที่มาจากตัวโคม พื้นผิวใดๆ เช่นขอบของที่กำบังซึ่งขนานกับแกนของโฟโตเซลล์และโคม ควรทำร่องหรือมุมให้สะท้อนแสงไปยังโฟโตเซลล์น้อยที่สุด และควรใช้ผิวสะท้อนสีดำเท่านั้น ผนัง เพดาน หรือพื้นของห้อง หรือฉากรอบของการกระจายแสงควรจะเป็นสีดำ

สีดำที่นำมาใช้ไม่ควรมีค่าการสะท้อนมากกว่า 4 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเริ่มใช้ฉากกำบังควรถูกกั้นแสงหักเหจากโคมที่เข้ามายังโฟโตเซลล์ สำหรับมุมที่ใกล้กับระนาบ เช่น ผิวสะท้อน ค่าตัวประกอบการสะท้อนจะสูงกว่านี้ ดังนั้นถ้าเป็นไปได้ ควรป้องกันแสงหักเหจากโคมมายังโฟโตเซลล์โดยผ่านตัวสะท้อน 2 ตัว หรือมากกว่า จากผิวสะท้อนสีดำ สำหรับผิวสะท้อนผิวเดียวจำเป็นต้องคลุมด้วยกำมะหยี่สีดำหรือพรมสีดำ

แนวทางที่เป็นไปได้ที่จะเกิดแสงหักเหซึ่งไม่ควรมองข้ามสิ่งต่อไปนี้

(a) โคม - ผิวสะท้อนสีดำ(พื้น,ฉาก) - กระจก - โฟโตเซลล์

(b) โคม - ผิวสะท้อนสีดำ(พื้น,ฉาก) - โคม - กระจก - โฟโตเซลล์

(c) โคม - กระจก - โคม - กระจก - โฟโตเซลล์

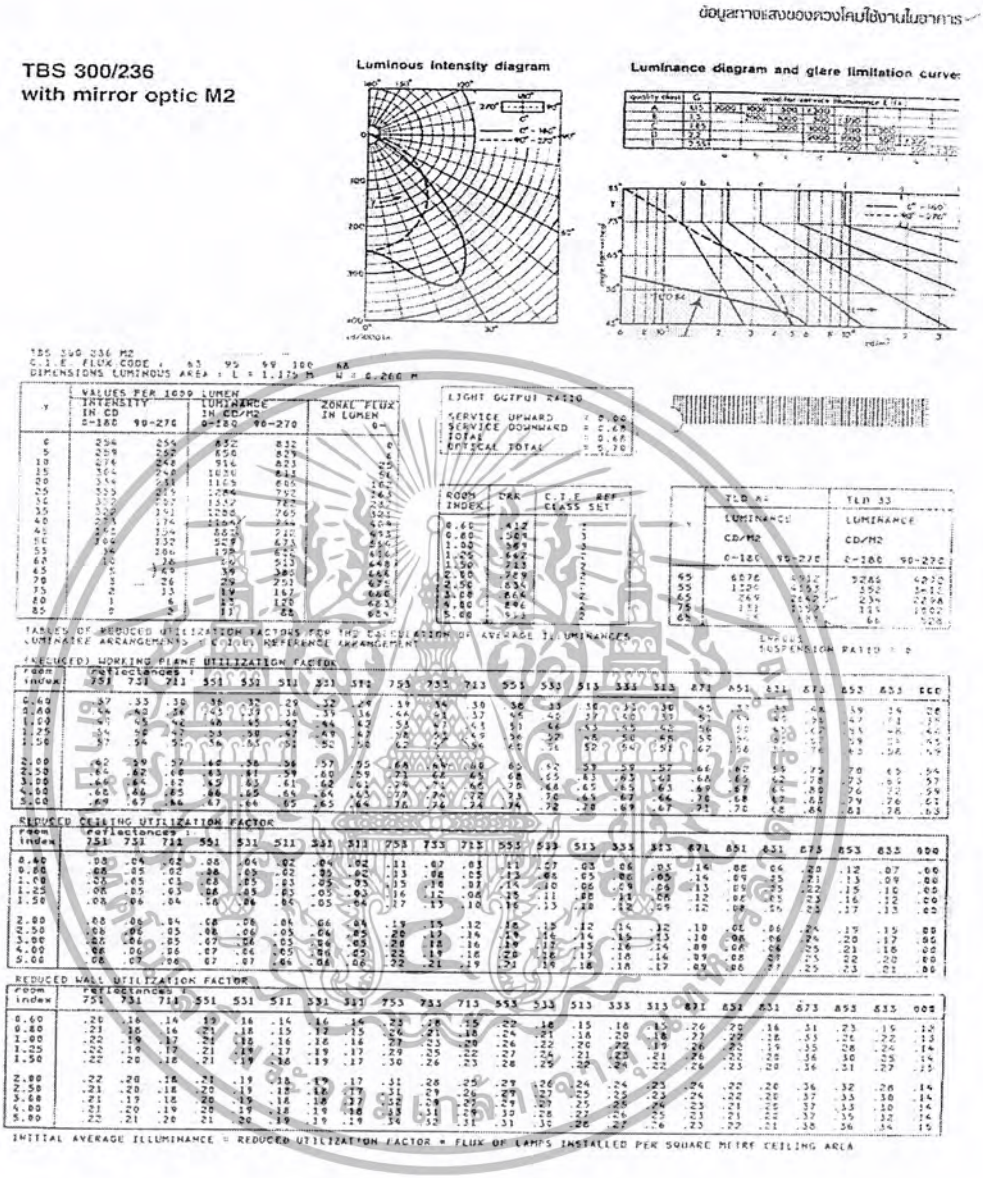
ตำแหน่งของกระจกมีผลกับค่าความส่องสว่างซึ่งอาจทำให้ค่าความผิดพลาดเพิ่มขึ้นเมื่อ

1. ระยะห่างระหว่างโคมกับกระจกลดลง
2. พื้นที่ของผิวกระจกมากเกินความจำเป็นต่อการตอบสนองกับโคม
3. มุมระหว่างกระจกกับสายตาลดลง

ผลกระทบทั้งหมดจากแสงที่หักเหยากที่จะวัดค่าได้ ยกตัวอย่างเช่นฉากที่วางในการวัดระหว่างโคมและโฟโตเซลล์ อาจเป็นทางผ่านของแสงหักเห วิธีที่ดีที่สุดคือ วางแหล่งกำเนิดของแสงหักเห ในระดับสายตาจากตำแหน่งของโฟโตเซลล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1.2 ข้อมูลทางแสงของดวงโคมภายใน



รูปที่ 3.17 ข้อมูลทางแสงของดวงโคมภายใน

จากรูปที่ 3.17 ข้อมูลที่สำคัญทางแสงของดวงโคมภายในจะประกอบไปด้วย

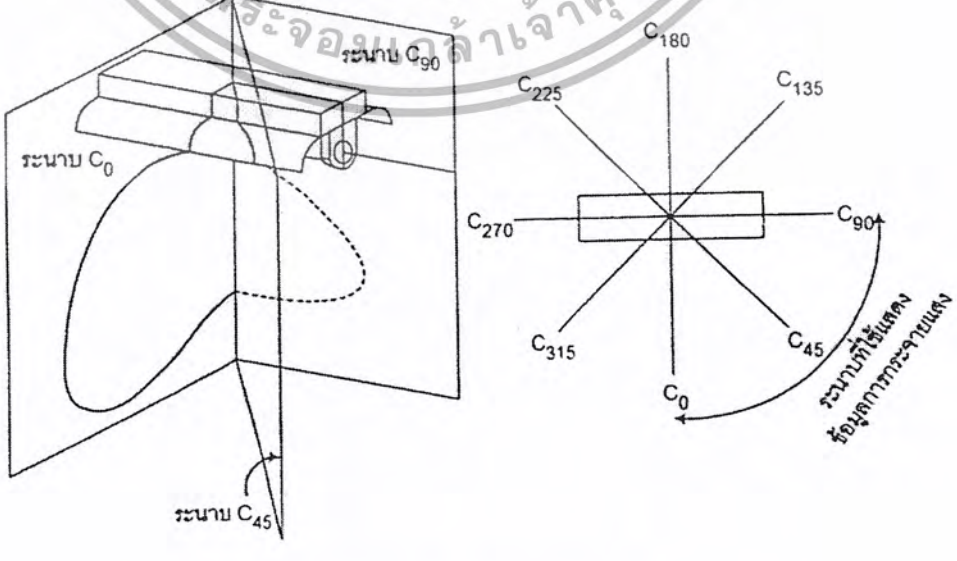
- การกระจายความเข้มส่องสว่าง
- แผนภาพความส่องสว่าง และเส้นโค้งจำกัดแสงจ้า(Glare)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การกระจายความเข้มส่องสว่าง

ในส่วนของการกระจายความเข้มส่องสว่าง เราจะพบว่าหากเป็นดวงโคมแบบไฟส่องและ High-bay การกระจายความเข้มส่องสว่าง จะมีลักษณะสมมาตรรอบแกนดิ่ง ส่วนดวงโคมที่ใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ นั้น การกระจายความเข้มส่องสว่าง บนระนาบที่ขนาน และตั้งฉากกับหลอดมักจะไม่เหมือนกันจึงมีข้อมูลเส้นโค้ง การการกระจายความเข้มส่องสว่าง อย่างน้อย 2 เส้น คือเส้นที่แสดงลักษณะการกระจายแสงบนระนาบที่ขนานกับหลอด และระนาบที่ตั้งฉากกับหลอด ในกรณีที่การกระจายความเข้มส่องสว่าง บนระนาบทั้งสองนี้แตกต่างกันมาก เราอาจจะเพิ่มเส้นโค้งการกระจายความเข้มส่องสว่าง ในมุม 45°, 22.5° และ 67.5°

รูปที่ 3.18 เส้นโค้งการกระจายความเข้มส่องสว่าง

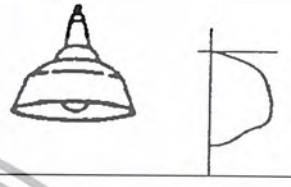
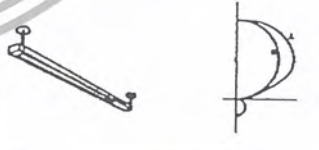
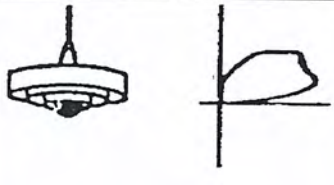


รูปที่ 3.19 ระนาบการวัดดวงโคมภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลตัวนี้จะใช้ดูการกระจายแสงของดวงโคมว่ากว้างหรือแคบเพียงใด เพื่อเลือกใช้ดวงโคมให้เหมาะกับพื้นที่ใช้งาน เช่น ในห้องที่มีขนาดเล็กควรใช้โคมที่มีการกระจายแสงแคบ เพื่อไม่ให้แสงส่วนใหญ่ตกลงบนผนัง ซึ่งเป็นส่วนที่ใช้ประโยชน์ได้น้อย หรือในทางตรงกันข้าม เราจะเลือกใช้โคมที่มีการกระจายแสงกว้างในห้องที่มีขนาดใหญ่ การจำแนกประเภทของดวงโคมตามระบบCIE จะแสดงดังตารางที่ (3.1)

ตารางที่ 3.1 การจำแนกประเภทของดวงโคมตามระบบCIE

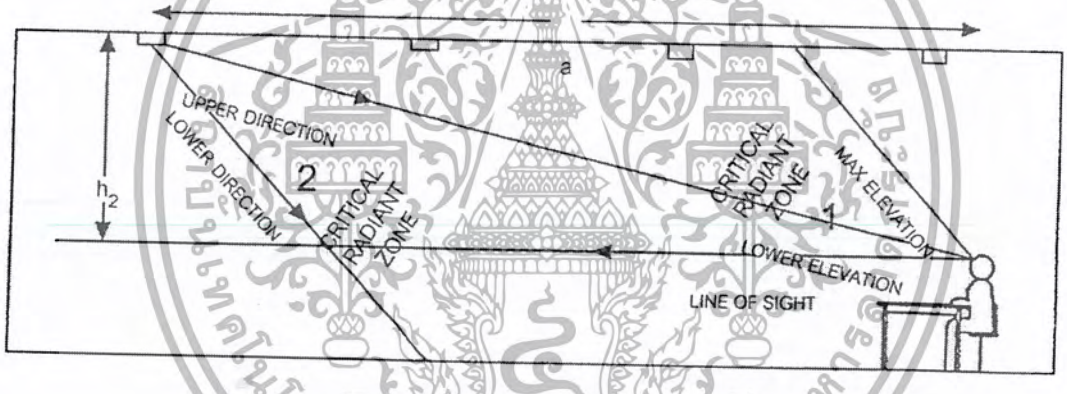
ชนิดของดวงโคม	ปริมาณของแสงส่วนที่ส่องลงข้างล่าง (%)	ตัวอย่างดวงโคมและลักษณะการกระจายแสง
1.แบบให้แสงโดยตรง (Direct)	90 – 100	
2 แบบให้แสงกึ่งโดยตรง (Semi - Direct)	60 – 90	
3. แบบกระจายแสงทั่วไป (General Diffuse) หรือแบบให้แสงโดยทางตรง - ทางอ้อม (Direct - Indirect)	40 – 60 40 – 60	
4. แบบให้แสงกึ่งทางอ้อม (Semi - Indirect)	10 – 40	
5. แบบให้แสงทางอ้อม (Indirect)	0 – 10	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

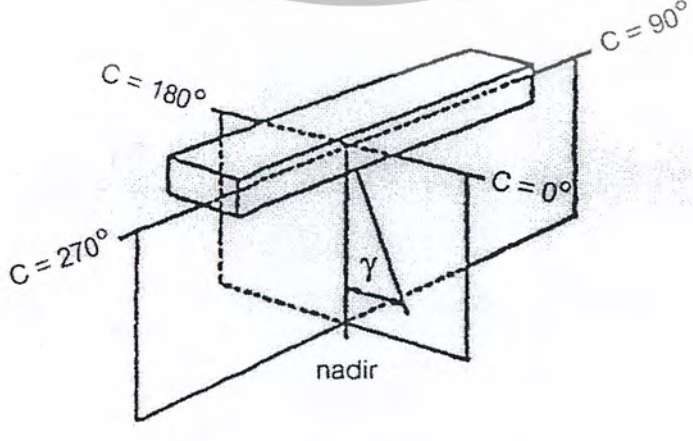
2. แผนภาพความส่องสว่าง และเส้นโค้งจำกัดแสงจ้า

ข้อมูลตัวนี้จะใช้กำหนดคุณภาพของระบบแสงสว่างที่ต้องการ โดยแบ่งชั้นคุณภาพ(Quality Class) ของระบบออกเป็นอีก 5 ระดับ คือ A B C D และ E ซึ่งตรงกับค่าพิกัดแสงจ้า(G) 1.15, 1.5, 1.85, 2.2 และ 2.55 ตามลำดับ โดยพิกัดแสงจ้าจะแบ่งออกเป็น 6 ระดับดังนี้

ระบบพิกัดแสงจ้า(G)	ความหมาย
0	ไม่มีแสงจ้า
1	ระหว่างไม่มีแสงจ้า และเริ่มสังเกตุเห็นได้
2	เริ่มสังเกตุเห็นได้
3	ระหว่างเริ่มสังเกตุเห็นได้ กับเริ่มเกิดความรำคาญ
4	เริ่มเกิดความรำคาญ
5	ระหว่างเริ่มเกิดความรำคาญ กับ ไม่อาจทนได้

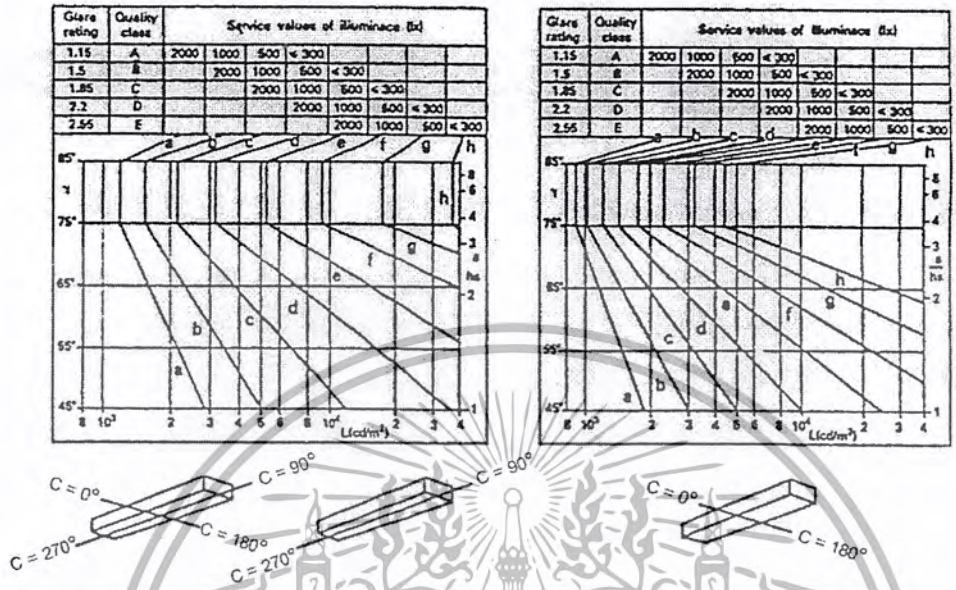


รูปที่ 3.20 ความส่องสว่างในโซน 2 ควงโคม จะทำให้เกิดแสงจ้าโดยตรง



รูปที่ 3.21 ระนาบและมุมที่วัดความส่องสว่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.22 แผนภาพเส้นโค้งจำกัดแสงจ้า

โดยคุณภาพของระบบแสงสว่างนี้จะขึ้นอยู่กับระดับความสว่างที่ต้องการด้วย ซึ่งแบ่งออกเป็น 4ระดับ คือ ≤ 300 , 500, 1000 และ 2000 ลักซ์ เช่น ถ้าเราต้องการระบบแสงสว่างในระดับ B (G = 1.5) ที่ค่าความสว่าง 1000 ลักซ์ โดยใช้ดวงโคมฟลูออเรสเซนต์ แบบฝังเพดาน จากรูป (3.20 – 3.22) จะพบว่าดวงโคมที่ใช้ จะต้องมีค่าความส่องสว่างไม่ล้ำไปทางด้านขวามือของเส้นโค้งจำกัดแสงจ้า เส้น C ตั้งแต่มุมที่วัดในแนวดิ่ง 45° - 85° จากข้อมูลทางแสงของดวงโคมในรูปที่ 3.17 จะเห็นได้ว่าดวงโคมประเภทนี้ สามารถนำมาใช้งานได้ เพราะค่าความส่องสว่างอยู่ทางด้านซ้ายมือของเส้นโค้ง C ทุกค่ามุม γ ไม่ว่าจะมองในแนวตั้งฉาก หรือขนานกับแกนของหลอดไฟ

3.2.2 ดวงโคมไฟถนน

โคมไฟถนน(Street light) เป็นโคมไฟที่ได้รับการออกแบบเพื่อความต้องการทางแสงเฉพาะกรณี คือ การให้แสงสว่างพื้นถนน และบริเวณข้างเคียง โดยมีจุดประสงค์เพื่อเพิ่มความรวดเร็วทางการจราจรรวมไปถึงความปลอดภัยของผู้ขับขี่ยวดยาน และคนเดินถนนทั่วๆไป โดยหลอดไฟที่นำมาใช้งานกับไฟถนนนั้นมีได้หลายชนิด เช่น หลอดฟลูออเรสเซนต์ อินเคนเดสเซนต์ หลอดความดันไอโซเดียมสูง ความดันไอโซเดียมต่ำ หลอดทังสเตนฮาโลเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2.1 ข้อกำหนดสำหรับการทดสอบ

การทดสอบการกระจายแสงของโคมควรทำภายใต้สภาวะและด้วยความถูกต้องดังจะได้แนะนำต่อไปนี้

1. จุดประสงค์ของการทดสอบ

จุดประสงค์ของการทดสอบคือให้ข้อมูลเกี่ยวกับคุณลักษณะการกระจายแสงแก่ผู้ใช้ ซึ่งจะนำไปคำนวณการติดตั้งระบบแสงสว่างได้อย่างถูกต้องด้วยการเปรียบเทียบค่าความส่องสว่าง ดังนั้นควรทำตามคำแนะนำต่อไปนี้

1. เหมาะสมตามสภาวะการทดสอบมาตรฐาน ดังที่ได้กล่าวถึงในหัวข้อสภาวะการทดสอบมาตรฐาน
2. การเปลี่ยนแปลงที่สามารถยอมรับได้ ซึ่งเกิดจากข้อกำหนดของห้องทดลองและเครื่องมือ
3. ใช้ตัวประกอบค่าแก้ไข เมื่อสภาวะการใช้งานของโคมแตกต่างจากสภาวะการทดสอบมาตรฐานของห้องทดสอบ

2. สภาวะการทดสอบมาตรฐาน

สภาวะการทดสอบมาตรฐานควรเป็นดังนี้

- ทิศทางการส่องสว่าง

โคมควรจะถูกแขวนอยู่ในตำแหน่งที่ออกแบบให้สำหรับใช้งาน

- แหล่งกำเนิดแสง

โดยทั่วไปการวัดการกระจายแสงควรจะทำการปรับมาตรฐานหลอด ให้สามารถทำงานที่สภาวะอื่น ซึ่งสามารถวัดฟลักซ์ความส่องสว่าง สำหรับหลอดควรจะแขวนได้ทั้งแนวตั้งฉากและแนวขนานกับพื้น แต่ถ้ามีข้อมูลของหลอดซึ่งวางได้ทั้งแนวตั้งฉากและแนวนอน ตำแหน่งในการทำการปรับมาตรฐานควรทำตามนั้น

- การเคลื่อนที่ของอากาศและอุณหภูมิล้อมรอบ

ขณะทำการปรับมาตรฐานของโฟโตมิเตอร์ อากาศโดยรอบหลอดเปลือยและโคมควรคงที่ 25 องศาเซลเซียส

- บัลลาสต์ที่ใช้ทดสอบ

บัลลาสต์ที่ใช้ในการทดสอบโคมและหลอดเปลือย ควรเป็นตัวอย่างของผลิตภัณฑ์ปกติของผู้ผลิตโคมที่ออกแบบให้ทำงานที่ตำแหน่งการติดตั้งมากกว่า 1 ตำแหน่ง ควรทำการวัดค่าเพียง 1 ตำแหน่งและควรหาค่าตัวประกอบแก้ไขด้วย

สำหรับหลอดโดยเฉพาะหลอดแบบฟลูออเรสเซนต์ และโคมที่ใช้งานกับหลอดชนิดนี้ซึ่งจะได้รับผลกระทบจากอุณหภูมิบรรยากาศล้อมรอบ และการเคลื่อนที่ของอากาศ และอีกอย่างหนึ่งคือโคมและหลอด จะได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งและทิศทางไม่ว่าจะเป็นการเปลี่ยนแปลงมากหรือน้อย

เมื่อผลของคุณลักษณะทางแสงขึ้นอยู่กับค่าองค์ประกอบ ผลของการทดสอบควรจะบอกถึงสิ่งที่เกี่ยวกับสภาวะทดสอบมาตรฐานด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. สภาวะการทดสอบในทางปฏิบัติ

ในความเป็นจริงไม่สามารถทำการวัดคุณลักษณะทางแสง ของหลอดหรือโคมที่ประกอบด้วยหลอดโดยไม่มีความแตกต่างของอุณหภูมิบรรยากาศในบริเวณทดสอบได้ การทดสอบควรทำตามสภาวะห้องทดลอง เมื่อเอาท์พุทต์ของหลอดหรือโคมได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิบรรยากาศล้อมรอบหรือการเคลื่อนที่ของอากาศ ซึ่งปกติแล้วใช้พิจารณาเฉพาะการทดสอบหลอดฟลูออเรสเซนต์หรือโคมที่ใช้ร่วมกัน แต่อาจจะมีผลสำคัญต่อหลอดแบบดิสชาร์จ บางชนิด

1. การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิบรรยากาศล้อมรอบ

ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิบรรยากาศล้อมรอบ (t_m) ควรมีค่า 25 ± 2 องศาเซลเซียส ตลอดการทดสอบหลอดหรือโคม

ความแตกต่างค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิบรรยากาศล้อมรอบ (t_m) สำหรับหลอดระหว่างทำการปรับมาตรฐาน และค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิบรรยากาศล้อมรอบของโคมในระหว่างการทดสอบไม่ควรเกิน 2 องศาเซลเซียส

ถ้าการวัดค่าทางแสงเป็นตามข้อกำหนดควรมีอุณหภูมิบรรยากาศล้อมรอบ 25 องศาเซลเซียส

ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิบรรยากาศล้อมรอบ (t_m) ควรกำหนดตามดังนี้

a.) สำหรับหลอดหรือโคมที่ตำแหน่งติดตั้งคงที่ (ตำแหน่งการติดตั้งปกติ)

ควรนำเทอร์โมมิเตอร์ 2 อันวางห่างกัน 0.5 เมตร ที่แต่ละขอบของโคมและหลอดซึ่งจะได้อุณหภูมิ t_1 และ t'_1 ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ t_m มีค่าเท่ากับ

$$t_m = \frac{(t_1 + t'_1)}{2} \tag{3.4}$$

b.) สำหรับหลอดหรือโคมที่วางในตำแหน่งการติดตั้งปกติ แต่มีการเคลื่อนที่ในการประเมินค่า (โฟโตมิเตอร์ที่เคลื่อนในแนวระนาบ) ควรนำเทอร์โมมิเตอร์ 2 อันวางห่างกัน 0.5 เมตร ที่แต่ละขอบของโคมและหลอด ที่ยอดของจุดตัดจะให้อุณหภูมิ t_1 และ t'_1 ในทำนองเดียวกันวาง เทอร์โมมิเตอร์ 2 อัน ที่ตำแหน่งจุดต่ำสุดของจุดตัดจะให้อุณหภูมิ t_2 และ t'_2 ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ t_m มีค่าเท่ากับ

$$t_m = \frac{(t_1 + t'_1 + t_2 + t'_2)}{4} \tag{3.5}$$

c.) สำหรับหลอดหรือโคมที่หมุนรอบจุดศูนย์กลางของแสง ควรนำเทอร์โมมิเตอร์ 2 อันวางห่างกัน 0.5 เมตร ที่แต่ละขอบของโคมและหลอด ในทิศทางแกนหมุนอยู่ในแนวตั้งฉาก ซึ่งจะให้อุณหภูมิ t_1 และ t_2 ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ t_m มีค่าเท่ากับ

$$t_m = \frac{(t_1 + t_2)}{2} \tag{3.6}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การจำกัดค่าผิดพลาดเนื่องจากการเคลื่อนที่ของอากาศ

การเคลื่อนที่ของอากาศอาจมีสาเหตุมาจากกระแสลม เครื่องปรับอากาศหรือการเคลื่อนที่ของการส่องสว่างบนโฟโตมิเตอร์ ซึ่งควรทำตามข้อแนะนำในการทดสอบตามสภาวะห้องทดสอบดังนี้

- การเคลื่อนที่ของอากาศ โดยการเคลื่อนที่ของโคมหรือหลอดในช่วงวัดค่าทางแสง

การอ่านค่าความเข้มส่องสว่างควรทำหลังจากการเข้าสู่เสถียรภาพของ หลอดเปลือยตามดังที่กล่าวในเรื่องเสถียรภาพของหลอด โคมและโฟโตมิเตอร์ หลอดควรจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสม่ำเสมอตลอด 360 องศา ของการเคลื่อนที่ของ โฟโตเซลล์ในระนาบตั้งฉาก และควรทำการวัดค่าความเข้มส่องสว่างอีกครั้งทันที

การทดสอบครั้งที่ 2 หรือการทดสอบที่คล้ายกันควรมีการตรวจสอบผลกระทบการหมุนของหลอดตลอด 360 องศา ในมุมสูงสุดที่ความเร็วการหมุนปกติ

การทดสอบนี้เป็นวิธีที่ไม่สามารถนำไปใช้กับการวัดค่าความเข้มแสงในลักษณะที่มีการเคลื่อนที่สัมพันธ์กันระหว่างหลอดและโฟโตเซลล์ที่ถูกนำมาใช้กับหลอดชนิดที่ติดตั้งคงที่ การทดสอบเดียวกันนี้ควรทำตามที่ระบุกับดวงโคม

- การเคลื่อนที่อากาศโดยกระแสลมหรือเครื่องปรับอากาศ

การอ่านค่าทางแสงของหลอดเปลือย ควรทำหลังจากถึงช่วงเสถียรภาพของหลอดตามสภาวะห้องทดสอบ และความเข้มส่องสว่างในทิศทางการวัดที่กำหนดที่รู้ค่าอุณหภูมิบรรยากาศ ควรปิดเครื่องปรับอากาศ การไหลเวียนของอากาศผ่านช่องอากาศจะลดลงและหลอดจะกลับเข้าสู่สภาวะเสถียรภาพและวัดความเข้มส่องสว่างอีกครั้งที่อุณหภูมิบรรยากาศเดียวกัน การทดสอบเดียวกันนี้ควรทำตามที่ระบุไว้กับโคม การทดสอบนี้ควรทำซ้ำตามจำนวนหลอดหรือโคมในการวัดความส่องสว่าง

- สภาวะห้องทดสอบ

การพิจารณาสภาวะห้องทดสอบว่า สามารถยอมรับได้คือผลรวมของความแตกต่างระหว่างค่าที่วัดได้ ตามหัวข้อการเคลื่อนที่ของอากาศเนื่องจากการเคลื่อนที่ของโคมหรือหลอด และการเคลื่อนที่ของอากาศเนื่องจากเครื่องปรับอากาศไม่เกิน 2 เปอร์เซ็นต์

- ทิศทางการติดตั้งที่ไม่เป็นตามมาตรฐานของหลอดและโคม

เมื่อหลอดหรือโคมไม่สามารถติดตั้งในการวัดการกระจายแสง ในตำแหน่งที่กำหนดตามหัวข้อสภาวะการทดสอบมาตรฐาน ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบควรมีการพิจารณาค่าตัวประกอบแก้ไข ให้สอดคล้องกับหัวข้อเรื่องการหาค่าตัวประกอบค่าแก้ไขจากการวัดหลอดหรือโคมที่ไม่ใช่ตำแหน่งมาตรฐาน

วิธีนี้เป็นที่เหมาะสม สำหรับการใช้งานด้วยโคมที่ใช้ร่วมกับหลอดฟลูออเรสเซนต์และอาจเหมาะสมเมื่อใช้งานกับหลอดบางชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม่แนะนำ ให้ทดสอบโคมในทิศทางที่ไม่ได้มาตรฐาน ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของการอาร์กในหลอด หรือในหลอดแบบทังสเตนฟิลาเมนต์ ซึ่งอาจจะเกิดขึ้นและเป็นเหตุสำคัญที่ทำให้ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงการกระจายของแสงของโคมได้

- การใช้งานในสภาวะที่ไม่เป็นตามมาตรฐาน

ถ้าการกระจายแสงของโคมในการใช้งาน แตกต่างจากสภาวะการทดสอบมาตรฐาน ควรนำตัวประกอบค่าแก้ไขมาใช้พิจารณาสำหรับสภาวะการใช้งานโดยเฉพาะ โดยปกติมักจะใช้กับโคมที่ใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์

- แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า

1. แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าและความถี่

แรงดันไฟฟ้าและความถี่ที่จะจ่ายที่ขั้วของโคม ยกเว้น หลอด tungsten filament จะใช้ระดับแรงดันพิกัดตามที่ระบุบนโคม

ในระหว่างการวัดคุณลักษณะทางแสงแรงดันไฟฟ้าและความถี่ ควรรักษาระดับให้คงที่เปลี่ยนแปลงไม่เกิน ±0.5 เปอร์เซ็นต์

2. แหล่งจ่ายคลื่นแรงดัน

ผลรวมของฮาร์โมนิกทั้งหมดของแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าไม่ควรเกิน 3 เปอร์เซ็นต์ ค่าฮาร์โมนิกนี้ถูกนิยามเป็นค่ารากกำลังสองเฉลี่ยของผลรวมของส่วนประกอบฮาร์โมนิกเมื่อเทียบกับแรงดันปกติ(fundamental)

- การวัดทางไฟฟ้า

โคมควรจะทำงานที่ระดับแรงดันตามกำหนดตลอดการทดสอบ ควรวัดแรงดันที่โคมและบัลลาสต์ตามความเหมาะสม การวัดค่าอินพุทของวัตต์ กระแส หรือแรงดันของหลอด หรือวัตต์ของหลอดดิสชาร์จ และกระแสของหลอดอินเดนเดสเซนต์ ควรจะเริ่มทำการทดสอบหลังจากหลอดได้เข้าสู่เสถียรภาพ การวัดค่าอินพุทของวัตต์และกระแสควรทำซ้ำเป็นช่วงๆตลอดการทดสอบเพื่อตรวจสอบความการเปลี่ยนแปลงของสภาวะการทำงานของหลอด

- การป้องกันแสงหักเห

แสงหักเห คือแสงใดๆที่เข้ามาสู่โฟโตเซลล์นอกเหนือทิศทางที่มาจากแหล่งกำเนิดแสงที่วัด อาจจะเกิดเนื่องจากการสะท้อนหรือเนื่องมาจากแหล่งกำเนิดแสงจากที่อื่น ควรจะป้องกันแสงหักเหเข้ามายังโฟโตเซลล์ให้น้อยที่สุด

โฟโตเซลล์ควรจะมีที่กำบังให้รับแสงได้เฉพาะที่มาจากโคม ที่ตำแหน่งที่ใช้กระจกโฟโตเซลล์ควรถูกกำบังให้เห็นเฉพาะภาพของโคมในกระจก และไม่ควรในทิศทางใดๆที่มาจากตัวโคม พื้นผิวใดๆ เช่น ขอบของที่กำบังซึ่งขนานกับแกนของโฟโตเซลล์และโคมควรทำร่องหรือมุมให้สะท้อนแสงไปยังโฟโตเซลล์น้อยที่สุด และควรใช้ผิวสะท้อนสีดำเท่านั้น ผนัง เพดาน หรือพื้นของห้อง หรือฉากรอบของการกระจายแสงควรจะเป็นสีดำ

ควรกำหนดสีดำที่นำมาใช้ไม่ควรมีค่าการสะท้อนมากกว่า 4 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเริ่มใช้ ฉากกำบังควรถูกจัดให้ทำให้แสงหักเหจากโคมที่เข้ามายังโฟโตเซลล์ สำหรับมุมที่ใกล้กับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระนาบ เช่น ผิวสะท้อน ค่าตัวประกอบการสะท้อนจะสูงกว่านี้ ดังนั้นถ้าเป็นไปได้ ควรจัดให้เพื่อว่าแสงหักเหจากโคมมายังโฟโตเซลล์ โดยผ่านตัวสะท้อน 2 ตัว หรือมากกว่า จากผิวสะท้อนสีดำ สำหรับการผ่านเพียงผิวสะท้อนผิวเดียวจำเป็นต้องคลุมด้วยกำมะหยีสีดำหรือพรหมสีดำ

แนวทางที่เป็นไปได้ที่จะเกิดแสงหักเหซึ่งไม่ควรมองข้ามสิ่งต่อไปนี้

(a) โคม - ผิวสะท้อนสีดำ(พื้นฉาก) - กระจก - โฟโตเซลล์

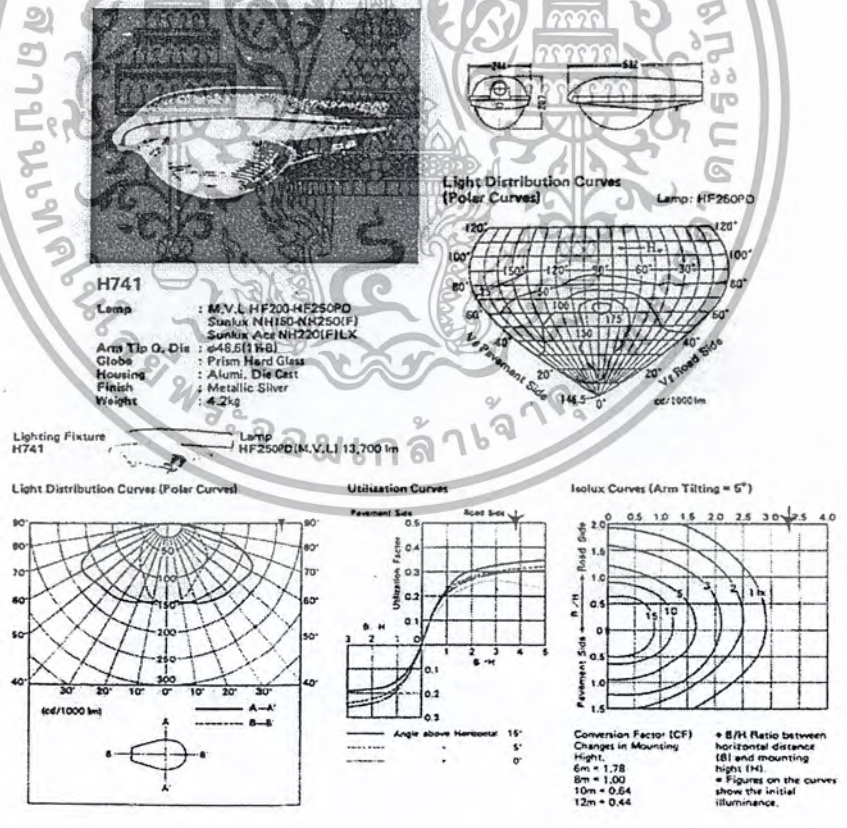
(b) โคม - ผิวสะท้อนสีดำ(พื้นฉาก) - โคม - กระจก - เซลล์

(c) โคม - กระจก - โคม - กระจก - เซลล์

3.2.2.2 ข้อมูลทางแสงของดวงโคมไฟถนน

ข้อมูลทางแสงที่สำคัญของดวงโคมไฟถนนจะประกอบไปด้วย

- การกระจายความเข้มส่องสว่าง
- สัดส่วนของฟลักซ์ส่องสว่างในสี่ส่วนของทรงกลม
- เส้นโค้งความสว่างเท่า
- เส้นโค้งความส่องสว่างเท่า

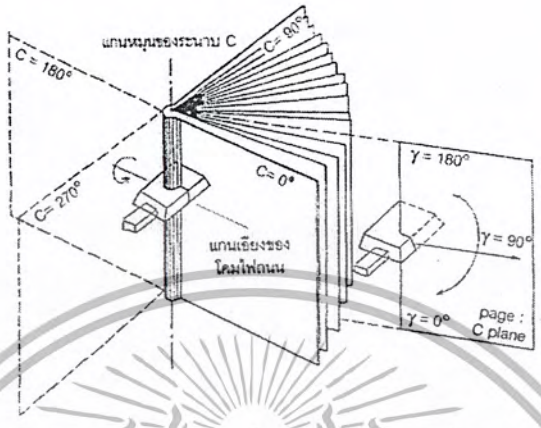


รูปที่ 3.23 ข้อมูลทางแสงของดวงโคมไฟถนน

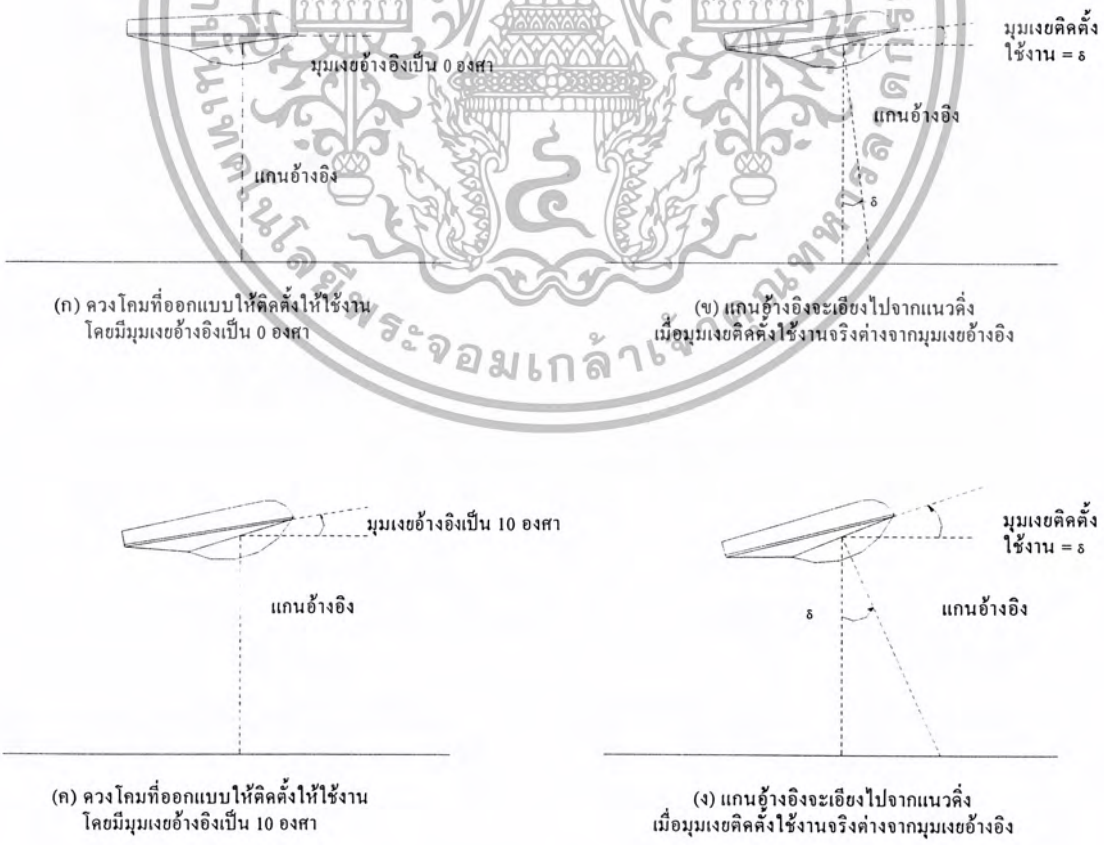
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การกระจายความเข้มส่องสว่าง

ระบบโคออร์ดิเนตที่ใช้แสดงการกระจายความเข้มส่องสว่างรอบๆโคมไฟถนน ตามมาตรฐานCIE เป็นระบบระนาบ C-γ ดังรูป



รูปที่ 3.24 ระบบระนาบที่ใช้แสดงการกระจายความเข้มส่องสว่างของโคมไฟถนน



รูปที่ 3.25 การควบคุมการกระจายความเข้มส่องสว่างของโคมไฟถนน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.25 จุดศูนย์กลางของระบบโคออร์ดิเนตจะอยู่ที่จุดเดียวกับจุดศูนย์กลางแสงของดวงโคม แกนอ้างอิงของระบบคือ แนวดิ่งของจุดศูนย์กลางแสงของดวงโคม ถึงระนาบนอนที่ต้องการแสงสว่าง (ในที่นี้คือพื้นถนน) เป็นแกนอ้างอิงของดวงโคม เมื่อติดตั้งดวงโคมในตำแหน่งที่ออกแบบไว้ เช่นมีมุมเงยอ้างอิงเป็น 0° หรือ 10° ระนาบดิ่งจะหมุนรอบแกนอ้างอิงนี้ โดยระนาบดิ่งที่ขนานกับแนวถนนจะถูกกำหนดด้วยระนาบที่มีมุม C=0° และ C=180° ระนาบดิ่งที่ตั้งฉากกับแนวถนนจะถูกกำหนดด้วยระนาบที่มีมุม C=90° เมื่อระนาบนี้อยู่ทางด้านถนน และระนาบที่มีมุม C = 270°เมื่อระนาบนี้อยู่ทางด้านทางเดินเท้า มุมที่วัดลงในแนวดิ่งลงในแต่ระนาบเหล่านี้ กำหนดด้วยมุม γ โดยแนวดิ่งลงมีมุม γ=0° และแนวดิ่งขึ้นมีมุม γ=0°

ข้อมูลการกระจายความเข้มแสงสว่างของโคมไฟถนน 3 ลักษณะคือ การนำเสนอในรูปแบบตาราง การกระจายไดอะแกรมในรูปโพลาร์(polar diagram) และ ไอโซแคนเดลา(Isocandela diagram)

1. การนำเสนอในรูปแบบตาราง

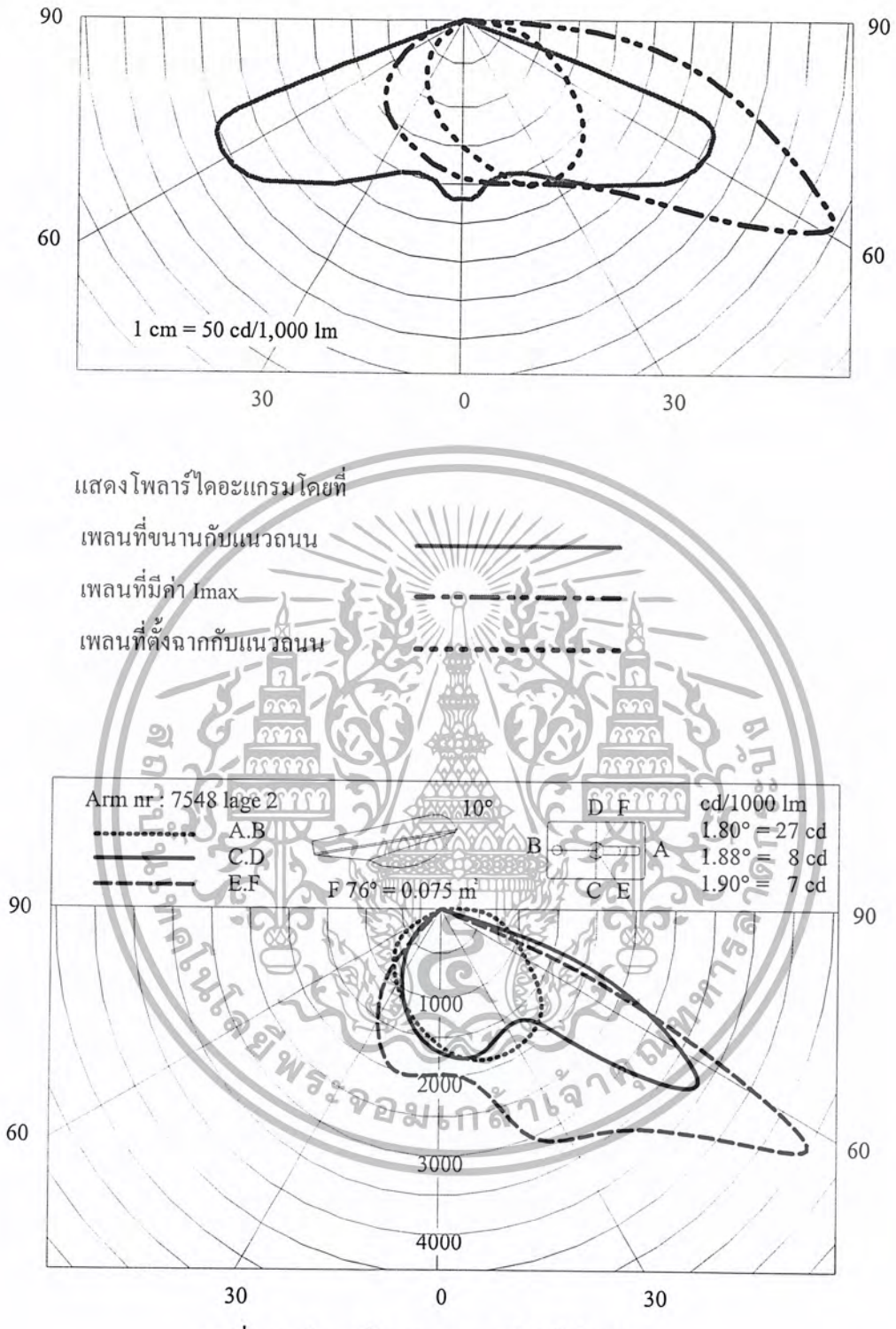
จะเหมาะกับการใช้คอมพิวเตอร์ ในการคำนวณ เพราะข้อมูลเป็นตัวเลขจำนวนมาก ระยะห่างของมุม γ และระนาบ C ในตารางข้อมูลตามที่มาตรฐาน CIE กำหนดดังนี้

มุม γ	0°	ถึง	30°	เปลี่ยนทีละ	10°	(4 มุม)
	35°	ถึง	45°	เปลี่ยนทีละ	5°	(3 มุม)
	47.5°	ถึง	105°	เปลี่ยนทีละ	2.5°	(24 มุม)
	120°	ถึง	180°	เปลี่ยนทีละ	15°	(5 มุม)
				รวมทั้งหมด 36 มุม		
ระนาบ C	0°	ถึง	50°	เปลี่ยนทีละ	5°	(11ระนาบ)
	60°	ถึง	120°	เปลี่ยนทีละ	15°	(5ระนาบ)
	130°	ถึง	230°	เปลี่ยนทีละ	5°	(21ระนาบ)
	240°	ถึง	300°	เปลี่ยนทีละ	15°	(5ระนาบ)
	310°	ถึง	360°	เปลี่ยนทีละ	5°	(10ระนาบ)
				รวมทั้งหมด 52 ระนาบ		

2. โพลาร์ ไดอะแกรม

โพลาร์ ไดอะแกรม(Polar diagram) จะแสดงการกระจายความเข้มส่องสว่างอยู่ 3 เพลน คือ เพลน C ที่ขนานกับแนวถนน (C=0° และ C=180°) เพลน C ที่ตั้งฉากกับแนวถนน (C=90° และ C= 270°) ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

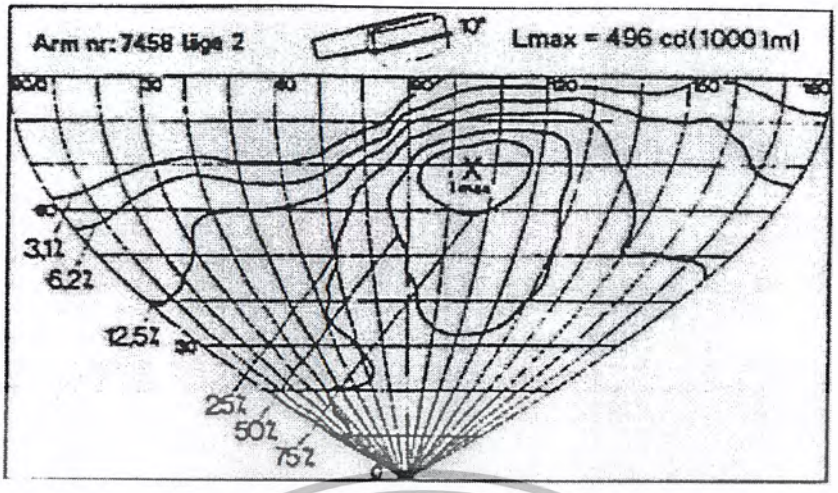


รูปที่ 3.26 โพลาร์ไดอะแกรมของโคมไฟถนน

3. ไอโซแคนเดลาไดอะแกรม

เป็นการแสดงค่าการกระจายความเข้มส่องสว่างรอบๆดวงโคม ในการสร้างไอโซแคนเดลาไดอะแกรม จะลากจากจุดที่มีค่าความเข้มส่องสว่างเท่ากันลงบนระนาบรอบๆโคมไฟ ดังนั้น ไอโซแคนเดลาไดอะแกรม จะแสดงค่าความเข้มส่องสว่างในระนาบ C และ มุม γ ที่มีความเข้มส่องสว่างเท่ากัน ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.27 ไอโซแคนเดลาไดอะแกรมของโคมไฟถนน

2. สัดส่วนของฟลักซ์ส่องสว่างในสี่ส่วนของทรงกลม

ฟลักซ์ส่องสว่างที่กระจายออกมาจากโคมไฟถนนสามารถใช้บอกประสิทธิภาพ แสงจ้าแยงตา ตลอดจนมลภาวะทางแสง เราสามารถแบ่งทรงกลมจินตภาพที่ล้อมควงโคมออกเป็น 4 ส่วน คือ

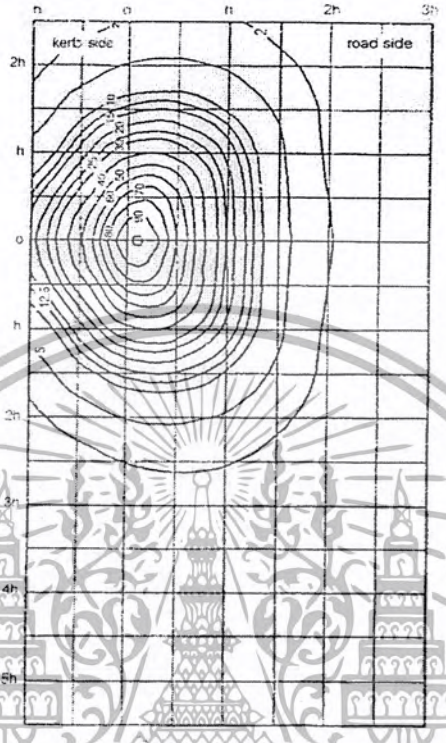
รูปที่ 3.28 แสดงการแบ่งควงโคมออกเป็น 4 ส่วน

1. ด้านล่างไปทางด้านถนน(DW SS)
2. ด้านล่างไปทางด้านบ้าน หรือทางเท้า(DW HS)
3. ด้านบนไปทางด้านถนน(UP SS)
4. ด้านบนไปทางด้านบ้าน หรือทางเท้า(UP HS)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เส้นโค้งความสว่างเท่า

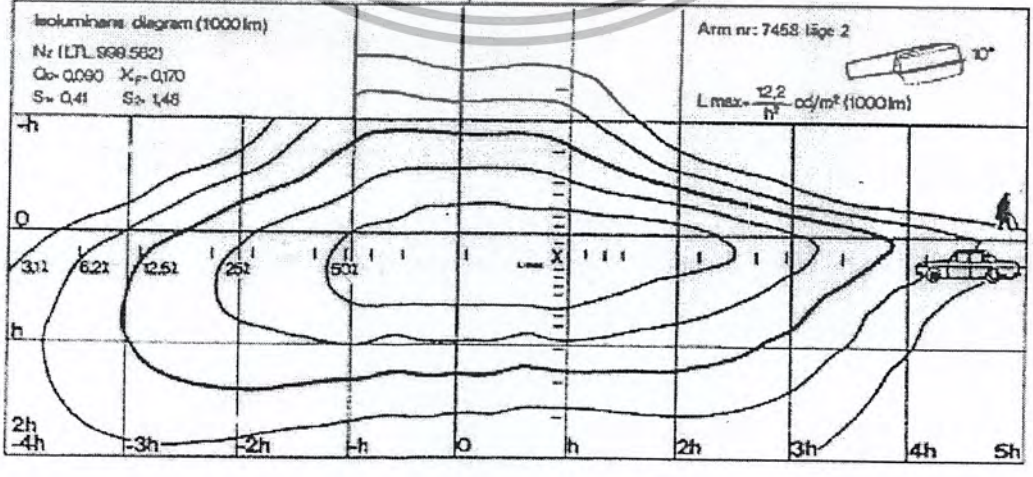
เป็นเส้นกราฟที่จะบอกให้ทราบว่า บนพื้นถนนนั้นความสว่างมีการกระจายตัวเป็นอย่างไร



รูปที่ 3.29 เส้นโค้งความสว่างเท่า

4. เส้นโค้งความส่องสว่างเท่า

เป็นเส้นกราฟที่จะบ่งบอกถึงความส่องสว่างบนพื้นผิวถนนมาตรฐานที่จุดต่างๆ



รูปที่ 3.30 เส้นโค้งความส่องสว่างเท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 ดวงโคมฉาย

ดวงโคมฉาย(Floodlight) เป็นดวงโคมที่ได้รับการออกแบบเพื่อใช้งานภายนอกอาคาร เพื่อส่องสว่างพื้นที่ต่างๆ เช่นตัวอาคาร สนามกีฬา พื้นที่โล่งกลางแจ้ง ไฟถนน (ระบบเสาสูง) ฯลฯ นอกจากนี้ ยังมีการนำมาใช้ให้แสงสว่างภายในอาคารสูง เช่น โรงงานอุตสาหกรรมที่มีหลังคาสูง กรีฑาสถาน เป็นต้น

3.2.3.1 ข้อกำหนดสำหรับการทดสอบ

1. แหล่งจ่ายไฟ และเครื่องมือวัดต่างๆ

ควรมีข้อกำหนดดังนี้

- ควรควบคุมการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้เหมาะสมกับโหลด
- การวัดหลอด ทังเสตน ฟลูออเรสเซนต์(tungsten fluorescent) ต้องมีค่าเปลี่ยนแปลงไม่เกิน 2 เปอร์เซ็นต์ ส่วน หลอดดิสชาร์จ(Discharge) ควรมีค่าไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์
- ในระบบไฟฟ้ากระแสสลับต้องมีค่าฮาร์โมนิครวม(total harmonic) ไม่เกิน 3 เปอร์เซ็นต์ ในส่วนของโวลต์มิเตอร์ แอมป์มิเตอร์ วัตต์มิเตอร์ ควรได้ class index 0.5 ตามมาตรฐาน I.E.C.

2. การเลือกหลอดในการทดสอบ

หลอดที่ใช้ทดสอบควรใช้ตามมาตรฐานที่ I.E.C. กำหนด ถ้าไม่สามารถกำหนดมาตราฐานได้ หลอดควรจะเป็นไปตามข้อกำหนดทั่วไปของผู้ผลิตหลอดอย่างมากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ ในกรณีที่ใช้หลอดหลายๆหลอดร่วมกัน ถ้าใช้หลอดชนิดเดียวกันและมีค่ากำลังไฟฟ้าเท่ากัน ควรมีค่าฟลักซ์การส่องสว่าง(Luminous flux) ใน spread 3 เปอร์เซ็นต์เท่ากันเมื่อทำงานภายใต้วงจร บัลลาสต์ (ballast) และแหล่งจ่ายไฟเดียวกัน

3. การอุ่นหลอด

หลอดควรจะมีช่วงเวลาที่ต่ำที่สุดที่จะเปล่งฟลักซ์การส่องสว่าง ออกมาคงที่ตามชนิดของหลอดเช่น 100 ชั่วโมง ในหลอดทังเสตนฟิลาเมนต์และ 200 ชั่วโมง ในหลอดชนิดอื่นๆ ช่วงเวลาที่เหมาะสมในการทำงาน คือมีช่วงเวลาการปิด 15 นาทีทุกๆ 4 ชั่วโมง

4. เสถียรภาพของหลอดทดสอบ

หลอดควรคำนึงถึงเรื่องความคงที่ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของฟลักซ์ขณะในช่วงเปิดต่อเนื่อง การส่องสว่างต้องไม่เกินกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยสำหรับสภาวะburning การส่องสว่างต้องไม่เกินกว่า 2 เปอร์เซ็นต์

5. การทดสอบเสถียรภาพของหลอด

การทดสอบจะถูกกระทำโดยการวัดความเข้มส่องสว่างในทิศทางหนึ่งที่90° ไปยังแกนของหลอด ในการวัดการกกระจายแสงหลอดไม่ควรถูกเคลื่อนย้ายระหว่างการวัด และอุณหภูมิของอากาศบริเวณรอบๆควรจะมีค่าคงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. สภาวะการทดสอบมาตรฐาน

สภาวะในการทดสอบสำหรับการวัดแสงของโคมฉายถูกทำให้เป็นมาตรฐาน เพื่อสนับสนุนการวัดในห้องทดลองที่แตกต่างกันเท่าที่จะเป็นไปได้ การวัดควรจะถูกทำให้สอดคล้องกับสภาวะที่กำหนดมาทั้งหมด หากเป็นไปไม่ได้ตามที่กำหนด ค่าตัวประกอบของการวัดควรจะนำมาถูกพิจารณาด้วย

- ความสูงที่ติดตั้ง

แกนอ้างอิงและแกนช่วยของโคมฉายควรจะถูกติดตั้งในแนวระนาบ หรืออาจถูกกำหนดโดยผู้ผลิต

- การเคลื่อนที่ของอากาศและอุณหภูมิล้อมรอบ

ในบริเวณใกล้เคียงกับโคมฉาย อากาศควรจะคงที่ อุณหภูมิห้องควรจะอยู่ที่ 25 องศาเซลเซียส

- แรงดันไฟฟ้าที่ใช้งาน

ในหลอดดิสชาร์จ หลอดฟลูออเรสเซนต์ และหลอดไส้ทังสเตน จะใช้ตามขนาดแรงดันตามที่หลอดกำหนด ส่วนหลอดฟิลาเมนต์จะใช้ 90เปอร์เซ็นต์ ถึง100เปอร์เซ็นต์ของระดับของหลอด

7. สภาวะการทดสอบในทางปฏิบัติ

- ตัวประกอบค่าแก้ไขทางแสง

ในทางปฏิบัติงานจริง เราไม่อาจทำงานได้ในสภาวะมาตรฐานจึงต้องมีการนำค่าตัว ประกอบต่างๆมาใช้ในการพิจารณาด้วย

- เงื่อนไขสำหรับการใช้ตัวประกอบค่าแก้ไข

ค่าของตัวประกอบค่าแก้ไขที่กล่าวมาข้างต้นจะนำมาใช้ในการพิจารณา และแก้ไขข้อมูลการวัดเมื่อผลลัพธ์ในทางปฏิบัติมีการเปลี่ยนแปลงโดยปราศจากการเปลี่ยนแปลงรูปทรงของการกระจายแสง เช่น การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ

8. การป้องกันแสงหักเห

ควรระวังให้แสงหักเหไปยังโฟโตเซลล์น้อยที่สุดวิธีที่ดีที่สุดคือ วางแหล่งกำเนิดของแสงที่หักเหในระดับสายตาจากตำแหน่งของ โฟโตเซลล์ไปยังกระจกหรือหมุนโคมบน โฟโตมิเตอร์

โฟโตเซลล์ควรจะกรองให้เห็นเฉพาะความส่องสว่างเท่านั้น เมื่อใช้กระจกโฟโตเซลล์ควรจะกรองให้เห็นเฉพาะภาพการส่องสว่างในกระจกและไม่ควรจะได้รับแสงจากทุกส่วนของโคมเองด้วย ทุกผิวสะท้อนขอบของการกรองควรวางขนานกับโฟโตเซลล์ หรือแกนส่องสว่างควรทำเป็นร่องหรือให้มุมสะท้อนเล็กที่สุดบน โฟโตเซลล์ จึงควรใช้เฉพาะผิวสะท้อนสีดำเท่านั้น ควรระบุว่าผิวสะท้อนสีดำมีค่าแฟกเตอร์การสะท้อนมากกว่า 4 เปอร์เซ็นต์ สำหรับมุมที่ใกล้กับระนาบเช่น ผิวสะท้อนค่าแฟกเตอร์การสะท้อนจะสูงกว่านี้ ดังนั้นถ้าเป็นไปได้ การกรองควรจัดให้แสงที่หักเหจากโคมมายังโฟโตเซลล์โดยผ่านตัวสะท้อน 2 ตัว หรือมากกว่าจากผิวสะท้อนสีดำ สำหรับการผ่านเพียงผิวสะท้อนผิวเดียวจำเป็นต้องคลุมด้วยกำมะหยีสีดำหรือพรหมสีดำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

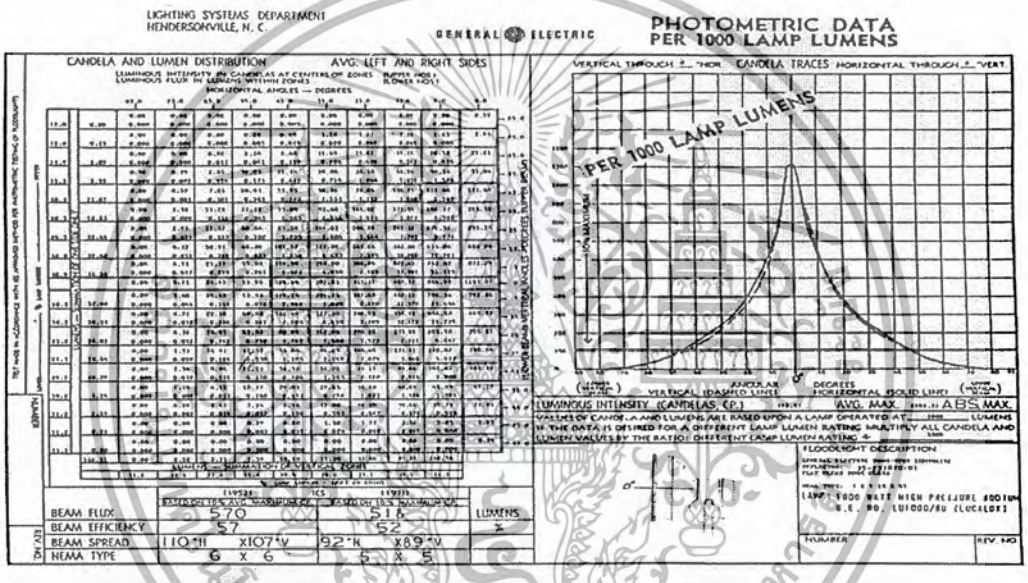
9. เสถียรภาพของหลอด โคมฉาย และโฟโตมิเตอร์

โคม หลอดไฟและเครื่องมือวัด ค่าความเข้มส่องสว่างหรือฟลักซ์ส่องสว่างที่อ่านได้ทั้ง 3 ครั้ง ควรมีค่าคงที่ในช่วงพักไม่น้อยกว่า 15 นาที และคลาดเคลื่อนไม่เกิน 1 เปอร์เซ็นต์

ตามข้อมูลที่มีอยู่ หลอดอินแคนเดสเซนท์เปลือยจะเสถียรภาพภายใน 10 นาที หลอด gaseous discharge เสถียรภาพหลังจากการทำงานไปแล้ว 30 นาที หลอดเมทอลไฮไลด์อาจจะเสถียรภาพในช่วง 30 นาทีถึง 6 ชั่วโมง

ช่วงเวลาเสถียรภาพของโคมอาจจะใช้เวลามากกว่าในหลอดเปลือย โดยเฉพาะหลอดท่อฟลูออเรสเซนต์อาจต้องใช้เวลานานถึง 2 ชั่วโมง

3.2.3.2 ข้อมูลทางแสงของดวงโคมฉาย



รูปที่ 3.31 ข้อมูลทางแสงของดวงโคมฉาย

ข้อมูลทางแสงของดวงโคมฉายจะประกอบไปด้วย

- การการะจายความเข้มส่องสว่าง
- ความกว้างของลำแสง(Beam Spread)

1. การกระจายความเข้มส่องสว่าง

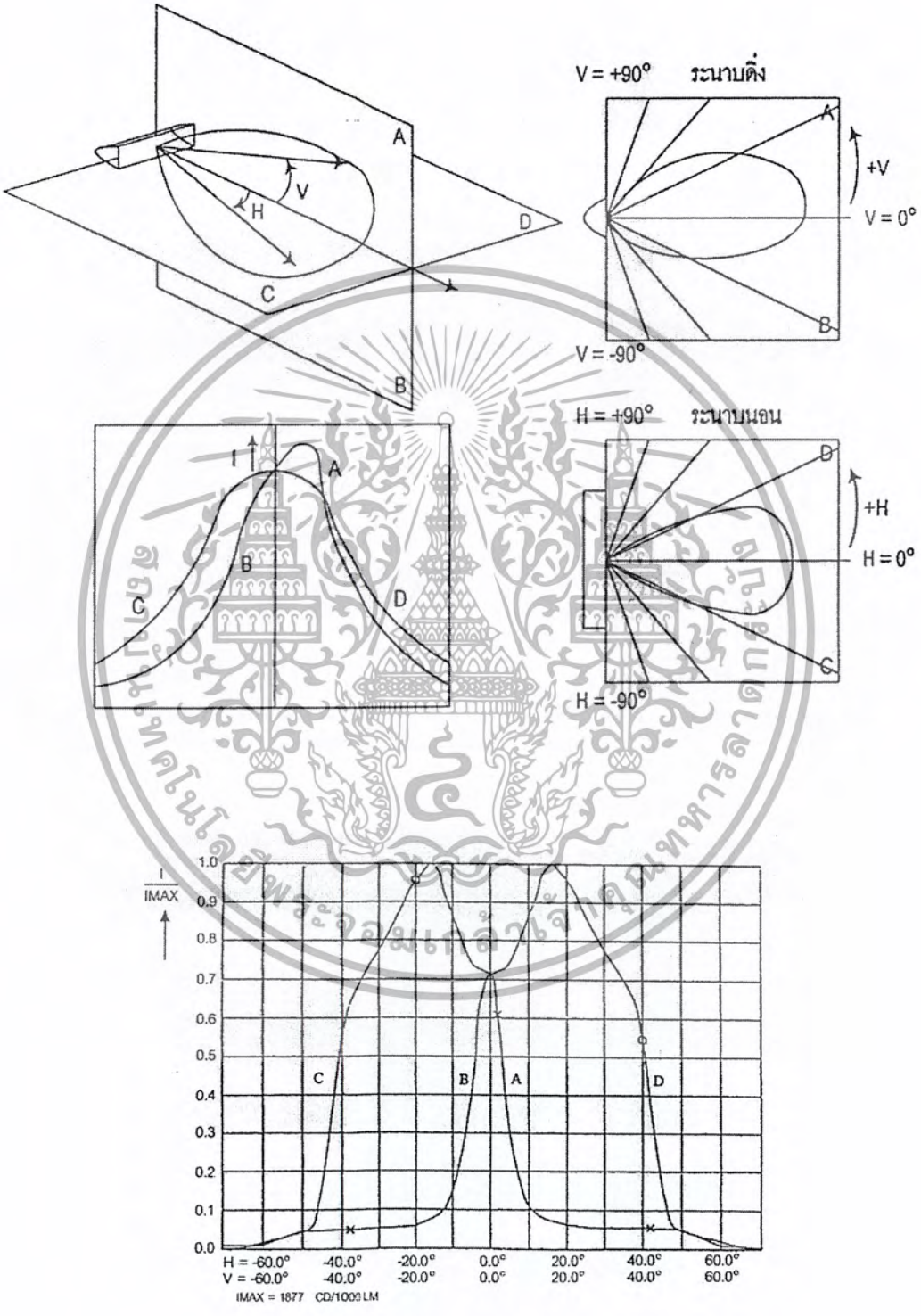
ระบบโคออร์ดิเนตที่ใช้แสดงการกระจายแสงรอบๆดวงโคมฉาย ตามมาตรฐาน CIE กำหนดให้เป็นไปตามระบบระนาบ V - H โดยที่ระนาบ V คือ ระนาบในแนวดิ่ง และ ระนาบ H คือ ระนาบในแนวนอน

ในส่วนของการนำเสนอข้อมูลการกระจายความเข้มส่องสว่างของดวงโคมฉายนั้นมีอยู่ 4 วิธีคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. เส้นโค้งบนแกน I - V และ I - H โคออร์ดิเนต

การนำเสนอข้อมูลในลักษณะนี้จะเป็นการกระจายความเข้มส่องสว่างใน 2 ระนาบหลัก

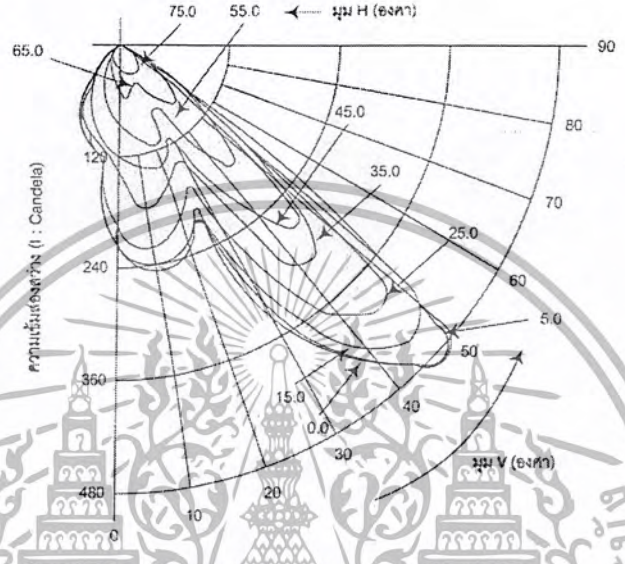


รูปที่ 3.32 การกระจายความเข้มส่องสว่างของดวงโคมฉายบน 4 ระนาบหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เส้นโค้งโพลาร์

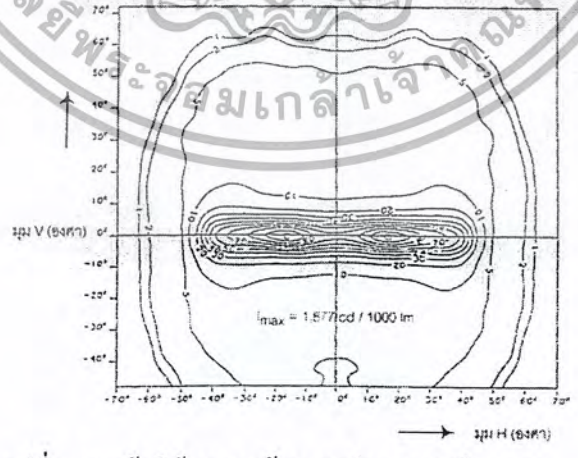
การนำเสนอรูปแบบนี้จะใช้กระดาษกราฟวงกลมโดยให้แนวรัศมีแสดงขนาดของมุมที่วัดในแนวดิ่ง ($0^\circ \leq V \leq 180^\circ$) และ ให้ความยาวรัศมีแทนค่าความเข้มส่องสว่างในหน่วยแคนเดลา การนำเสนอในรูปแบบนี้มักไม่ค่อยนิยมใช้ในการแสดงค่าความเข้มส่องสว่างของโคมไฟส่อง เพราะนำไปใช้คำนวณได้ค่อนข้างยาก แต่มักจะใช้เมื่อต้องการเห็นการเปลี่ยนแปลงลักษณะการกระจายแสง



รูปที่ 3.33 เส้นโค้งโพลาร์ของดวงโคมฉาย

3. เส้นโค้งความเข้มแสงเท่า

การนำเสนอรูปแบบนี้มักจะถูกนำไปใช้ในการคำนวณ เพราะสามารถเห็นการกระจายความเข้มส่องสว่างของโคมไฟส่องได้อย่างชัดเจน



รูปที่ 3.34 เส้นโค้งความเข้มแสงเท่าของดวงโคมฉาย

4. การนำเสนอในรูปแบบตาราง

การนำเสนอข้อมูลในลักษณะนี้จะให้รายละเอียดสูง เหมาะกับการคำนวณที่ใช้คอมพิวเตอร์เป็นอุปกรณ์ช่วย โดยที่แนวตั้งแสดงมุมในแนวดิ่ง(เพลนV) และแนวนอนแสดงมุมในแนวระนาบ (เพลนH) ตามตารางที่ 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 การนำเสนอในรูปแบบตารางของโคมฉาย

มุมในแนวดิ่ง V (องศา)	มุมในแนวนอน H(องศา)									
	0.0	**5.0**	**15.0**	**25.0**	**35.0**	**45.0**	**55.0**	**65.0**	**75.0**	**85.0**
76.0	1	1	2	2	1	2	2	1	1	1
68.0	41	61	98	83	41	35	31	15	3	1
60.0	145	147	143	123	82	61	55	27	4	1
52.0	370	371	391	354	247	194	110	60	11	1
44.0	481	484	466	425	318	268	180	76	23	1
36.0	451	450	425	400	291	194	122	58	23	1
28.0	203	202	192	176	144	112	78	30	23	1
20.0	211	211	207	200	159	141	109	35	23	1
12.0	246	246	237	212	171	155	102	42	20	1
4.0	223	223	218	198	155	129	81	28	16	1
0.0	169	168	164	155	122	109	75	20	15	1
-4.0	156	156	150	134	107	103	68	18	15	1
-12.0	106	106	108	110	96	85	53	14	14	1
-20.0	101	100	97	91	82	68	40	11	15	1
-28.0	88	88	84	79	71	58	31	10	16	1
-36.0	6	6	6	6	5	5	5	7	8	1
-44.0	4	4	4	4	4	4	3	3	3	1
-52.0	3	3	3	3	3	3	3	2	2	1
-60.0	4	4	3	3	3	3	2	2	1	1
-68.0	4	4	3	2	2	2	2	1	1	1
-76.0	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1

2. ความกว้างของลำแสง

ความกว้างของลำแสงของดวงโคมฉาย จะถูกกำหนดด้วยความกว้างของมุมที่วัดจากแกนอ้างอิง(V= 0°, H=0°) ของดวงโคมจนถึงมุมที่ได้ค่าความเข้มส่องสว่างเป็น 10% ของค่าความเข้มส่องสว่างสูงสุด ในกรณีลำแสงของดวงโคมฉาย จะมีลักษณะสมมาตรรอบแกนอ้างอิง ตัวเลขที่ใช้กำหนดความกว้างของลำแสงจะมีตัวเดียว และมีค่าเป็น 2 เท่าของมุมที่กล่าวมาข้างต้น หากว่า การกระจายความเข้มส่องสว่างของดวงโคมในระนาบนอน กับในระนาบดิ่ง มีลักษณะที่แตกต่างกัน การกำหนดความกว้างของลำแสงต้องกำหนดทั้งในแนวดิ่ง และแนวนอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
เครื่องโกนิโอโฟโตมิเตอร์

เนื้อหาในบทนี้กล่าวถึงเครื่องโกนิโอโฟโตมิเตอร์ที่อาศัยการเคลื่อนที่หัววัดความเข้มแสงและเครื่องโกนิโอโฟโตมิเตอร์ที่อาศัยการหมุนของกระจก โดยเครื่องโกนิโอโฟโตมิเตอร์ที่อาศัยการเคลื่อนที่หัววัดความเข้มแสงเป็นเครื่องที่สร้างสำหรับศึกษาการกระจายความส่องสว่างของดวงโคมภายใน และกระบวนการทดสอบการกระจายแสง ส่วนเครื่องโกนิโอโฟโตมิเตอร์ที่อาศัยการหมุนของกระจกเป็นเครื่องที่ใช้สำหรับทดสอบการกระจายความส่องสว่างของดวงโคมประเภทต่างๆ โดยกระบวนการทำงานเป็นแบบอัตโนมัติและสามารถแสดงผลการทดสอบการกระจายความส่องสว่างในรูปแบบ IES File ได้

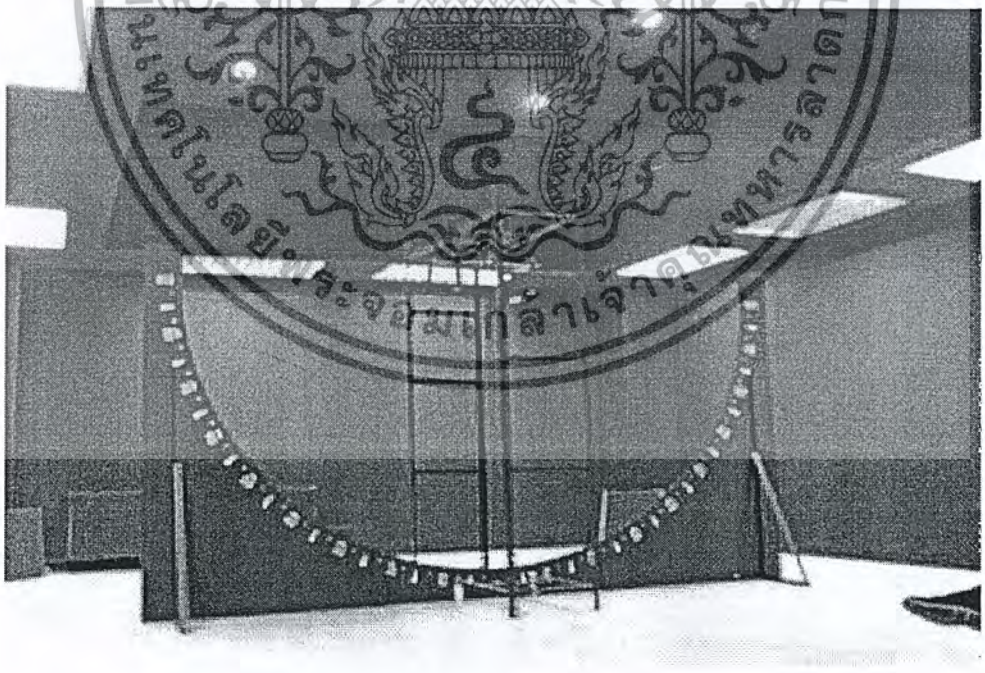
4.1 เครื่องโกนิโอโฟโตมิเตอร์ที่อาศัยการเคลื่อนที่หัววัดความเข้มแสง

4.1.1 วัตถุประสงค์ในการสร้าง

การสร้างเครื่องโกนิโอโฟโตมิเตอร์ที่อาศัยการเคลื่อนที่หัววัดความเข้มแสงนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษากระบวนการทดสอบการกระจายแสงและศึกษาการกระจายความส่องสว่างของดวงโคมภายใน

4.1.2 โครงสร้างเครื่องโกนิโอมิเตอร์ที่อาศัยการเคลื่อนที่หัววัดความเข้มแสง

โครงสร้างของเครื่องโกนิโอโฟโตมิเตอร์ที่อาศัยการเคลื่อนที่หัววัดความเข้มแสง แสดงดังรูปที่ 4.1



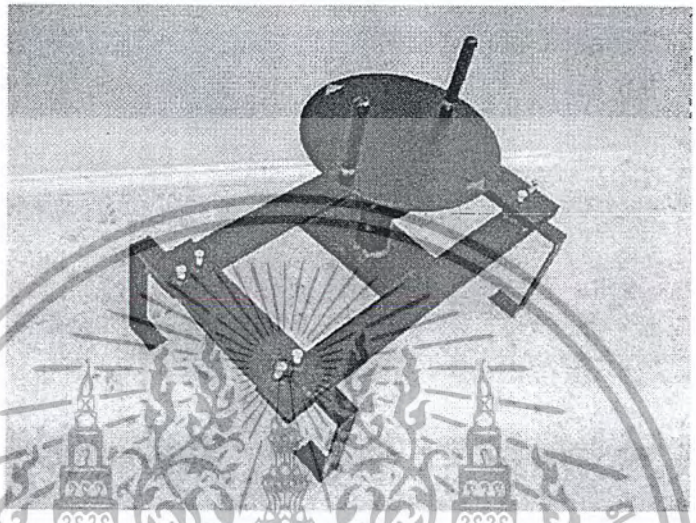
รูปที่ 4.1 โครงสร้างเครื่องโกนิโอโฟโตมิเตอร์ที่อาศัยการเคลื่อนที่หัววัดความเข้มแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 ส่วนประกอบของเครื่องโกนิโอโฟโตมิเตอร์ที่อาศัยการเคลื่อนที่หัววัดความเข้มแสง

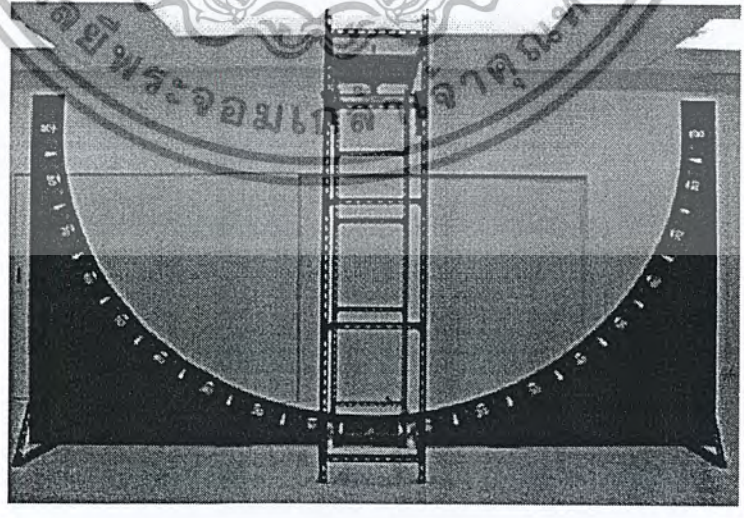
ส่วนประกอบของเครื่องโกนิโอโฟโตมิเตอร์ที่อาศัยการเคลื่อนที่หัววัดความเข้มแสงที่เห็นในรูปที่ 4.1 สามารถจำแนกได้ดังนี้

- ตัวยึดโคมที่สามาราถปรับขนาดเพื่อจับยึดโคมขนาดแตกต่างกันและหมุนได้รอบแกนแนวดิ่งได้ 360 °โดยมีความละเอียดระหว่างมุมที่อยู่ติดกันเป็น 1 °



รูปที่ 4.2 แขนจับยึดโคม

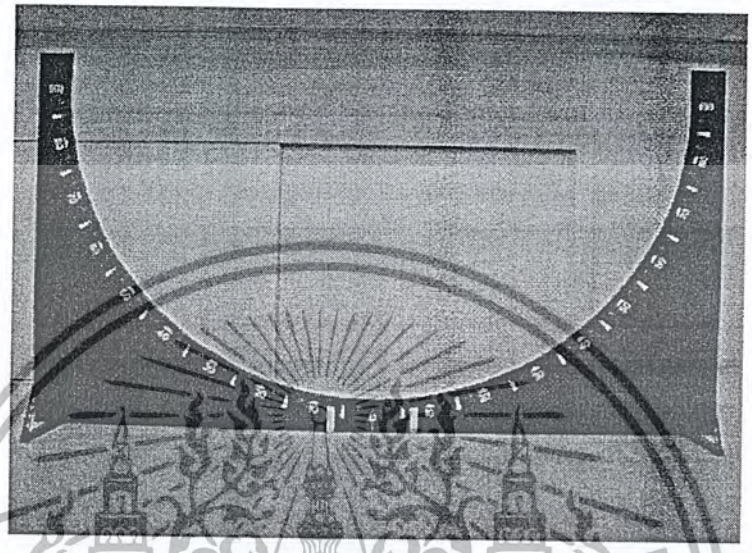
- โครงของเครื่องเป็นเหล็กฉากทาสีดำด้านป้องกันการสะท้อนของแสงเข้าสู่หัววัดความเข้มแสงขณะทำการวัด



รูปที่ 4.3 โครงสร้างเครื่องโกนิโอโฟโตมิเตอร์ที่อาศัยการเคลื่อนที่หัววัดความเข้มแสง

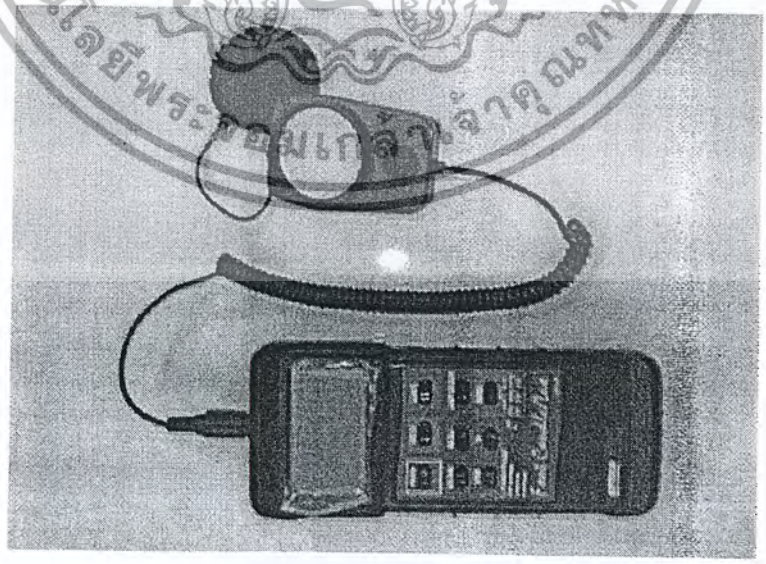
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- รางสำหรับตัวเลื่อนทำจากแผ่นไม้อัดทาสีดำป้องกันการสะท้อนแสง แผ่นไม้ถูกตัดให้มีรัศมีความโค้ง 1.8 เมตร และ มีความสูง 2 เมตร แผ่นไม้รางเลื่อนมีรูเพื่อยึดตัวเลื่อนที่ตำแหน่งมุมต่างๆตั้งแต่ 0° - 90° โดยมีความละเอียดระหว่างมุมที่อยู่ติดกันเป็น 2.5° เพื่อวัดความเข้มแสงในแต่ละจุด



รูปที่ 4.4 รางเลื่อนสำหรับติดหัววัดความเข้มแสง

- ตัวเลื่อนทำหน้าที่ยึดหัววัดความเข้มแสงและเลื่อนไปตามรางเพื่อวัดค่าที่มุมต่างๆ
- อุปกรณ์วัดความเข้มแสง



รูปที่ 4.5 อุปกรณ์วัดความเข้มแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.4 กระบวนการทำงานของเครื่องโกนิโอโฟโตมิเตอร์ที่อาศัยการเคลื่อนที่หัววัดความเข้มแสง

- โฟลชาร์ทการทำงานด้วยเครื่องโกนิโอโฟโตมิเตอร์ที่อาศัยการเคลื่อนที่ของหัววัดความเข้มแสง

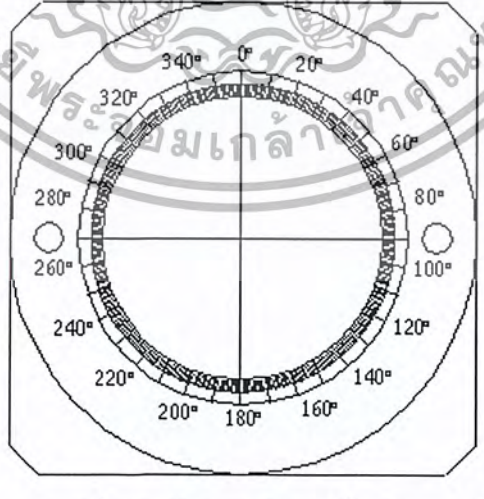
รูปที่4.6 โฟลชาร์ทการทำงานของเครื่องโกนิโอโฟโตมิเตอร์ที่อาศัยการเคลื่อนที่หัววัดความเข้มแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ขั้นตอนการทำงานของเครื่องโกนิโอโฟโตมิเตอร์ที่อาศัยการเคลื่อนที่หัววัดความเข้มแสง มีดังนี้

1. ทำการติดตั้งดวงโคมที่ต้องการวัดกับตัวยึดโคม พร้อมทั้งตั้งตำแหน่งศูนย์กลางดวงโคมให้ ตรงกับตำแหน่งศูนย์กลางของหัววัดความเข้มแสง
2. เปิดหลอดไฟเพื่อทำการอุ่นหลอดก่อนทำการวัดค่าประมาณ 5 นาทีหรือขึ้นอยู่กับชนิดของหลอดไฟที่ใช้ในการทดสอบ
3. ปรับตำแหน่งของตัวยึดโคมให้ตรงกับเพลน C_0 ของโคม (มุม 0°) ซึ่งเป็นเพลนแรกที่ทำการวัด
4. เลื่อนหัววัดความเข้มแสงไปที่มุม 0° ($\gamma = 0°$) ของรางเลื่อนและอ่านค่าความเข้มแสงจากอุปกรณ์วัดความส่องสว่างที่มุม $\gamma = 0°$ และบันทึกค่าที่ได้
5. ทำซ้ำในหัวข้อที่ 4. แต่เปลี่ยนมุม γ เป็นมุมที่ 5, 10, 15, 25, …, 85, 90 องศา ตามลำดับ
6. ทำซ้ำในหัวข้อที่ 2. แต่เปลี่ยนตำแหน่งตัวยึดโคมไปยังเพลน C_{15}, C_{30}, C_{45}, …, C_{360}

รูปที่ 4.7 มุมในแนวดิ่งของเครื่องโกนิโอโฟโตมิเตอร์ที่อาศัยการเคลื่อนที่หัววัดความเข้มแสง



รูปที่ 4.8 มุมในแนวระนาบของเครื่องโกนิโอโฟโตมิเตอร์ที่อาศัยการเคลื่อนที่หัววัดความเข้มแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลองวัดค่าการกระจายความเข้มส่องสว่างของโคมภายในโดยเครื่องโกนิโอโฟโตมิเตอร์ที่อาศัยการเคลื่อนที่ของหัววัดความเข้มแสงนี้ ค่าที่ได้มานั้นเมื่อนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากเครื่องวัดมาตรฐานแล้วนั้น ทำให้เห็นความแตกต่าง หรือความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น โดยมีสาเหตุหลักมาจากกระบวนการในการทดลอง อุปกรณ์ในการทดลอง สภาวะต่างๆของการทดลอง ไม่เป็นไปตามมาตรฐาน เช่น

- ระยะห่างระหว่างโคมกับหัววัดความเข้มแสงมีระยะน้อยกว่าระยะต่ำสุดที่ยอมรับได้ตามมาตรฐาน
- มุมในแนวดิ่ง มีความคลาดเคลื่อนเนื่องจากฉากไม้มีการโก่งตัว
- การติดตั้งโคมไม่สามารถจัดตำแหน่งจุดศูนย์กลางของแสงจากโคม ให้ตรงกับจุดศูนย์กลางของหัววัดความเข้มแสงได้เที่ยงตรง
- สภาวะในการทดลองไม่เป็นตามมาตรฐาน เป็นต้น

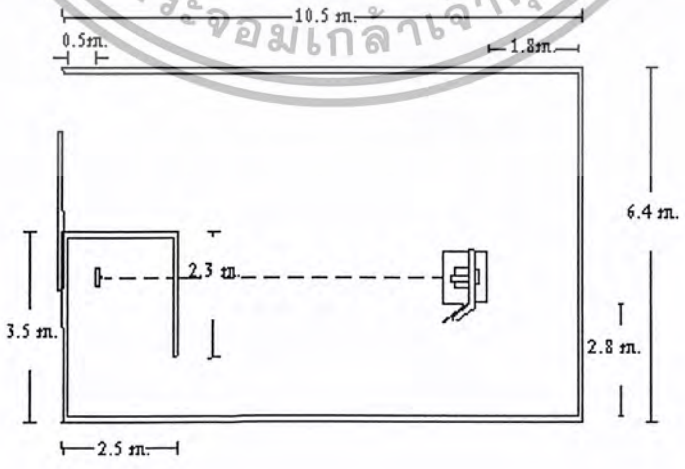
4.2 เครื่องโกนิโอโฟโตมิเตอร์ที่อาศัยการหมุนของกระจก

4.2.1 วัตถุประสงค์ในการสร้าง

การสร้างเครื่องโกนิโอโฟโตมิเตอร์ที่อาศัยการหมุนของกระจกที่มีการทำงานแบบอัตโนมัตินั้น เพื่อที่จะได้มีห้องทดสอบการกระจายความส่องสว่างที่เป็นไปตามมาตรฐานการทดสอบและสามารถทดสอบการกระจายความส่องสว่างของดวงโคมได้ทุกชนิด เช่นโคมภายใน โคมไฟถนนและโคมฉาย เป็นต้น นอกจากนี้ยังสามารถนำข้อมูลการทดสอบไปใช้ประโยชน์ในการออกแบบระบบแสงสว่างได้เนื่องจาก เครื่องโกนิโอโฟโตมิเตอร์มีการแสดงผลการทดสอบในรูปแบบ IES File

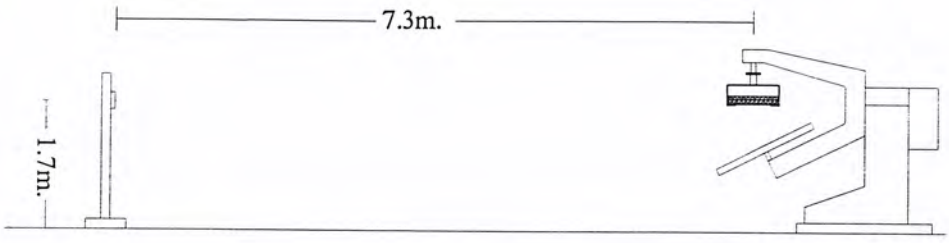
4.2.2 ห้องทดสอบการกระจายความเข้มส่องสว่าง

ห้องทดสอบการกระจายความเข้มส่องสว่าง เป็นห้องที่มีพื้น ผนัง เพดานทาสีดำ เพื่อป้องกันการแสงสะท้อนที่อาจเกิดขึ้นและสะท้อนเข้าไปยังหัววัดความเข้มแสง ทำให้เกิดความผิดพลาดในการทดสอบ ซึ่งเป็นไปตามข้อกำหนดของสภาวะการทดสอบมาตรฐาน



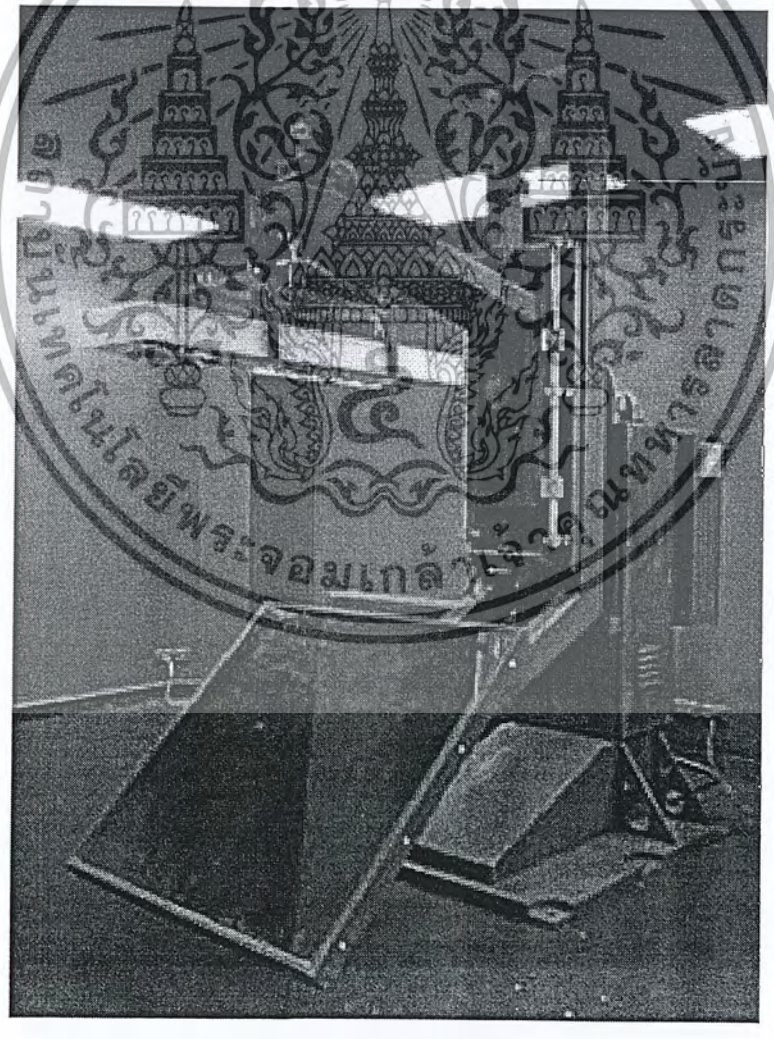
รูปที่ 4.9 ภาพด้านบนห้องทดสอบการกระจายความเข้มส่องสว่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 ภาพด้านข้างห้องทดสอบการกระจายความส่องสว่าง

4.2.3 โครงสร้างเครื่องโกนิโอโฟโตมิเตอร์ที่อาศัยการหมุนของกระจก



รูปที่ 4.11 โครงสร้างเครื่องโกนิโอโฟโตมิเตอร์ที่อาศัยการหมุนของกระจก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

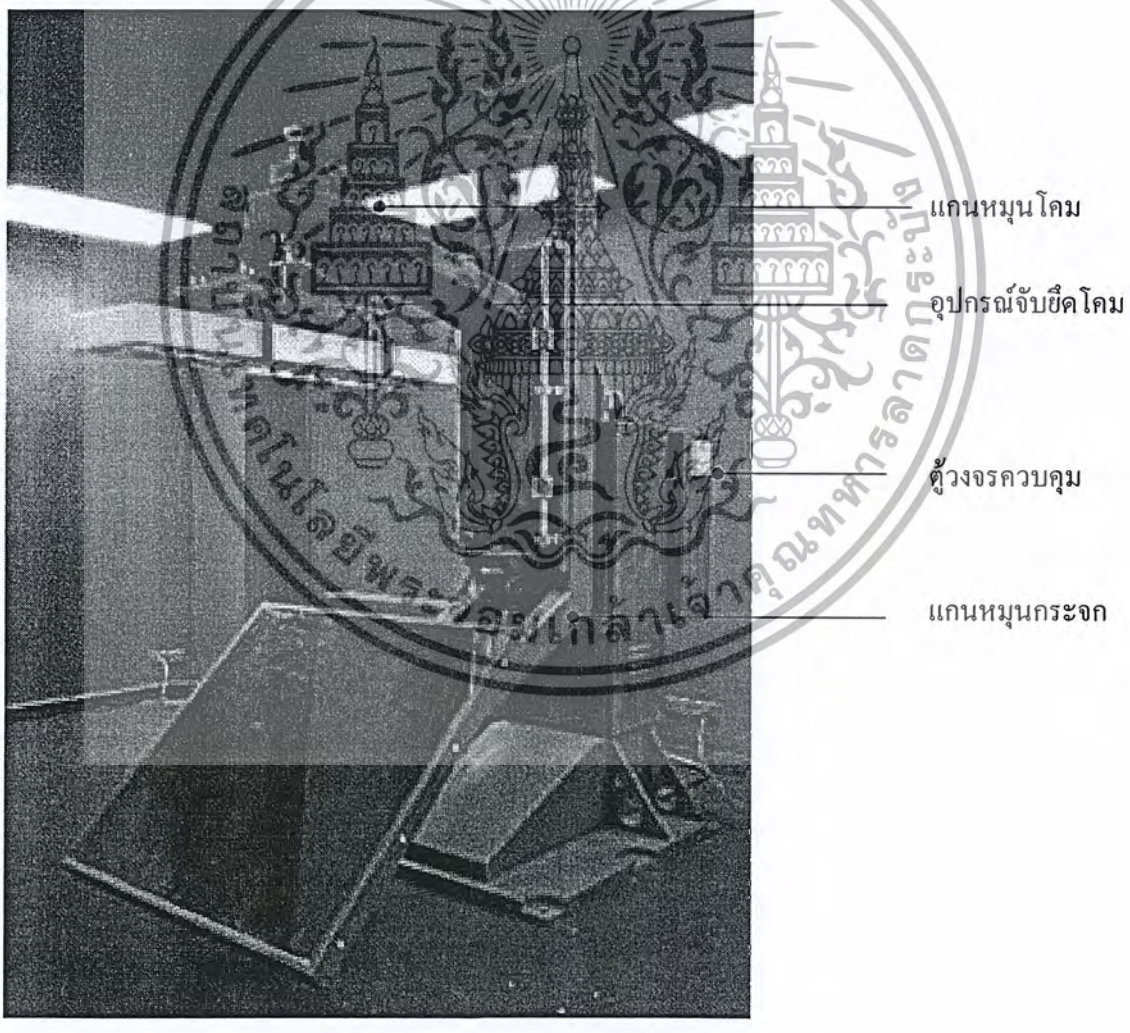
4.2.4 ส่วนประกอบของเครื่องโกนิโอโฟโตมิเตอร์ที่อาศัยการหมุนของกระจก

ส่วนประกอบของเครื่องโกนิโอโฟโตมิเตอร์ที่อาศัยการหมุนของกระจกที่มีการทำงานแบบอัตโนมัติ สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนประกอบหลักคือ ส่วนประกอบทางโครงสร้างและส่วนควบคุมการทำงาน

4.2.4.1 ส่วนประกอบทางโครงสร้าง

จากภาพโครงสร้างของเครื่องโกนิโอโฟโตมิเตอร์ที่อาศัยการหมุนของกระจก ในรูปที่ 4.11 สามารถจำแนกส่วนประกอบต่างๆได้ดังนี้

1. แกนหมุนกระจก
2. แกนหมุนโคม
3. ตู้ควบคุม
4. อุปกรณ์ยึดโคม



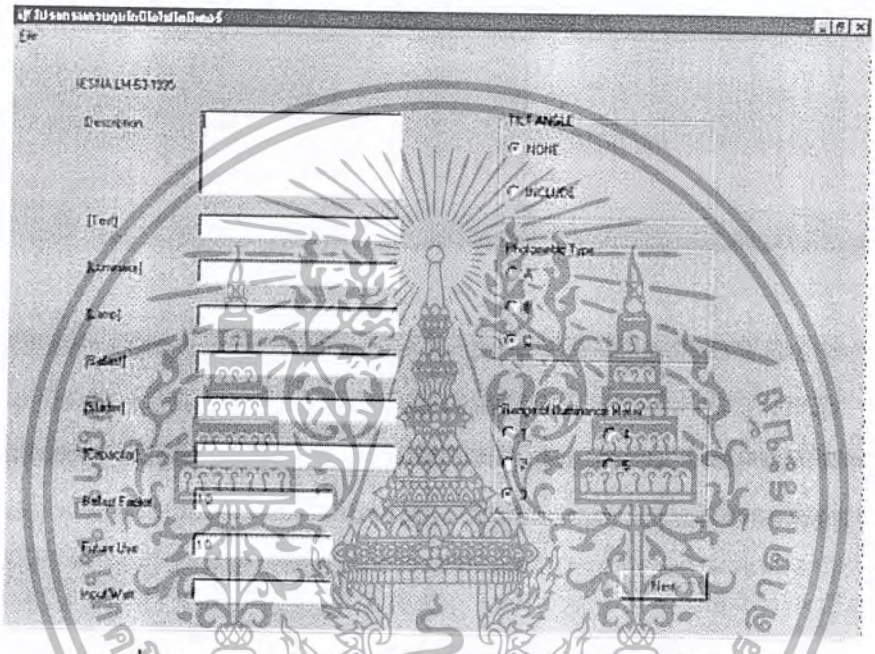
รูปที่ 4.12 ส่วนประกอบโกนิโอโฟโตมิเตอร์ที่อาศัยการหมุนของกระจก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4.2 ส่วนควบคุมการทำงาน

ส่วนควบคุมการทำงานของโกนิโอโฟโตมิเตอร์ที่อาศัยการหมุนของกระจก แบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนโปรแกรมคอมพิวเตอร์และส่วนวงจรควบคุมการทำงานของโกนิโอโฟโตมิเตอร์โดยสามารถจำแนกออกเป็นได้ดังนี้

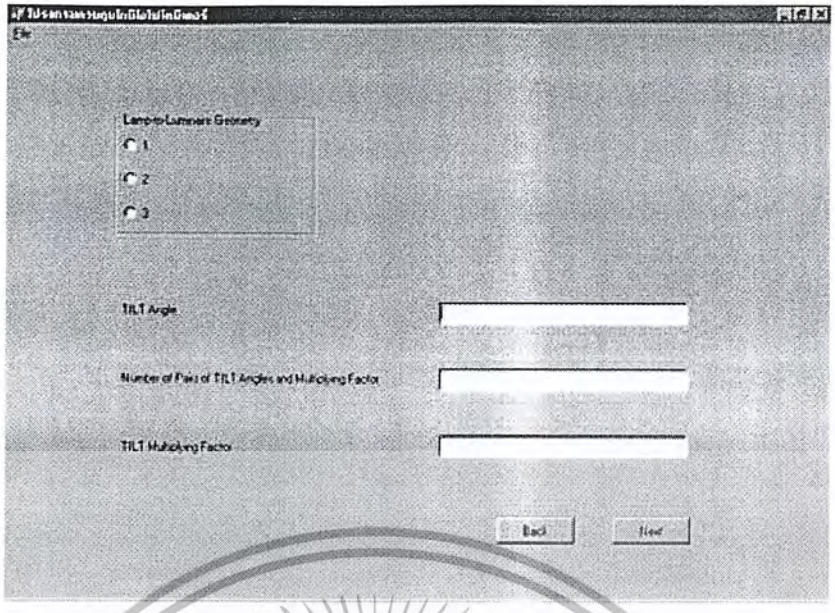
ก. โปรแกรมคอมพิวเตอร์ เป็นโปรแกรมที่เขียนขึ้นด้วยโปรแกรมเดลไฟเป็นส่วนที่ทำหน้าที่รับข้อมูลการทดสอบดวงโคมจากผู้ใช้ และแสดงผลการทดสอบการกระจายความส่องสว่างในรูปแบบ IES File โดยลักษณะของโปรแกรมสามารถแบ่งออกเป็นส่วนต่างได้ดังแสดงในรูปด้านล่าง



รูปที่ 4.13 ภาพหน้าต่างการรับข้อมูลการทดสอบจากผู้ใช้งาน

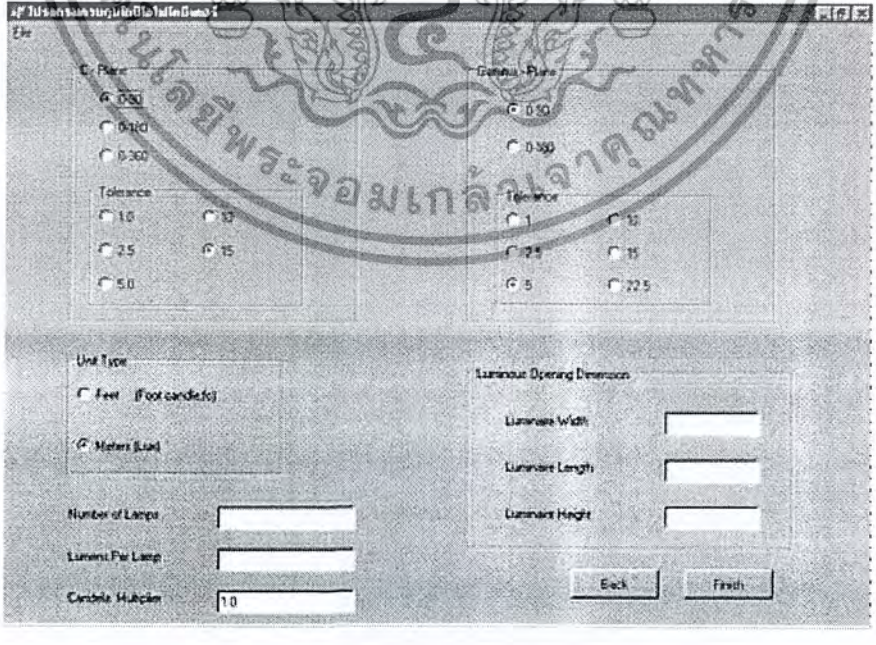
จากภาพในรูปที่ 4.13 เป็นภาพหน้าต่างการรับข้อมูลการทดสอบจากผู้ใช้งาน ซึ่งค่าที่ผู้ใช้งานจะต้องกรอกประกอบไปด้วย ค่า Description, Test, Luminaire, Lamp, Ballast ,Starter, Capacitor(โดยข้อมูลเหล่านี้เป็นข้อมูลที่อยู่ในส่วน Keyword ของ IES File) , Ballast Factor, Future Use, Future Use, Input Watt โดยได้อธิบายความหมายของค่าต่างๆเหล่านี้ในบทที่ 2 หัวข้อที่ 2.2.5 เรื่องรูปแบบมาตรฐานการเก็บข้อมูลการกระจายแสงของดวงโคม นอกจากค่าต่างๆที่กล่าวถึงด้านบนแล้ว ผู้ใช้ต้องเลือกลักษณะโคมที่ติดตั้งพิจารณาถึงการติดตั้งใช้งานในตำแหน่งที่มีมุมเงย(Tilt Angle)หรือไม่ ดังเช่น ไฟถนน เป็นต้น ซึ่งถ้าพิจารณาการติดตั้งที่มีมุมเงย ผู้ใช้จะต้องระบุค่าต่างๆดังต่อไปนี้ลงในข้อมูลการทดสอบประกอบด้วย Lamp - to - Luminaire Geometry, Number of Pairs of TILT Angle , TILT Angle , TILT Multiplying Factor ดังแสดงในรูปที่ 4.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.14 แสดงหน้าต่างรับข้อมูลการทดสอบ เมื่อพิจารณาการติดตั้งแบบมีมุมเอียง(Tilt Angle)

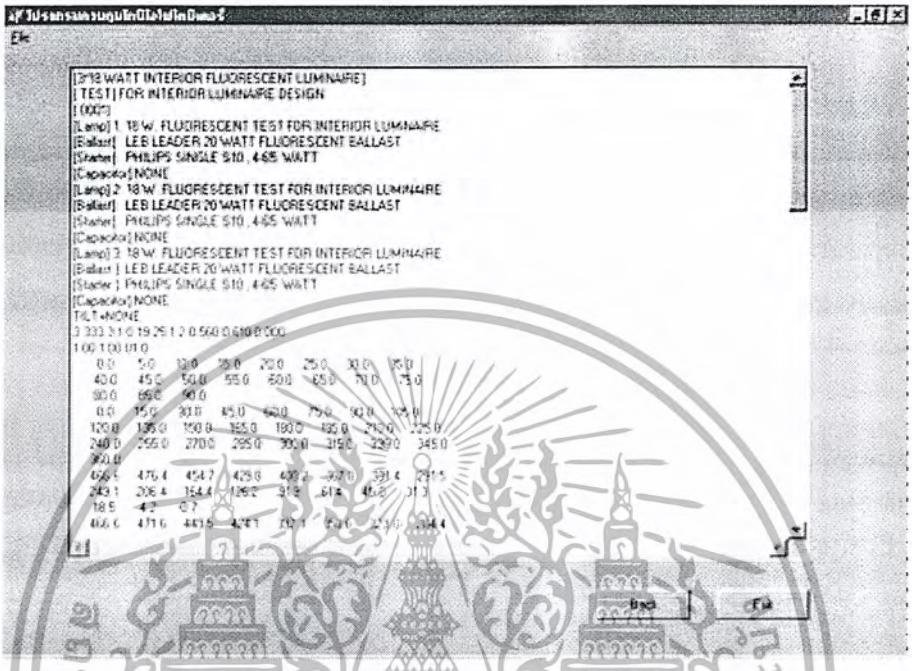
หลังจากผู้ใช้กรอกข้อมูลต่างๆ เสร็จเรียบร้อยแล้ว ก็จะเป็นการระบุข้อกำหนดการทดสอบ โดยสิ่งที่ผู้ใช้ต้องระบุประกอบด้วย ช่วงการทดสอบในเพลน C ,ช่วงการทดสอบในเพลน γ ,ระยะห่างระหว่างมุมในเพลน C, ระยะห่างระหว่างมุมในเพลน γ , ค่า Unit Type, Number of Lamps, Lumen Per Lamp , Candela Multiplier, Luminious Opening Dimensions(ระบุขนาด กว้าง,ยาว,สูง ของโคม) ดังแสดงได้ดังรูปที่ 4.15



รูปที่ 4.15 แสดงหน้าต่างรับข้อกำหนดการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อผู้ใช้กรอกข้อกำหนดและเงื่อนไขการทดสอบเสร็จสิ้นแล้ว กระบวนการทดสอบจะทำงานโดยอัตโนมัติจนเสร็จสิ้นกระบวนการทดสอบ ซึ่งหลังจากเสร็จสิ้นกระบวนการทดสอบแล้วผลการทดสอบจะแสดงอยู่ในรูปแบบมาตรฐานการเก็บข้อมูลการกระจายความเข้มส่องสว่างแบบ IES File



รูปที่ 4.16 ข้อมูลการกระจายความส่องสว่างแบบ IES File

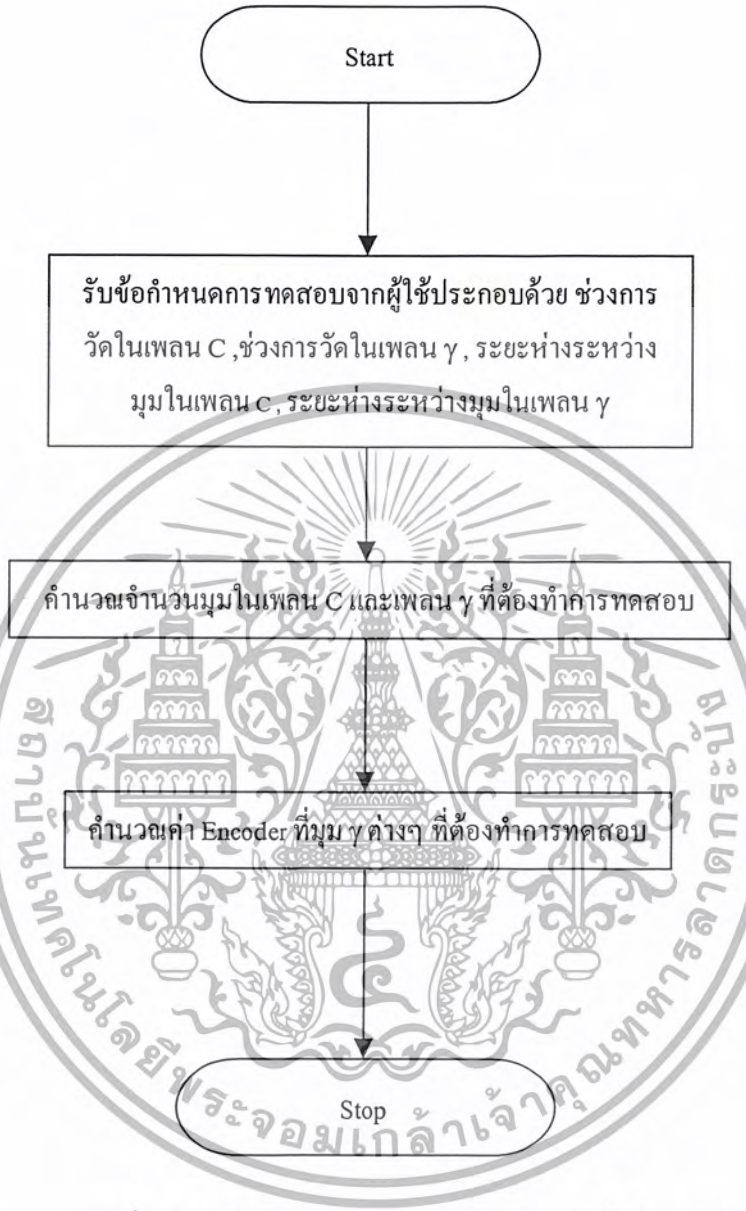
หลังจากกรอกข้อกำหนดการทดสอบและเงื่อนไขการทดสอบเรียบร้อยแล้ว และกดปุ่ม'Finish' ก็จะเข้าสู่ส่วนการทำงานที่ต้องเชื่อมต่อกับPLC โดยมีกระบวนการทำงานทั้งหมดของโปรแกรมคอมพิวเตอร์แสดงในรูปที่ 4.20

โดยกระบวนการทำงานของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆหลายขั้นตอนโดยสามารถอธิบายการทำงานส่วนหลักๆของโปรแกรม ซึ่งแบ่งออกเป็นส่วนหลักๆได้ 3 ส่วนดังนี้

- ขั้นตอนการคำนวณค่าต่างๆ ที่ใช้สำหรับตรวจสอบและควบคุมกระบวนการทดสอบ
- ขั้นตอนการส่งข้อกำหนดเกี่ยวกับการทดสอบต่างๆ ไปยัง PLC
- ขั้นตอนการรับค่าความเข้มส่องสว่างที่ได้จากการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ขั้นตอนการคำนวณค่าต่างๆ ที่ใช้สำหรับตรวจสอบและควบคุมกระบวนการทดสอบ

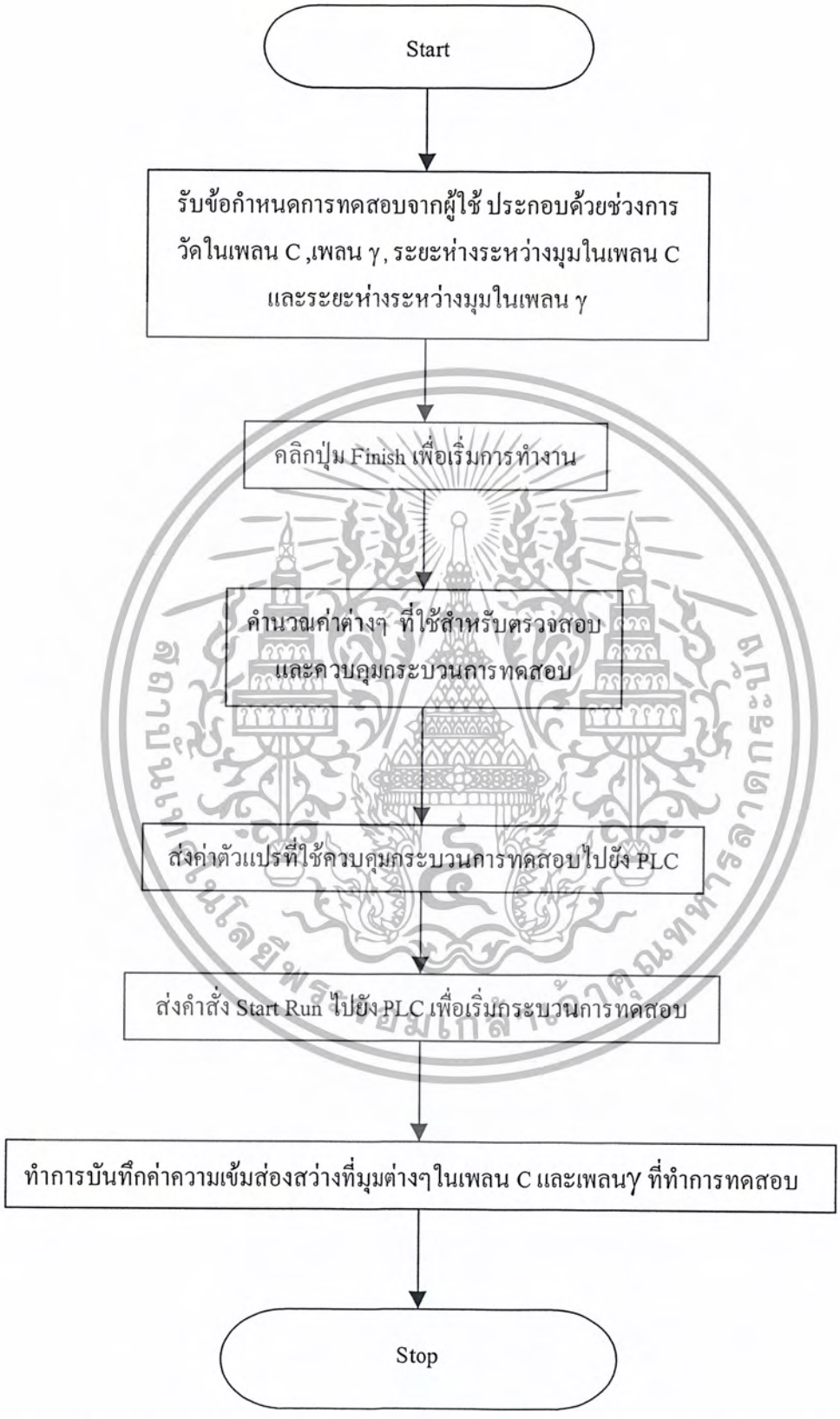


รูปที่ 4.17 โฟลชาร์ทแสดงกระบวนการแปลงค่าที่ได้จากผู้ใช้

จากโฟลชาร์ทในรูปที่ 4.17 เมื่อผู้ใช้ระบุข้อกำหนดการทดสอบเสร็จเรียบร้อยแล้ว ซึ่งประกอบไปด้วยช่วงการทดสอบในเพลน C ,ช่วงการทดสอบในเพลน γ ,ระยะห่างระหว่างมุมในเพลน C ,ระยะห่างระหว่างมุมในเพลน γ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ จะทำการคำนวณจำนวนมุมในเพลน C และจำนวนมุมในเพลน γ ที่ต้องทำการทดสอบ จากนั้นคำนวณค่าของ Encoder ที่มุม γ ต่างๆ เพื่อใช้สำหรับตรวจสอบตำแหน่งการเคลื่อนที่ของกระจก หลังจากคำนวณค่าต่างๆเสร็จเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการส่งข้อกำหนดเกี่ยวกับการทดสอบต่างๆ ไปยัง PLC โดยมีกระบวนการต่างดังแสดงในโฟลชาร์ทในรูปที่ 4.18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ขั้นตอนการส่งข้อกำหนดเกี่ยวกับการทดสอบต่างๆ ไปยัง PLC



รูปที่ 4.18 โฟลชาร์ทแสดงขั้นตอนการส่งข้อกำหนดเกี่ยวกับการทดสอบต่างๆ ไปยัง PLC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในขั้นตอนการส่งข้อกำหนดการทดสอบไปยัง PLC มีเฟรมข้อมูลที่ส่งไปยัง PLC 2 เฟรมคือ เฟรมของตัวแปร settingangle และเฟรมของตัวแปร run

โดยเฟรม settingangle เป็นเฟรมที่ใช้สำหรับส่งข้อกำหนดการทดสอบไปยัง PLC ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลดังต่อไปนี้ ช่วงการวัดในเพลน C ,ช่วงการวัดในเพลน γ ,ระยะห่างระหว่างมุมในเพลน C ,ระยะห่างระหว่างมุมในเพลน γ

โดยค่าตัวแปรต่างที่อ้างถึง สามารถศึกษารายละเอียดได้ในภาคผนวก ก.

โดยตัวแปร settingangle เป็นตัวแปรประเภท string โดยมีเฟรมคำสั่งประกอบด้วยข้อมูลดังต่อไปนี้

settingangle = chr(05) + settinganglecode + '0'+ a + b + cc + chr(04)

โดย settinganglecode = '00WSS0107%DW0010' เป็นค่าคงที่

a เป็นตัวแปรที่ใช้สำหรับเก็บค่าระยะห่างระหว่างมุมในเพลน C เป็นตัวแปรชนิด string

b เป็นตัวแปรที่ใช้สำหรับเก็บค่าช่วงการวัดในเพลน C เป็นตัวแปรชนิด string

cc เป็นตัวแปรที่ใช้สำหรับเก็บค่าช่วงการวัดในเพลน γ เป็นตัวแปรชนิด string

ซึ่งลักษณะเฟรม settingangle ที่ส่งไปเขียนข้อมูลที่ PLC สามารถอธิบายได้ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 เฟรมคำสั่ง settingangle

Header	Station No.	Command	Command type	Number of Block	Variable length	Variable name	Data	Tail
ENQ	H00	W(w)	SS	H01	H07	% DW0010	0+a+b+c	EOT

จากตารางที่ 4.1 เป็นรูปแบบเฟรมการเขียนข้อมูลไปยัง PLC ซึ่งสามารถอธิบายเปรียบเทียบกับตัวแปรsettingangle ได้ดังนี้

จากตัวแปร settingangle = chr(05) + settinganglecode + '0' + a + b + cc + chr(04)

chr(05) คือส่วนHeader มีความหมายเท่ากับค่า ENQ

settinganglecode = '00WSS0107%DW0010' สามารถแบ่งออกเป็นส่วนต่างได้ดังนี้

00 คือส่วน Station No.

W คือส่วน Command หมายถึงเขียนคำสั่ง write ไปยัง PLC

SS คือส่วน Command type

01 คือส่วน Number of block หมายถึงจำนวน block ของข้อมูลที่ส่งไปยัง PLC

07 คือส่วน Variable Length หมายถึงความยาวของตัวแปร

%DW0010 คือชื่อของตัวแปร จะเห็นได้ว่าความยาวของตัวแปรนี้เท่ากับ 7 มีความหมายว่าเป็นการเขียนข้อมูลลงในรีจิสเตอร์ภายในของ PLC ตำแหน่งที่ D0010 และข้อมูลที่เขียนลงไปเป็นชนิด word

'0'+a+b+cc คือข้อมูลที่ส่งไปที่ PLC เป็นตัวแปรชนิด string

chr(04) คือ Tail มีความหมายเท่ากับค่า EOT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เฟรม run เป็นเฟรมที่ใช้สำหรับส่งคำสั่งเพื่อให้ PLC เริ่มทำงาน โดยมีเฟรมคำสั่งประกอบด้วยข้อมูลดังต่อไปนี้

run = chr(05) + runcode + '01' + chr(03)

โดย runcode = '00WSS0107%MX0060' เป็นค่าคงที่

ซึ่งลักษณะเฟรม run ที่ส่งไปเขียนข้อมูลที่ PLC สามารถอธิบายได้ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 เฟรมคำสั่ง run

Header	Station No.	Command	Command type	Number of Block	Variable length	Variable name	Data	Tail
ENQ	H00	W(w)	SS	H01	H07	%MX0060	01	EOT

จากตารางที่ 4.2 เป็นรูปแบบเฟรมการเขียนข้อมูลไปยัง PLC ซึ่งสามารถอธิบายเปรียบเทียบกับตัวแปร run ได้ดังนี้

จากตัวแปร run = chr(05) + runcode + '01' + chr(03)

chr(05) คือส่วนHeader มีความหมายเท่ากับค่า ENQ

runcode = '00WSS0107%MX0060' สามารถแบ่งออกเป็นส่วนต่างได้ดังนี้

00 คือส่วน Station No.

W คือส่วน Command หมายถึงเขียนคำสั่ง write ไปยัง PLC

SS คือส่วน Command type

01 คือส่วน Number of block หมายถึงจำนวน block ของข้อมูลที่ส่งไปยัง PLC

07 คือส่วน Variable Length หมายถึงความยาวของตัวแปร

%MX0060 คือชื่อของตัวแปร จะเห็นได้ว่าความยาวของตัวแปรนี้เท่ากับ 7 มีความหมายว่าเป็นการเขียนข้อมูลลงในรีจิสเตอร์ภายในของ PLC ตำแหน่งที่ M0060 และข้อมูลที่เขียนลงไปเป็นชนิด bit

01 คือข้อมูลที่ส่งไปที่ PLC เป็นตัวแปรชนิด string

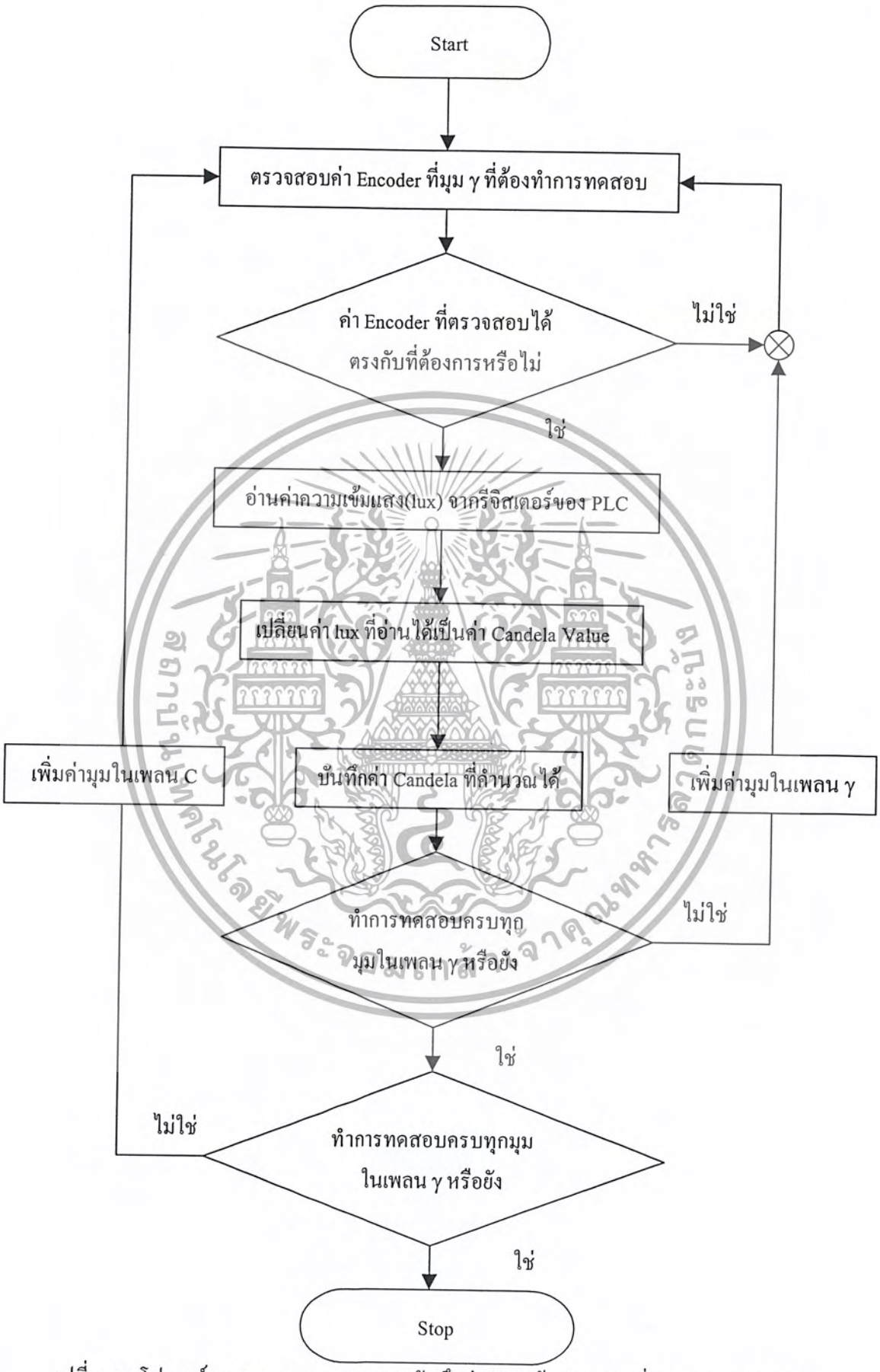
chr(04) คือ Tail มีความหมายเท่ากับค่า EOT

เมื่อส่งข้อมูลต่างๆไปยัง PLC เสร็จเรียบร้อยแล้ว เครื่องโกนิโอโฟโตมิเตอร์จะเริ่มกระบวนการทดสอบโดยอัตโนมัติ ซึ่งจะทำการบันทึกค่าความเข้มส่องสว่างที่มุม C และ γ ต่างๆ ที่ได้จากการทดสอบ โดยมีกระบวนการทำงานดังต่อไปนี้

- ขั้นตอนการรับค่าความเข้มส่องสว่างที่ได้จากการทดสอบ

สามารถอธิบายกระบวนการทำงานและขั้นตอนการตรวจสอบต่างได้ดังโฟลชาร์ทในรูปที่ 4.19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.19 โฟลชาร์ทแสดงการตรวจสอบและบันทึกค่าความเข้มส่องสว่างที่ได้จากการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากโฟลชาร์ทในรูปที่ 4.19 เป็นการแสดงกระบวนการรับค่าการกระจายความเข้มส่องสว่างที่อ่านได้จากอุปกรณ์วัดความส่องสว่าง โดยในกระบวนการรับค่าที่ได้จากการทดสอบจะมีตัวแปรอยู่ 2 ตัวที่นำมาใช้ตรวจสอบ คือตัวแปร wdetect และตัวแปร wcollect

โดยตัวเฟรม wdetect เป็นเฟรมที่ส่งไปยัง PLC เพื่ออ่านค่าจากรีจิสเตอร์ภายใน คือรีจิสเตอร์ M0060 ซึ่งตำแหน่งริจิสเตอร์นี้ ใช้สำหรับเก็บค่า Encoder เพื่อนำมาใช้ตรวจสอบค่ามุมในเพลน γ

โดยตัวแปร settingangle เป็นตัวแปรประเภท string โดยมีเฟรมคำสั่งประกอบด้วยข้อมูลดังต่อไปนี้

wdetect = chr(05) + wdetectccode + chr(04)

โดย wdetect = '00RSS0107%DW1004' เป็นค่าคงที่

ซึ่งลักษณะเฟรม wdetectc ที่ส่งไปอ่านข้อมูลที่ PLC สามารถอธิบายได้ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 รูปแบบเฟรม wdetect ใช้สำหรับตรวจสอบตำแหน่ง Encoder

Header	Station No.	Command	Command type	Number of Block	Variable length	Variable name	Tail
ENQ	H00	R(r)	SS	H01	H07	%DW1004	EOT

จากตัวแปร wdetect = chr(05) + wdetectcode + chr(04)

chr(05) คือส่วนHeader มีความหมายเท่ากับค่า ENQ

wdetectc = '00RSS0107%DW1004' สามารถแบ่งออกเป็นส่วนต่างได้ดังนี้

00 คือส่วน Station No.

R คือส่วน Command หมายถึงเขียนคำสั่ง read ไปยัง PLC

SS คือส่วน Command type หมายถึงชนิดของคำสั่ง

00 คือส่วน Number of block หมายถึงจำนวน block ของข้อมูลที่ส่งไปยัง PLC

07 คือส่วน Variable Length หมายถึงความยาวของตัวแปร

%DW1004 คือชื่อของตัวแปร จะเห็นได้ว่าความยาวของตัวแปรนี้เท่ากับ 7 มีความหมายว่าเป็นการอ่านค่าจากรีจิสเตอร์ภายในของ PLC ตำแหน่งที่ D1004 และข้อมูลที่อ่านได้เป็นชนิด word

ดังนั้นข้อมูลที่อ่านได้จาก รีจิสเตอร์ D1004 จะอยู่ในรูปแบบเฟรมตอบสนองการอ่านข้อมูลซึ่งมีรูปแบบดังนี้

ตารางที่ 4.4 เฟรมตอบสนองการอ่านข้อมูล

Header	Station No.	Command	Command type	Number of Block	Variable length	Data	Tail
ACK	H00	R(r)	SS	H01	H04	Data	EOT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยค่าที่อ่านได้จะถูกเก็บไว้ในตัวแปรชื่อ rdetect โดยมีลักษณะข้อมูลที่อ่านได้จาก PLC เป็นดังนี้

rdetect = chr(06) + 00RSS01004 + Data + chr(03)

โดย Data เป็นข้อมูลชนิด word

เฟรม wcollect เป็นเฟรมที่ส่งไปยัง PLC เพื่ออ่านค่าจากรีจิสเตอร์ภายใน คือรีจิสเตอร์ D0102 ซึ่งตำแหน่งริจิสเตอร์นี้ เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้สำหรับเก็บค่า ความเข้มแสง(lux) ที่วัดได้จากอุปกรณ์วัดความเข้มแสง

โดยใช้ตัวแปร wcollectcode โดยมีเฟรมคำสั่งประกอบด้วยข้อมูลดังต่อไปนี้

wcollect = chr(05) + wcollectcode + chr(04)

โดย wcollectcode = '00RSS0107%DW0102'

ซึ่งลักษณะเฟรม wcollect ที่ส่งไปอ่านข้อมูลที่ PLC สามารถอธิบายได้ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 เฟรมส่งสำหรับอ่านข้อมูลที่ใช้รับค่าความเข้มส่องสว่าง

Header	Station No.	Command	Command type	Number of Block	Variable length	Variable name	Tail
ENQ	H00	R(r)	SS	H01	H07	%DW0102	EOT

จากตัวแปร wcollect = chr(05) + wcollectcode + chr(04)

chr(05) คือส่วนHeader มีความหมายเท่ากับค่า ENQ

wcollectcode = '00RSS0107%DW0102'

01 คือส่วน Station No.

R คือส่วน Command หมายถึงเขียนคำสั่ง read ไปยัง PLC

SS คือส่วน Command type

01 คือส่วน Number of block หมายถึงจำนวน block ของข้อมูลที่ส่งไปยัง PLC

07 คือส่วน Variable Length หมายถึงความยาวของตัวแปร

%DW0102 คือชื่อของตัวแปร จะเห็นได้ว่าความยาวของตัวแปรนี้เท่ากับ 7 มีความหมายว่าเป็นการอ่านค่าจากรีจิสเตอร์ภายในของ PLC ตำแหน่งที่ D0102 และข้อมูลที่อ่านได้เป็นชนิด word

ดังนั้นข้อมูลที่อ่านได้จาก รีจิสเตอร์ D0102 จะอยู่ในรูปแบบเฟรมตอบสนองการอ่านข้อมูลซึ่งมีรูปแบบดังนี้

ตารางที่ 4.6 เฟรมตอบสนองการอ่านข้อมูลใช้รับค่าความเข้มส่องสว่าง

Header	Station No.	Command	Command type	Number of Block	Variable length	Data	Tail
ACK	H00	R(r)	SS	H01	H04	Data	EOT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

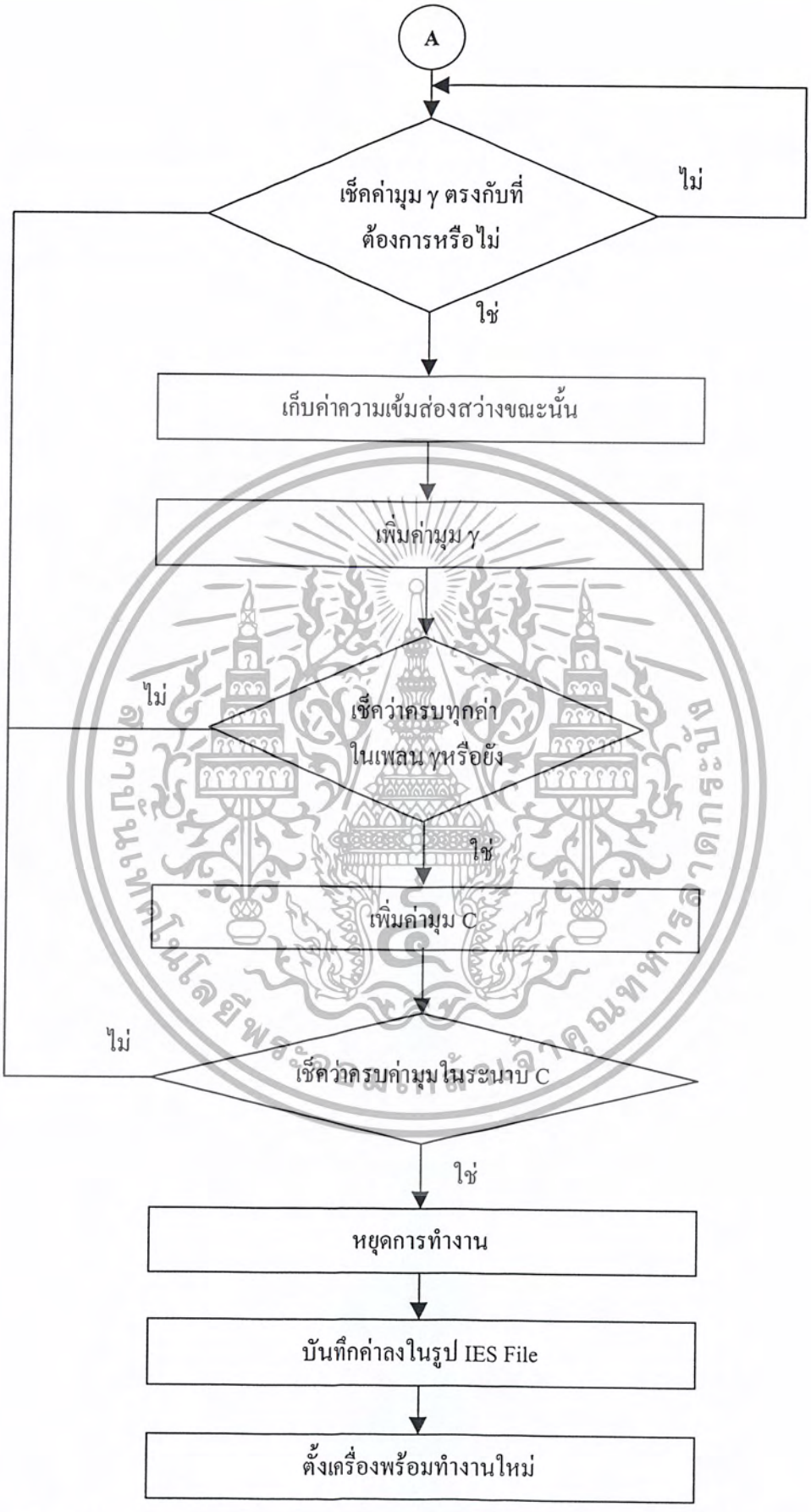
โดยค่าที่อ่านได้จะถูกเก็บไว้ในตัวแปรชื่อ rcollect โดยมีลักษณะข้อมูลที่อ่านได้จาก PLC เป็นดังนี้

rdetect = chr(06) + 00RSS01004 + Data + chr(03)

โดย Data เป็นข้อมูลชนิด word

โดยเราสามารถสรุปกระบวนการทำงานของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้ดังโฟลชาร์ทในรูปที่ 4.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.20 โฟลชาร์ทแสดงกระบวนการทำงานของโปรแกรมควบคุมเครื่องโกนิโอโฟโตมิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข. ส่วนควบคุมการทำงาน

ส่วนควบคุมการทำงานนี้จะประกอบด้วย 2 ส่วนประกอบใหญ่ๆ คือ

1. วงจรควบคุม(Control Circuit)

2. วงจรกำลัง(Power Circuit)

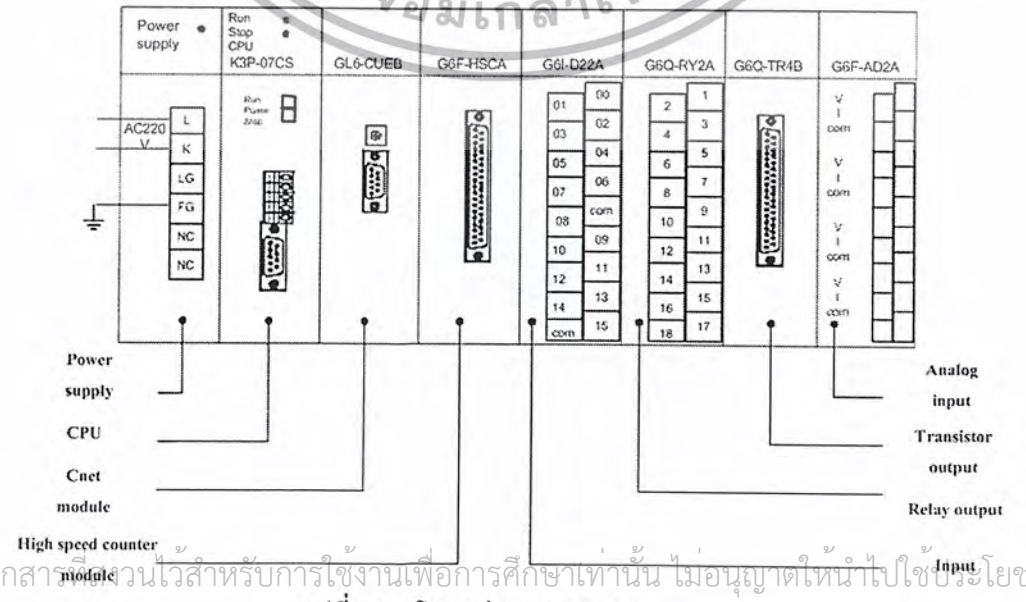
1. วงจรควบคุม(Control Circuit)

วงจรควบคุมนี้จะทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของระบบและส่วนต่างๆ ของเครื่องโกนิโอโฟโตมิเตอร์ โดยจะรับสภาวะเงื่อนไขการทำงานผ่านทางสวิตช์ควบคุมต่างๆ โดย PLC จะรับค่าสภาวะการทำงานนั้นๆ รวมทั้งควบคุมการรับ - ส่งค่าทางอนาลอกและดิจิตอล ซึ่งวงจรควบคุมนี้รวมถึงอุปกรณ์การตรวจวัดค่าทางอนาลอกและดิจิตอลด้วย โดยมีส่วนประกอบและรายละเอียดดังนี้

- Programmable Logic Controller(PLC)
- เอนโค้ดเดอร์(Encoder)
- วัตต์ทรานส์ดิวเซอร์(Watt Transducer)
- อินเวอร์เตอร์(Inverter)
- มิเตอร์วัดความเข้มแสง(Illuminance Meter)

- Programmable Logic Controller(PLC)

PLC เป็นส่วนควบคุมหลักของการทำงานทั้งระบบของเครื่องโกนิโอโฟโตมิเตอร์ โดยจะมีทั้งส่วนอินพุต(Input) และส่วนเอาท์พุต(Output) ในส่วนของอินพุตนี้จะรับค่าอินพุตแบบดิจิตอล จากแผงสวิตช์ เอนโค้ดเดอร์และคำสั่งจากคอมพิวเตอร์ ส่วนค่าอินพุตแบบอนาลอกนี้จะรับค่ามาจาก ส่วนของ วัตต์ทรานดิวเซอร์ และมิเตอร์วัดความเข้มแสง ในส่วนค่าเอาท์พุตของ PLC นี้นั้น จะแสดงออกมาในรูปการทำงานของระบบ โดยสั่งให้อินเวอร์เตอร์ทำงานตามลำดับของการทำงาน และการแสดงค่าผ่านทางหน้าจอ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

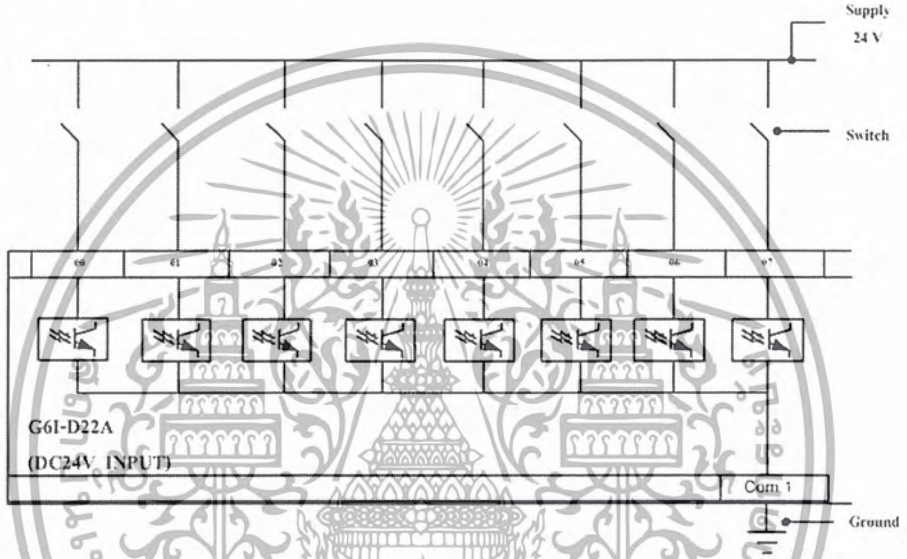


รูปที่ 4.21 โมดูลต่างๆ ของ PLC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

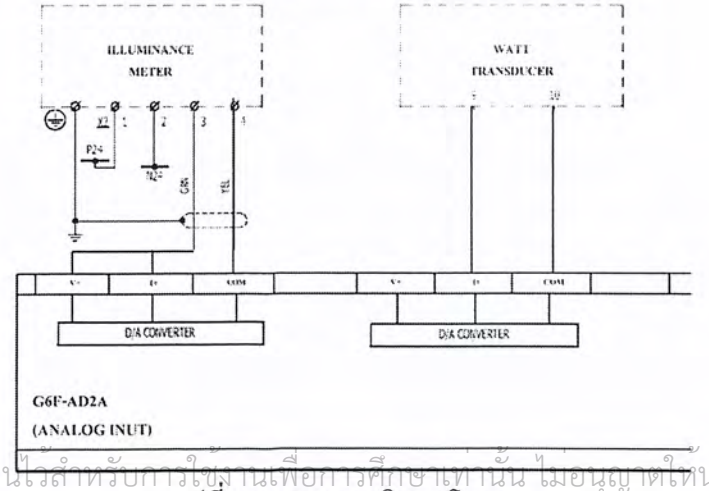
A. ส่วนประมวลผล เป็นโมดูลส่วนที่ทำการควบคุมระบบการทำงานของ PLC โดยจะเชื่อมต่อกับโมดูลต่างๆ และทำการควบคุมให้ทำงานตามโปรแกรมที่ได้กำหนดไว้ ในโมดูลนี้จะมีส่วนในการต่อเชื่อมกับคอมพิวเตอร์ เพื่อการเขียนโปรแกรมแลดเดอร์เข้าสู่ PLC โดยการต่อเชื่อมกันนี้จะผ่านทางพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์และพอร์ต RS-232 ที่โมดูลนี้

B. ส่วนอินพุตของ PLC จะประกอบด้วย ดิจิตอลอินพุตโมดูล(Digital Input Module) อนาลอกอินพุตโมดูล(Analog Input Module) และ ไฮสปีดเคาท์เตอร์โมดูล (High-speed counter Module) โดยมีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 4.22 ดิจิตอลอินพุตโมดูล

ดิจิตอลอินพุตโมดูล เป็นส่วนที่ทำการรับสถานะการทำงานจากสวิตช์ต่างๆที่แผงควบคุมเพื่อสั่งการให้ PLC ทำงานตามสภาวะที่ต้องการ ซึ่งค่าที่รับเป็นค่าทางดิจิตอลคือ 0 กับ 1 หรือ ON กับ OFF นั้นเอง โดยโมดูลนี้สามารถรับอินพุตได้ทั้งหมด 16 บิต ตั้งแต่แอดเดรส(Address) ที่ 0 ถึง F ซึ่งแต่ละแอดเดรสนี้รับค่าจากสวิตช์

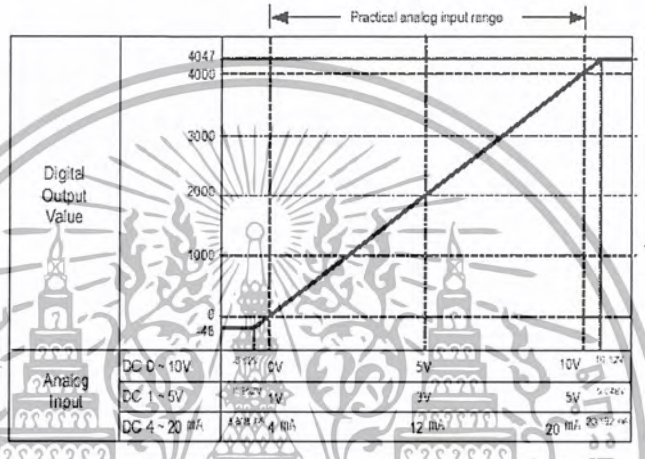


รูปที่ 4.23 อนาลอกอินพุตโมดูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

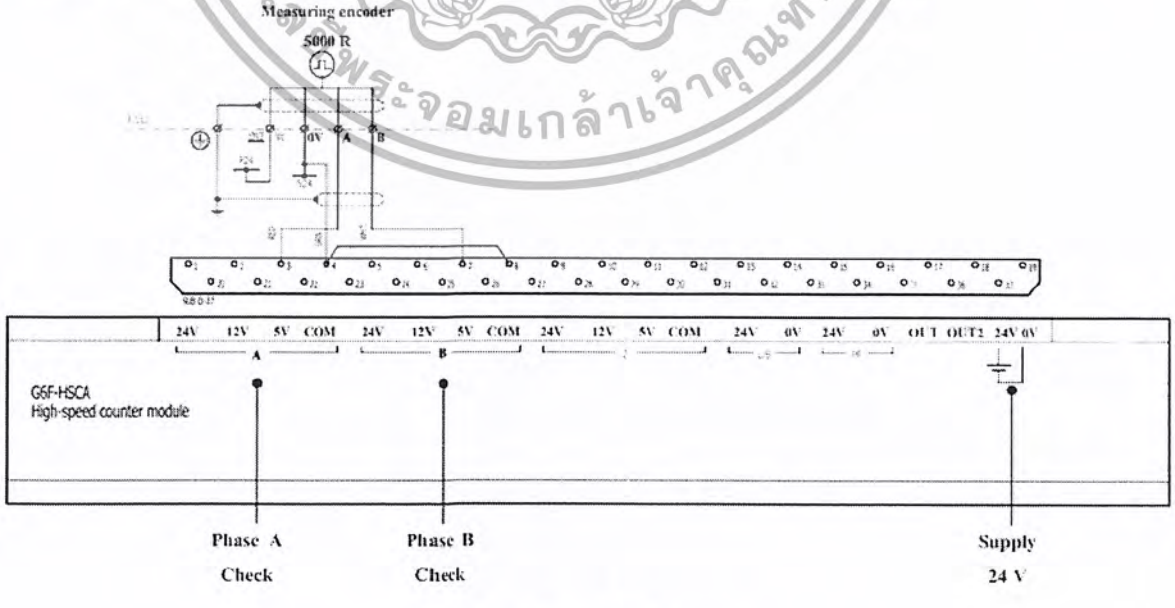
อนาลอกอินพุตโมดูล เป็นส่วนที่ทำการรับค่าสัญญาณทางอนาลอกในรูปของสัญญาณแรงดันกระแสตรง หรือสัญญาณกระแสตรงจากอุปกรณ์ภายนอกเข้าสู่ PLC โดยมีช่วงของการรับค่าสัญญาณแรงดันกระแสตรง คือ 1 - 5, 0 - 10 และ -10 - 10 โวลต์ และช่วงของการรับค่าสัญญาณกระแสตรง คือ 4 - 20 มิลลิแอมป์ ซึ่งการเลือกใช้ชนิดของรูปแบบสัญญาณที่จะรับนั้นขึ้นอยู่กับผู้ใช้งานและอุปกรณ์ที่ใช้ร่วมกัน โดยอนาลอกอินพุตโมดูล นั้นจะทำการแปลงค่าสัญญาณทางอนาลอกเป็นค่าทางดิจิตอล ซึ่งช่วงของค่าเอาท์พุตทางดิจิตอลนี้มีช่วง -48 - 4047 และ ช่วง -2048 - 2047 การใช้งาน ณ ที่นี้เป็นการรับค่าสัญญาณแรงดันกระแสตรงจากมิเตอร์วัดความเข้มแสง และรับค่าสัญญาณกระแสตรงจาก วัตต์ทรานดิวเซอร์

การแปลงค่าสัญญาณทางอนาลอกเป็นเอาท์พุตทางดิจิตอล ดังแสดงตามรูปดังนี้



รูปที่ 4.24 การแปลงค่าสัญญาณทางอนาลอกเป็นเอาท์พุตทางดิจิตอล

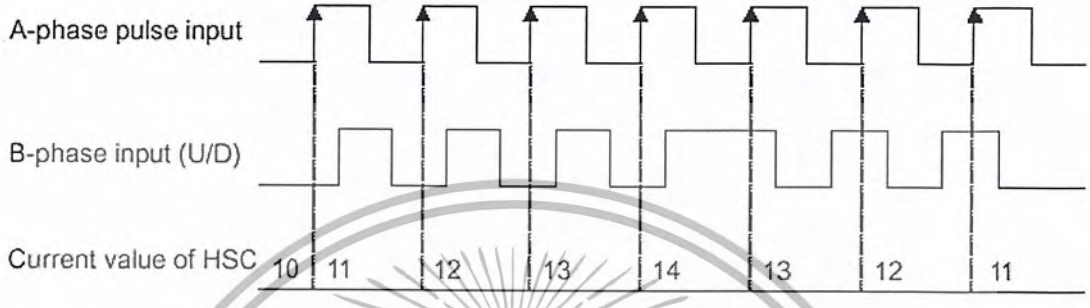
ตัวอย่าง เช่น ถ้าเลือกช่วงสัญญาณแรงดันกระแสตรงเป็น 0 - 10 โวลต์ และรับค่าสัญญาณได้ 5 โวลต์ ดังนั้น ค่าเอาท์พุตทางดิจิตอล จะได้เป็น 2000 และ 0 ในแต่ช่วงการแสดงค่าตามลำดับ



รูปที่ 4.25 ไฮสปีดเคาท์เตอร์โมดูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

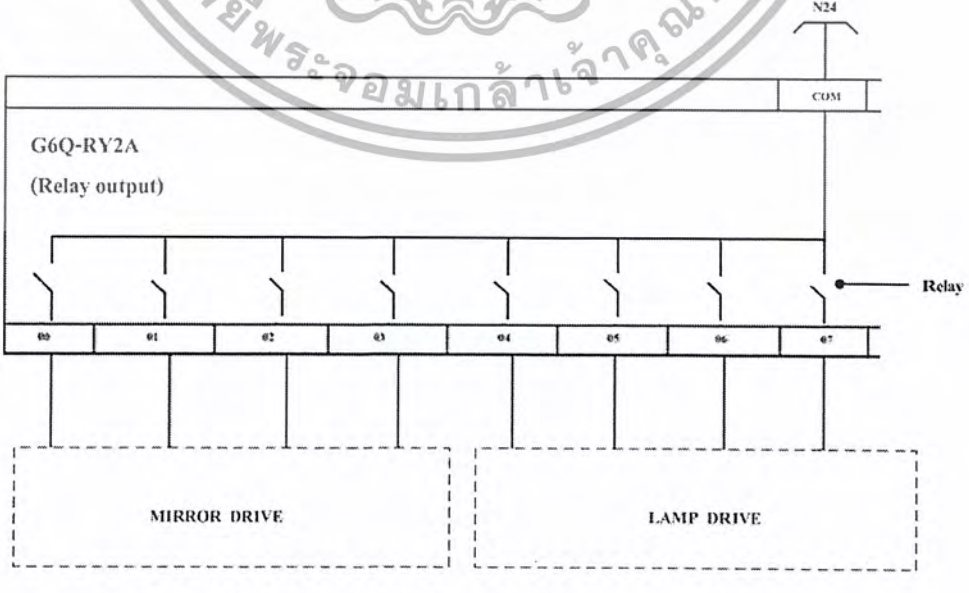
ไฮสปีดเคาท์เตอร์โมดูล เป็นส่วนที่ทำการรับค่าสัญญาณทางดิจิตอลความเร็วสูงจากเอนโค้ดเดอร์ แล้วทำการนับจำนวนสัญญาณที่เกิดขึ้นเข้าสู่ PLC ซึ่งไฮสปีดเคาท์เตอร์โมดูลนี้สามารถทำการตรวจนับค่าได้หลายแบบ เช่น การตรวจนับค่าแบบ 1 เฟส หรือ 2 เฟส โดยในการตรวจนับแต่ละแบบนี้ ก็ยังแบ่งออกเป็นแบบต่างกันอีก ขึ้นอยู่กับการใช้งาน ดังแสดงตัวอย่างการตรวจนับแบบ 2 เฟสตามรูปดังนี้



รูปที่ 4.26 การตรวจนับของไฮสปีดเคาท์เตอร์แบบ 2 เฟส

C. ส่วนเอาท์พุตของ PLC ประกอบด้วย ดิจิตอลเอาท์พุตโมดูล (Digital Output Module) แบบรีเลย์ และ แบบทรานซิสเตอร์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

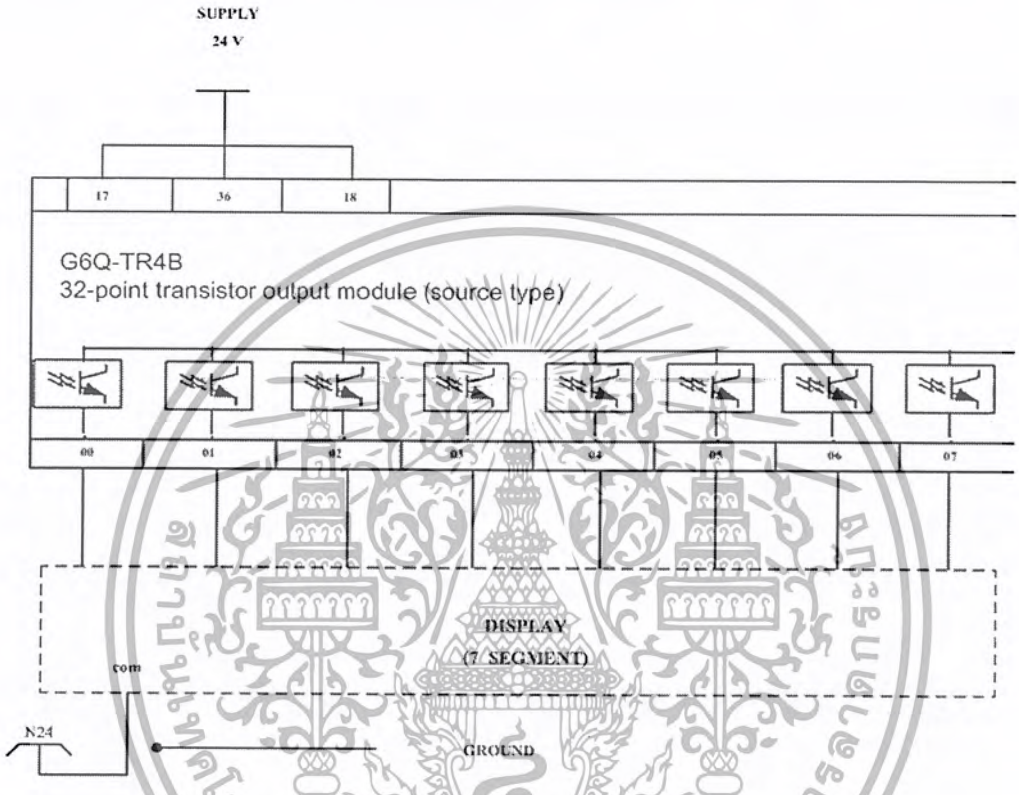
ดิจิตอลเอาท์พุตโมดูลแบบรีเลย์ เป็นส่วนที่ทำการส่งค่าทางดิจิตอลออกสู่อุปกรณ์ภายนอก เพื่อสั่งการให้อุปกรณ์นั้นๆ ทำงานหรือแสดงสถานะต่างๆของระบบ ซึ่งดิจิตอลเอาท์พุตโมดูลแบบรีเลย์นี้จะประกอบด้วยเอาท์พุตทั้งหมด 16 บิต ตั้งแต่แอดเดสที่ 0 ถึง F โดยแต่ละแอดเดสของเอาท์พุตนี้จะควบคุมอุปกรณ์แต่ละส่วนกัน



รูปที่ 4.27 ดิจิตอลเอาท์พุตโมดูลแบบรีเลย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

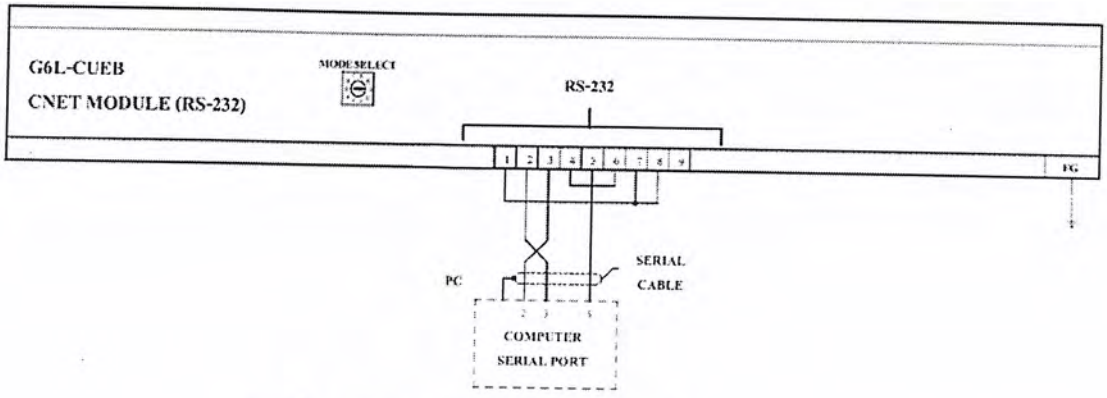
ดิจิตอลเอาท์พุตโมดูลแบบทรานซิสเตอร์ เป็นส่วนที่ทำการส่งค่าทางดิจิตอล ออกสู่อุปกรณ์ภายนอก เพื่อสั่งการให้อุปกรณ์นั้นๆ ทำงานหรือแสดงสถานะต่างๆของระบบ ซึ่งดิจิตอลเอาท์พุตโมดูลแบบทรานซิสเตอร์นี้จะประกอบด้วยเอาท์พุตทั้งหมด 32 บิต ตั้งแต่แอดเดสที่ 00 ถึง 1F ซึ่ง ณ ที่นี้ได้ทำการต่อดิจิตอลเอาท์พุตโมดูลแบบทรานซิสเตอร์นี้กับส่วนของการแสดงผลแบบ เซเว่นเซกเมนท์



รูปที่ 4.28 ดิจิตอลเอาท์พุตโมดูลแบบทรานซิสเตอร์

D. โมดูลส่วนเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ เป็นส่วนที่รับและส่งค่ากับคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ตอนุกรม และ พอร์ต RS-232 ซึ่ง การรับและส่งค่ากับคอมพิวเตอร์นี้อาจเป็นการสั่งการให้ PLC ทำงานตามสภาวะต่างๆ หรือเป็นการรับข้อมูลจาก PLC ไปประมวลผลต่างๆ ต่อไป ซึ่งโมดูลส่วนเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์แบ่งออกเป็น 2 โมดูล คือ โมดูลส่วนเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ เพื่อการเขียนโปรแกรมแลดเดอร์เข้าสู่ PLC จะต่อเชื่อมกันโดยผ่านทางพอร์ตอนุกรมและพอร์ต RS-232 ที่โมดูลประมวลผลของ PLC และโมดูลที่สองเป็นโมดูลส่วนเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ผ่านทางโมดูล C-NET ซึ่งจะเป็นส่วนที่เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์เพื่อการรับและส่งค่าจากคอมพิวเตอร์สู่ PLC ดังแสดงตามรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



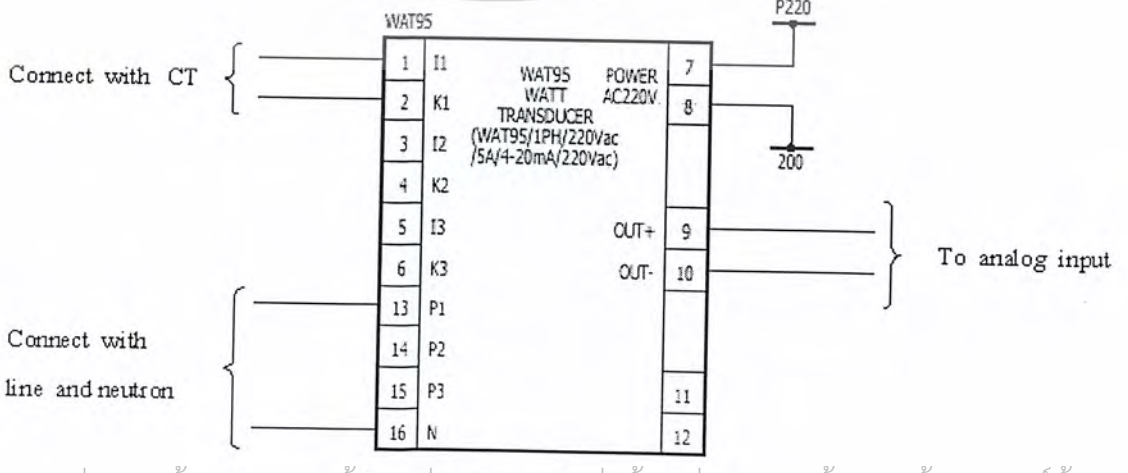
รูปที่ 4.29 โมดูลเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์

- เอนโค้ดเดอร์

เป็นอุปกรณ์ส่วนที่แปลงสัญญาณความเร็วรอบออกมาเป็นสัญญาณทางดิจิตอลซึ่งมีความละเอียดสูงขึ้นอยู่กับส่วนประมวลผล ของเอนโค้ดเดอร์ว่าจะสามารถสร้างสัญญาณออกมาได้สูงเท่าไรจากการหมุน 1 รอบ ซึ่งเอนโค้ดเดอร์ที่เลือกใช้นี้สามารถสร้างสัญญาณออกมาได้ที่ความละเอียด 600 และ 5000 ลูกสัญญาณต่อหนึ่งรอบการหมุนของมอเตอร์ ซึ่งจำนวนของสัญญาณนี้ใช้เป็นตัวบอกถึงตำแหน่งของการเคลื่อนที่ โดยการสร้างสัญญาณนี้อาจจะสร้างออกมาเป็น 1 เฟส 2 เฟส หรือ3 เฟส ขึ้นอยู่กับชนิดของเอนโค้ดเดอร์ที่เลือกใช้

- วัตต์ทรานส์ดิวเซอร์

วัตต์ทรานส์ดิวเซอร์ เป็นอุปกรณ์ที่ทำการวัดค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ในอุปกรณ์ไฟฟ้าในขณะนั้นแล้วแปลงค่าให้อยู่ในรูปสัญญาณกระแสตรง ช่วงของสัญญาณกระแสตรง เป็น 4 - 20 มิลลิแอมป์ โดยวัตต์ทรานส์ดิวเซอร์นี้จะรับค่ากระแส และแรงดันที่ใช้ไปในอุปกรณ์ไฟฟ้านั้นๆ โดยกระแสที่วัด จากอุปกรณ์อาจผ่านตัวแปลงกระแส(Current Transformer) ก่อนก็ได้

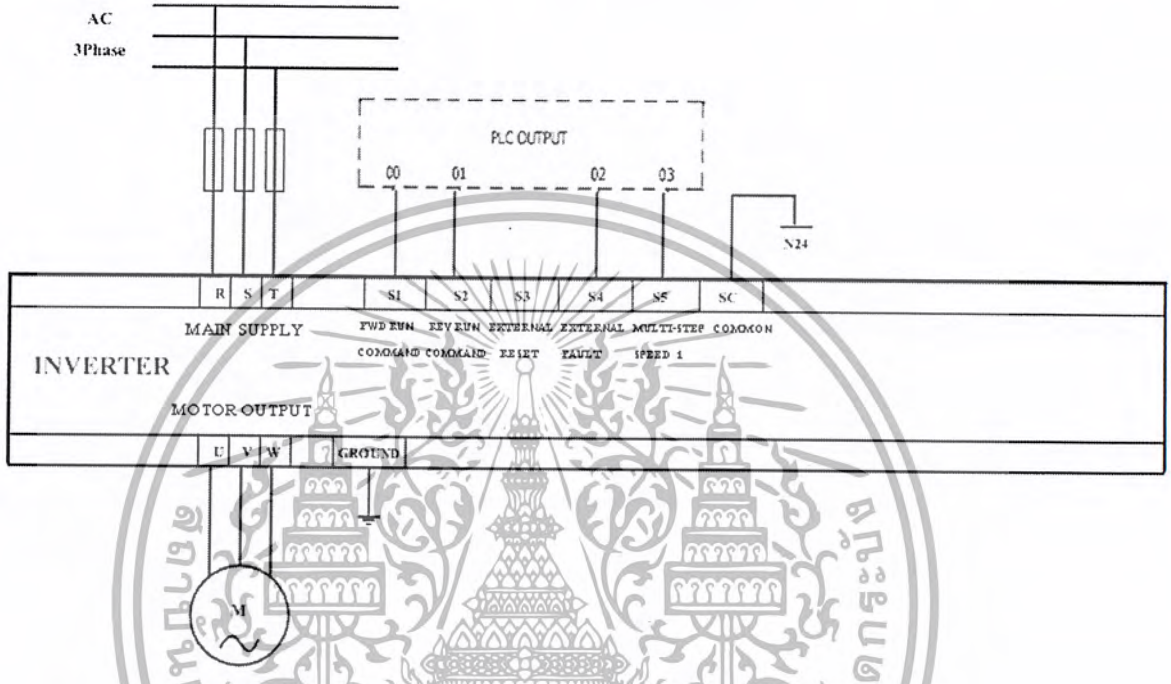


รูปที่ 4.30 วัตต์ทรานส์ดิวเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- อินเวอร์เตอร์

อินเวอร์เตอร์ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของมอเตอร์ตามสภาวะที่ต้องการ เช่นปรับความเร็วในการหมุนและทิศทางการหมุนโดยจะรับสภาวะการทำงานจาก PLC ในรูปดิจิตอลอินพุตเข้าสู่อินเวอร์เตอร์ซึ่งจะควบคุมการทำงานของมอเตอร์ที่ทำการเคลื่อนที่ส่วนดวงโคมและส่วนของกระจก



รูปที่ 4.31 อินเวอร์เตอร์ควบคุมการเคลื่อนที่กระจก

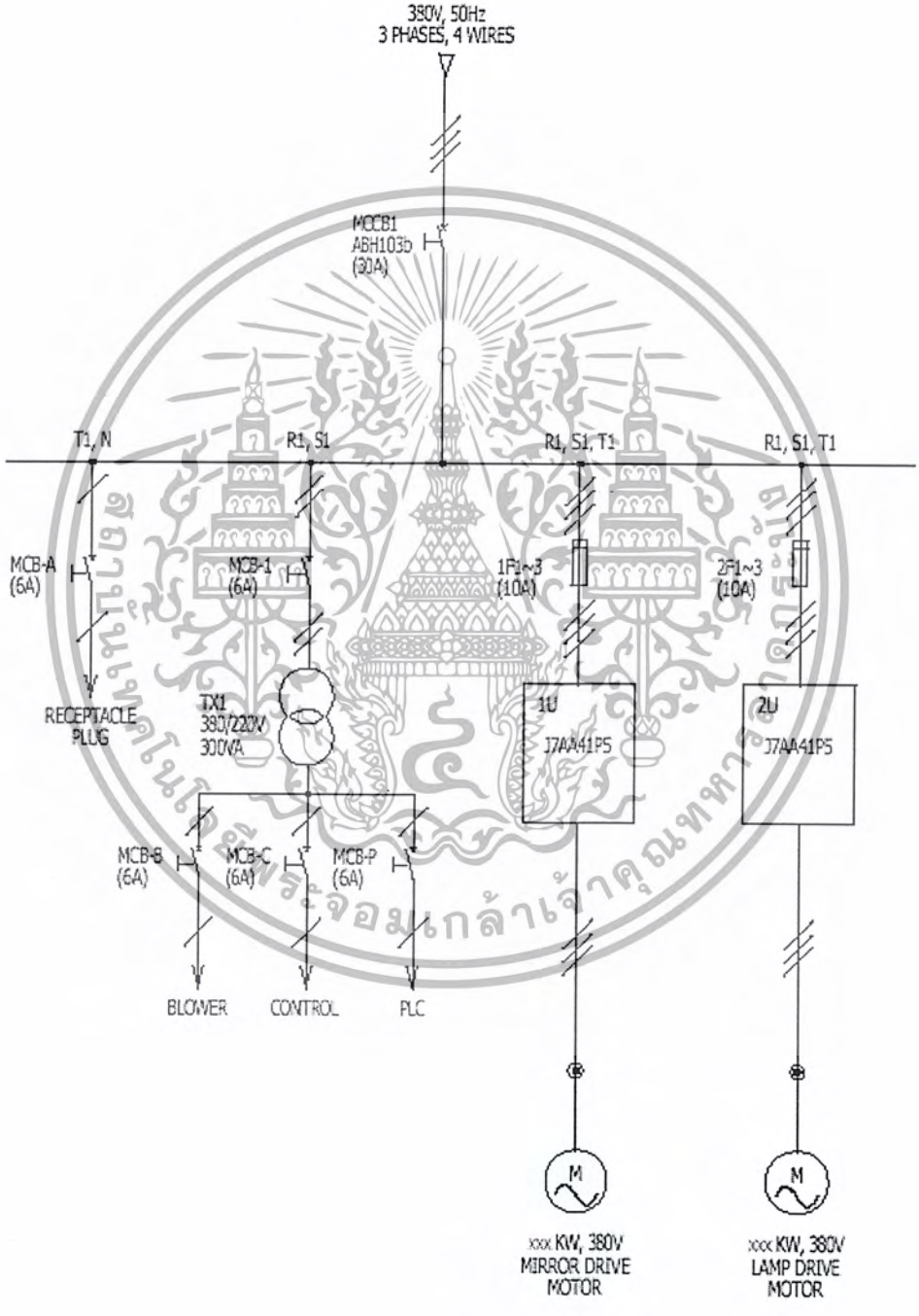
- มิเตอร์วัดความเข้มแสง

มิเตอร์วัดความเข้มแสง เป็นอุปกรณ์ที่รับค่าความเข้มแสงจากแหล่งกำเนิดแสงแล้วแสดงเป็นค่าของความเข้มแสงของแหล่งกำเนิดแสงนั้น ณ ตำแหน่งที่ทำการวัด โดยค่าที่แสดงอาจแสดงที่หน้าจอ หรือส่งค่าทางอนาลอก ออกมาเข้าสู่ PLC ในโมดูลอนาลอกอินพุต ซึ่งในที่นี้ มิเตอร์วัดความเข้มแสงจะส่งสัญญาณในรูปแรงดันกระแสตรงมีช่วงอยู่ระหว่าง 0 - 3 โวลต์ โดยการใช้งานมิเตอร์วัดความเข้มแสงนั้นจำเป็นต้องตั้งช่วงในการวัดที่เหมาะสมด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. วงจรกำลัง(Power Circuit)

วงจรกำลัง เป็นวงจรส่วนที่ทำหน้าที่ให้กำลังไฟฟ้าแก่ วงจรควบคุม และอุปกรณ์ส่วนต่างๆ ในระบบให้สามารถทำงานได้ โดยจะรับไฟฟ้าในระบบ 3 เฟส 4 สาย ที่แรงดัน 380 โวลท์จากแหล่งจ่ายหลักและยังมีอุปกรณ์บางส่วนที่ต้องการไฟเลี้ยงกระแสตรงที่ 24 โวลท์ด้วย ดังแสดงตามรูป

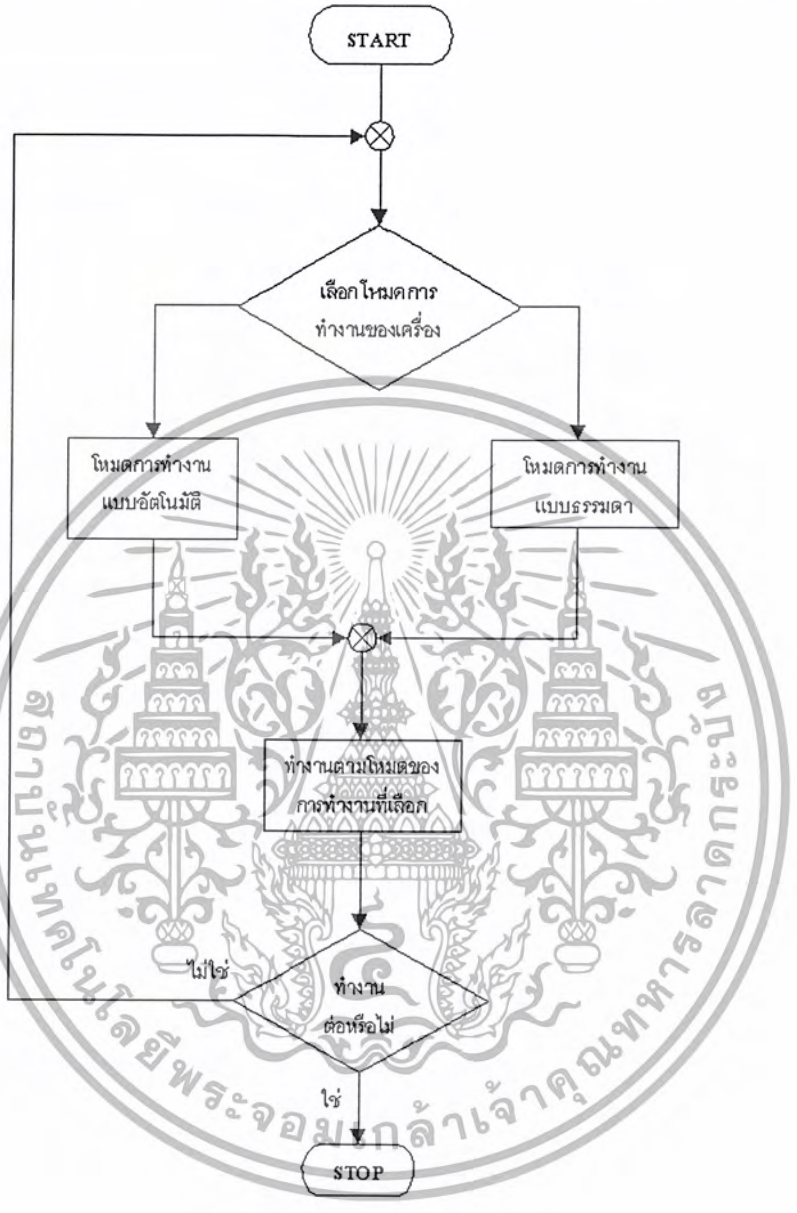


รูปที่ 4.32 วงจรกำลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.5 กระบวนการทำงานของเครื่องโกนิโอโฟโตมิเตอร์ที่อาศัยการหมุนของกระจก

- การเลือกโหมดการทำงานของเครื่องโกนิโอโฟโตมิเตอร์ที่อาศัยการหมุนของกระจก

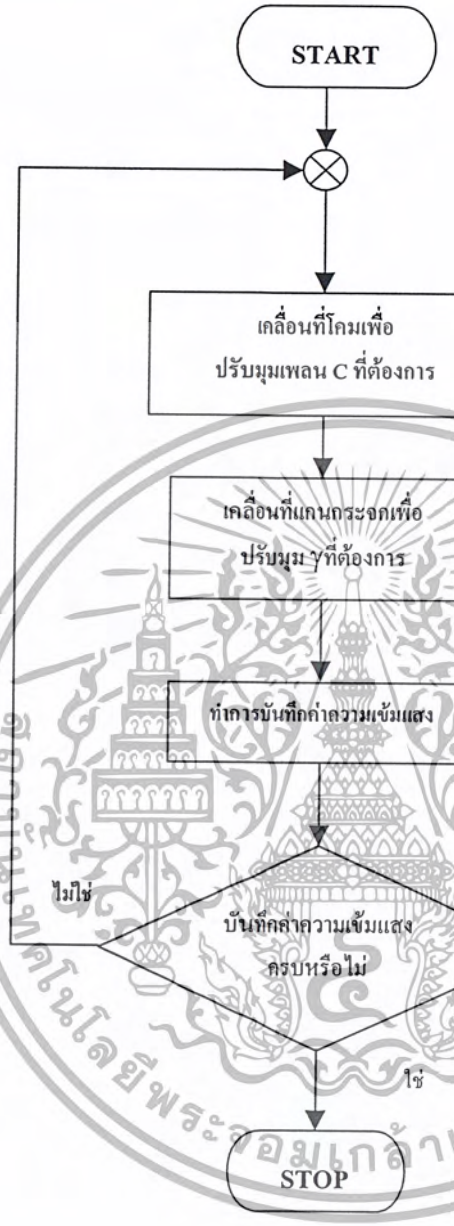


รูปที่ 4.33 โฟลชาร์ทการทำงานของเครื่องโกนิโอโฟโตมิเตอร์ที่อาศัยการหมุนของกระจก

การทำงานของเครื่องโกนิโอโฟโตมิเตอร์ดังแสดงตามโฟลชาร์ทสามารถอธิบายได้ดังนี้ เริ่มต้นที่การเลือกโหมดของการทำงานว่าจะให้เครื่องทำงานที่โหมดการทำงานแบบใด ซึ่งออกเป็น 2 แบบคือ แบบอัตโนมัติ และการทำงานแบบธรรมดา โดยเลือกการทำงานนี้ที่สวิตช์เลือกโหมดการทำงานที่ตู้ควบคุมของเครื่องโกนิโอโฟโตมิเตอร์ เมื่อได้ทำการเลือกโหมดการทำงานแล้ว เครื่องจะทำงานตามคำสั่งในโหมดต่างๆ ที่ได้กำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การทำงานในโหมดการทำงานแบบธรรมดา

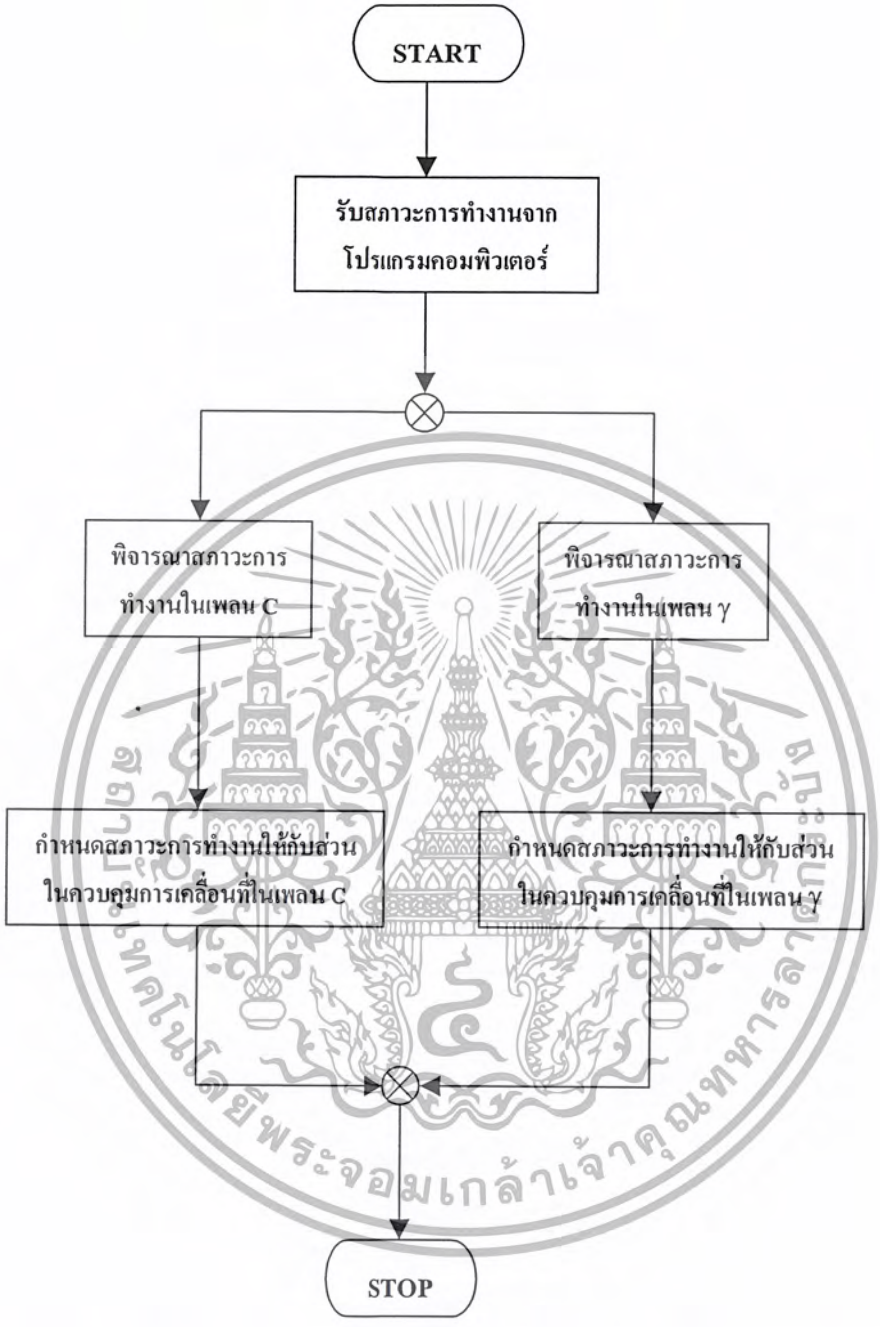


รูปที่ 4.34 โฟลชาร์ทการทำงานในโหมดธรรมดา

ในส่วนของการทำงานแบบธรรมดานั้น ขั้นตอนของการทำงานทั้งหมดจะถูกควบคุมโดยผู้ใช้ งานเองโดยอาศัยสวิตซ์ที่ติดตั้งอยู่ด้านหลังตู้ควบคุม ให้ทำการเคลื่อนที่เพลน C และเพลน γ ที่ต้องการแล้วจึงทำการวัดและบันทึกค่าความเข้มแสงที่ตำแหน่งนั้น จนครบค่าที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การรับสภาวะการทำงานในโหมดอัตโนมัติ

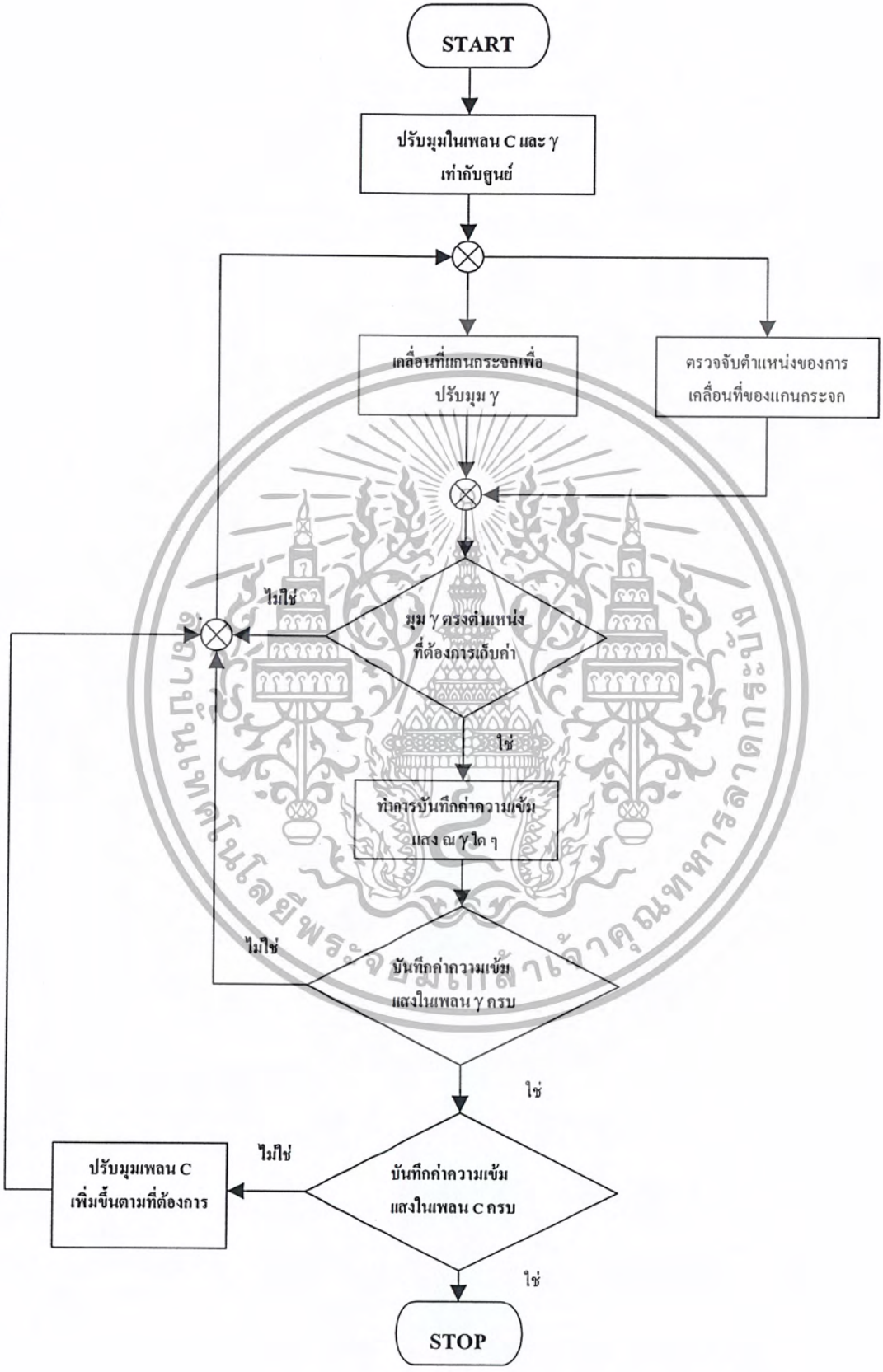


รูปที่ 4.35 โฟลชาร์ทแสดงในส่วนการรับและกำหนดสภาวะการทำงานของ PLC

การทำงานของ PLC ในส่วนนี้จะเป็นการรับค่าสภาวะการทำงานของ PLC จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์เข้าสู่ PLC แล้วจะทำการพิจารณาสภาวะการทำงานที่ได้รับเข้ามา แล้วจะทำการกำหนดค่าให้กับส่วนควบคุมการทำงานในส่วนต่างๆ คือ ส่วนที่ควบคุมการทำงานในส่วนเคลื่อนที่ของแกนกระจก หรือ เพลน γ และส่วนที่ควบคุมการทำงานส่วนเคลื่อนที่ดวงโคม หรือเพลน C นั้นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การทำงานในโหมดการทำงานแบบอัตโนมัติ



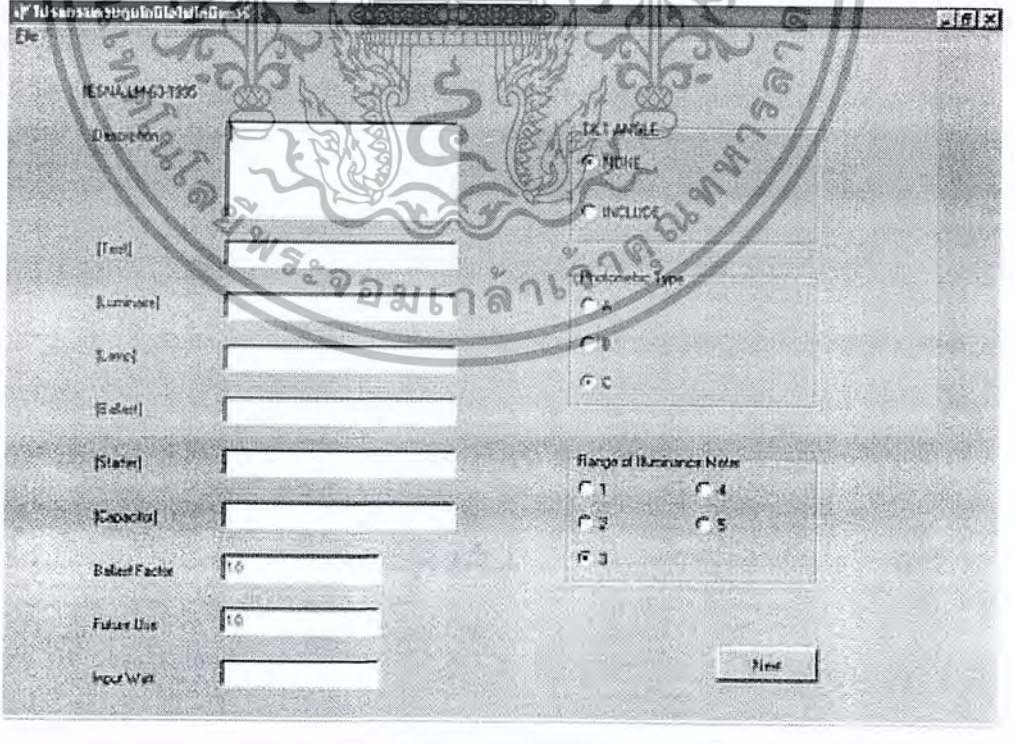
รูปที่ 4.36 โฟลชาร์ทการทำงานในโหมดอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานแบบอัตโนมัตินี้จะเริ่มการทำงานโดยการปรับมุมในเพลนต่างๆ ให้เท่ากับศูนย์ ต่อจากนั้น PLC ก็จะสั่งงานให้มีการหมุนแกนกระจก โดยการสั่งงานให้เอาท์พุตในส่วนที่ควบคุมการหมุนแกนกระจกนี้ทำการเคลื่อนที่แกนกระจกเพื่อปรับมุม γ ไป ซึ่งขณะเดียวกันนี้จะต้องทำการตรวจสอบตำแหน่งของการเคลื่อนที่ไปด้วยพร้อมๆ กับการเคลื่อนที่ของแกนกระจก โดยอาศัยการตรวจจับตำแหน่งจากเอนโค้ดเดอร์และไฮสปีดเคาท์เตอร์ของ PLC ร่วมกัน และเมื่อการเคลื่อนที่นี้ตรงกับตำแหน่งที่ได้กำหนดไว้ ก็จะมีการบันทึกค่าความเข้มแสงที่ต้องการณ ตำแหน่งนั้นๆ จะทำการเคลื่อนที่และบันทึกค่าไปเรื่อยตามตำแหน่งต่างๆ จนกระทั่งครบจำนวนในแต่ละเพลน C ใดๆ ต่อจากนั้น PLC ก็จะสั่งการทำงานในส่วนของการเคลื่อนที่ของดวงโคมไปในเพลน C ต่อไปเพื่อทำการบันทึกค่าความเข้มแสงในเพลนนั้น และเมื่อทำการบันทึกค่าความเข้มแสงครบทุกมุม γ ในแต่ละเพลน C แล้วนั้น PLC ก็จะสั่งหยุดการทำงานและรอรับคำสั่งเริ่มการทำงานครั้งต่อไป

- ขั้นตอนการทำงานของเครื่องโกนิโอโฟโตมิเตอร์ที่อาศัยการเคลื่อนที่หัววัดความสว่าง มีดังนี้

1. ติดตั้งโคมเข้ากับที่จับยึด โดยติดตั้งให้ตำแหน่งศูนย์กลางของโคมตรงกับจุดศูนย์กลางอุปกรณ์จับยึด
2. ปรับย่านการวัดของมิเตอร์วัดความเข้มแสง โดยดูจากมิเตอร์สามารถอ่านค่าได้หรือไม่ ถ้าอ่านค่าไม่ได้ ให้ทำการปรับย่านการวัดที่ตัวมิเตอร์และทดสอบการอ่านค่า
3. เปิดใช้งานโปรแกรมควบคุมการทำงานของโกนิโอโฟโตมิเตอร์ โดยในหน้าแรกของโปรแกรมเป็นส่วนที่ให้ผู้ใช้ กรอกข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบ เช่นประเภทของโคมที่ทดสอบ ประเภทของหลอดไฟ ค่า Ballast factor เป็นต้น

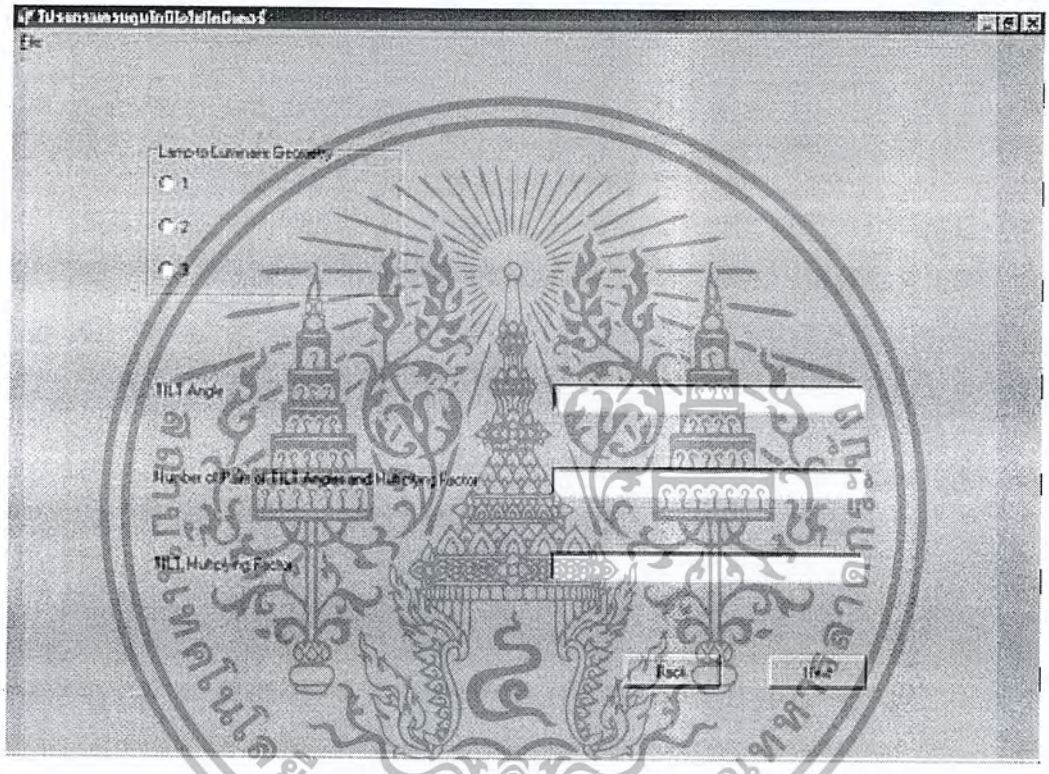


รูปที่ 4.37 ภาพหน้าแรกของโปรแกรมควบคุมการทำงานโกนิโอโฟโตมิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งความหมายของค่าต่างๆ ได้อธิบายไว้แล้วในเรื่องรูปแบบการแสดงข้อมูลการกระจายความเข้มส่องสว่างแบบ IES File

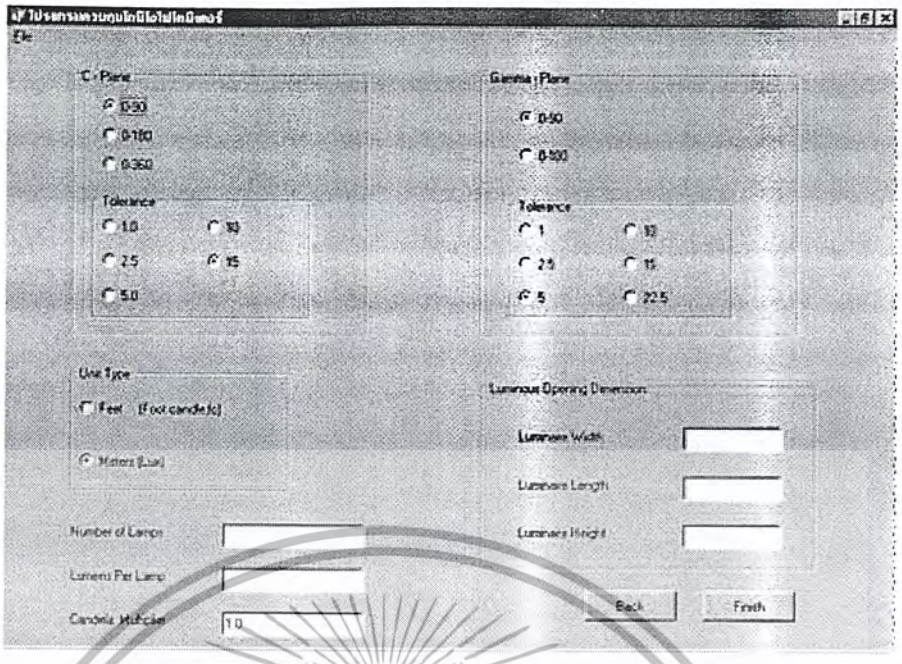
ในส่วนของหัวข้อ TILT ANGLE ถ้าหากต้องการข้อมูลการกระจายไปใช้ในงานที่มีการติดตั้งโคมที่มีมุมเงย เช่น ไฟถนน เลือก TILT ANGLE เท่ากับ INCLUDE เพราะว่าจะต้องกรอกข้อมูล Lamp to Luminaire Geometry , Number of Pairs of TILT Angle, TILT Angle , TILT Multiplying Factors ดังแสดงในรูปที่ 4.38



รูปที่ 4.38 ข้อมูลการกระจายแสงในกรณี TILT ANGLE=INCLUDE

เมื่อกรอกข้อมูลในหน้าแรกเสร็จแล้ว คลิกที่ปุ่ม Next ข้อมูลในหน้าสองของโปรแกรมจะเป็นการเลือกขอบเขตของการวัดในเพลนC และ เพลน γ และข้อมูลอื่นๆที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบเช่น Lumens Per Lamp ,Candela Multiplier,Unit Type ,Luminous Opening Dimensions เป็นต้น

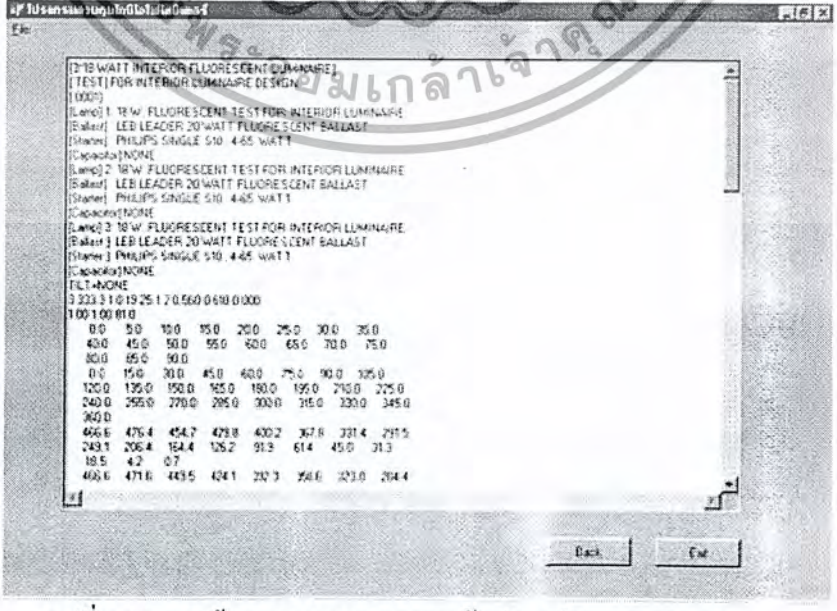
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.39 การกรอกขอบเขตการวัดและข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องอื่นๆ

เมื่อกรอกข้อมูลทุกอย่างครบแล้วโปรแกรมควบคุมการทำงานของโกนิโอโฟโตมิเตอร์จะส่งข้อมูลไปที่ PLC โดยข้อมูลที่ส่งไปยัง PLC คือ ช่วงการวัดในเพลน C ,ช่วงการวัดในเพลน γ , ระยะห่างของการวัดในเพลน C และเพลน γ เมื่อ PLC ได้รับข้อมูลแล้วจะดำเนินการควบคุมการกระบวนการทดสอบ

การทำงานในส่วนของ PLC นี้จะเริ่มทำงานเมื่อมีการรับคำสั่งการทำงานเกิดขึ้น หลังจากนั้น PLC จะทำการสั่งการควบคุมการเคลื่อนที่ของแกนกระจกในเพลน γ และการเคลื่อนดวงโคมในเพลน C ไปยังตำแหน่งที่ได้กำหนด และทำการบันทึกค่าทางแสงต่อไปจนกว่าการทำงานนั้นเสร็จสมบูรณ์



รูปที่ 4.40 ภาพข้อมูลการกระจายความเข้มส่องสว่างแบบ IES File

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยค่าที่ได้ทำการบันทึกนี้ จะทำการส่งค่าที่ได้กลับไปยังโปรแกรม เพื่อให้โปรแกรมทำการคำนวณและแปลงค่า แสดงออกมาในรูปแบบการแสดงค่า IES File ต่อไป

กระบวนการทำงานของเครื่องโกนิโอโฟโตมิเตอร์นั้น ทุกขั้นตอนของการทำงาน จะเป็นการทำงานแบบอัตโนมัติ ตามลำดับขั้นตอนที่ได้กำหนดไว้แล้วโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ และจากการควบคุมโดย PLC ซึ่งในการทดสอบด้วย กระบวนการทำงานของเครื่องโกนิโอโฟโตมิเตอร์นี้ค่าที่ทดสอบได้นั้น จะเป็นค่าที่มีความน่าเชื่อได้เนื่องจากโครงสร้างและสภาวะของการทำงานที่เป็นไปตามมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
วิธีการทดสอบและการเปรียบเทียบผลการทดสอบ

ในบทนี้เราจะทำการทดสอบการกระจายความเข้มส่องสว่างของโคมภายใน โดยใช้เครื่องโกนิโอโฟโตมิเตอร์ชนิดที่อาศัยการเคลื่อนที่ของกระจก โดยผลการทดสอบจะแสดงอยู่ในรูปแบบ IES File

5.1 วิธีการทดสอบ

การทดสอบการกระจายความเข้มส่องสว่างด้วยเครื่องโกนิโอโฟโตมิเตอร์ชนิดที่อาศัยการเคลื่อนที่ของกระจกมีขั้นตอนดังนี้

1. ติดตั้งโคมเข้ากับอุปกรณ์จับยึด โดยจะต้องติดตั้งจุดศูนย์กลางของโคมให้ตรงกับจุดศูนย์กลางการหมุน
2. ตรวจเช็คย่านการวัดของอุปกรณ์วัดความเข้มแสง โดยสามารถตรวจสอบได้จากการเปิดหลอดไฟและพิจารณาว่าอุปกรณ์วัดความเข้มแสงสามารถอ่านค่าได้หรือไม่ ถ้าอ่านค่าไม่ได้ทำการปรับย่านการวัดของอุปกรณ์วัดความเข้มแสง โดยทำการปรับที่ด้านหน้าของตัวอุปกรณ์
3. เปิดหลอดไฟเพื่ออุ่นหลอด และรอจนกว่าค่าความเข้มแสงที่อ่านได้จากอุปกรณ์วัดความเข้มแสงมีค่าคงที่
4. เมื่อกระบวนการทุกอย่างเสร็จสมบูรณ์แล้ว เริ่มทำการทดสอบโดยเปิดโปรแกรมควบคุมการทำงาน ทำการกรอกข้อกำหนดและเงื่อนไขการทดสอบ และเลือกช่วงการทดสอบในเพลนC และเพลนγ หลังจากนั้น คลิกปุ่ม Finish กระบวนการทดสอบการกระจายความเข้มส่องสว่างของควงโคมจะทำงานโดยอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5.1 โฟลชาร์ทแสดงกระบวนการทดสอบการกระจายความเข้มส่องสว่างด้วย
เครื่องโกนิโอโฟโต มิเตอร์ที่อาศัยการเคลื่อนที่ของกระจก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างการทดสอบการกระจายความเข้มส่องสว่างของดวงโคมภายใน ที่เป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 36 W. จำนวน 2 หลอด โดยมีตัวสะท้อนแสงเป็นแบบรางและแผ่นกำบังแสงแบบตาข่ายสี่เหลี่ยม แสดงตัวอย่างการทดสอบได้ดังนี้

ข้อมูลที่กรอกลงในโปรแกรมมีดังนี้

[Description] [2*36 WATT INTERIOR FLUORESCENT LUMINAIRE]

[Test] FOR INTERIOR LUMINAIRE DESIGN

[Luminaire] INTERIOR FLUORESCENT LUMINAIRE

[Lamp] 2*36 W FLUORESCENT TEST

[Ballast] NON SPECIFIC

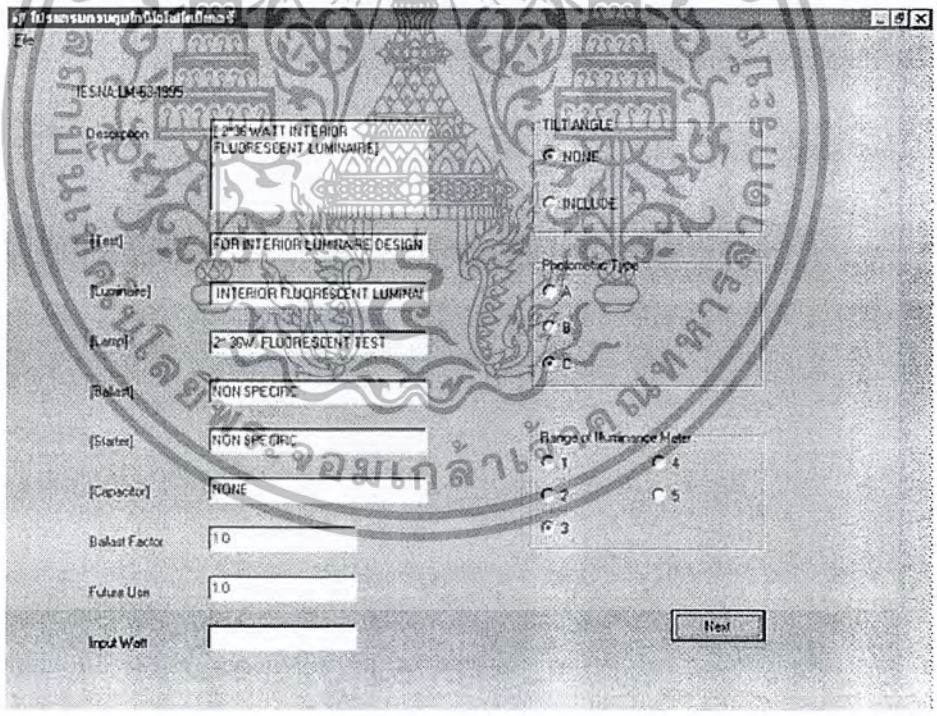
[Starter] NON SPECIFIC

[Capaciter] NONE

[Ballast Factor] 1.0

[Future Use] 1.0

[Input Watt] โดยค่าอินพุตท์วัตต์ดูได้จากแผงวงจรควบคุม โดยบิดซีเลคเตอร์สวิตซ์ไปที่เลข 3



รูปที่ 5.2 แสดงการกรอกข้อมูลการทดสอบ

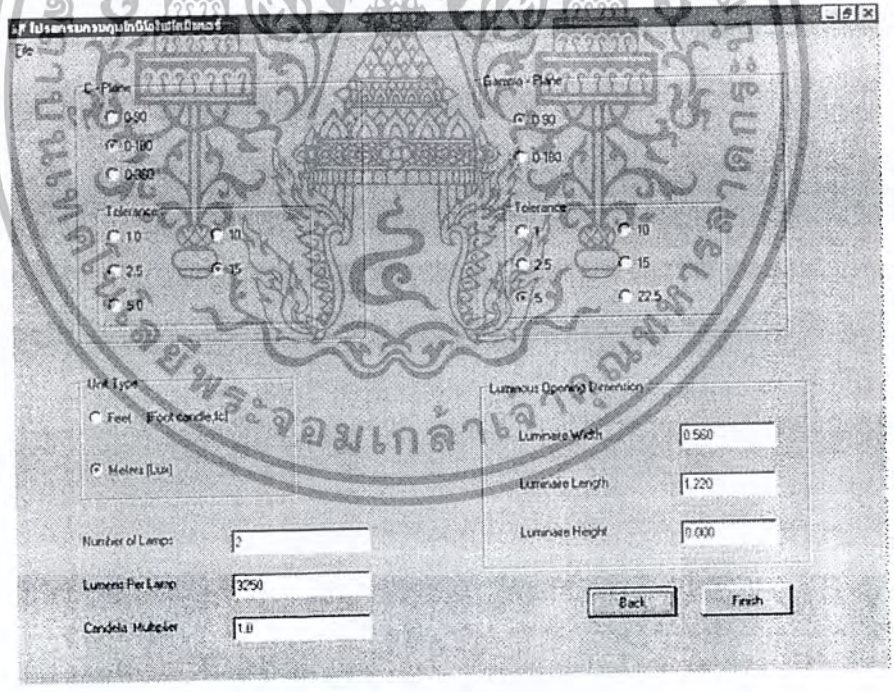
- เลือก TILT ANGLE = NONE
- เลือกPhotometric Type เป็น ชนิด Type C เนื่องจากเป็นการทดสอบโคมภายในและระนาบ 0° - 180° เป็นแกนหลักของโคม(length)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เลือกย่านการวัดที่ 1 เนื่องจาก อุปกรณ์วัดความเข้มแสงสามารถอ่านค่าได้หลังจากเปิดหลอดไฟ จึงไม่ต้องเปลี่ยนย่านการวัด

หลังจากกรอกข้อมูลในหน้าแรกเสร็จแล้ว คลิกที่ปุ่ม Next หน้าถัดมาจะเป็นการเลือกช่วงการวัดการกระจายความเข้มส่องสว่างในเพลน C และเพลน γ รวมถึงระยะห่างระหว่างมุมในเพลน C และเพลน γ

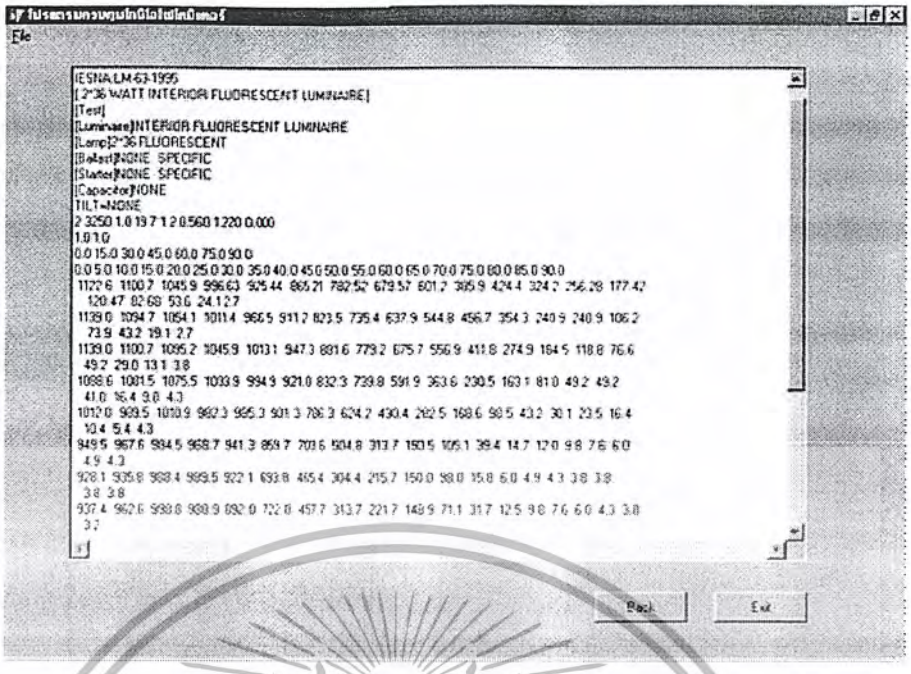
- เลือกช่วงการวัดในเพลน C ตั้งแต่ 0° - 180°
- เลือกช่วงการวัดในเพลน γ ตั้งแต่ 0° - 90°
- เลือกระยะห่างระหว่างมุมในเพลน C เท่ากับ 15°
- เลือกระยะห่างระหว่างมุมในเพลน γ เท่ากับ 5°
- เลือก Unit Type เท่ากับ 2
- Number of Lamps เท่ากับ 2
- Lumens Per Lamp เท่ากับ 3250 ลูเมน
- Luminaire Width เท่ากับ 0.560
- Luminaire Length เท่ากับ 1.220
- Luminaire Height เท่ากับ 0.000



รูปที่ 5.3 แสดงการเลือกช่วงการทดสอบในเพลน C และเพลน γ

เมื่อกรอกข้อมูลครบทั้งหมดแล้วคลิก ปุ่ม Finish หลังจากนั้นเมื่อเครื่องทำการทดลองเสร็จจะได้ข้อมูลการกระจายแสง ในรูปแบบ IES File ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.4 ข้อมูลการทดสอบในรูปแบบ IES File ที่ได้จากการทดสอบด้วยโกนิโอโฟโตมิเตอร์

ตัวอย่างข้อมูลการกระจายแสงของโคมภายในชนิดที่มีตัวสะท้อนแสงเป็นแบบรางและมีแผ่นกั้นแสง Type A

IESNA:LM-63-1995

[Test]INTERIOR LUMINAIRE

[Luminaire]FLUORESCENT LUMINAIRE

[Lamp]2*36W. FLUORESCENT LAMP

[Ballast]NON SPECIFIC

[Starter]NON SPECIFIC

[Capacitor]NONE

TILT=NONE

2 3250 1.0 19 13 1 2 0.560 1.220 0.000

1.0 1.0 103.0

0.0 15.0 30.0 45.0 60.0 75.0 90.0 105.0 120.0 135.0 150.0 165.0 180.0

0.0 5.0 10.0 15.0 20.0 25.0 30.0 35.0 40.0 45.0 50.0 55.0 60.0 65.0 70.0 75.0 80.0 85.0 90.0 2 3250 1.0

19 13 1 2 0.560 1.220 0.000

1.0 1.0 103.0

0.0 15.0 30.0 45.0 60.0 75.0 90.0 105.0 120.0 135.0 150.0 165.0 180.0

0.0 5.0 10.0 15.0 20.0 25.0 30.0 35.0 40.0 45.0 50.0 55.0 60.0 65.0 70.0 75.0 80.0 85.0 90.0

1271.53 1253.78 1227.17 1209.43 1168.03 1071.93 993.57 919.64 777.70 672.73 564.79 427.29 289.79 137.50

35.48 10.35 4.44 1.48 0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1255.26 1299.62 1258.22 1219.78 1159.16 1080.80 987.65 856.06 731.87 576.62 436.16 304.58 184.81 96.10 25.13 7.39 2.96 1.48 0.00

1312.93 1299.62 1265.61 1179.86 1083.76 1005.39 856.06 681.60 526.35 411.03 297.18 201.08 113.85 42.88 11.83 5.91 1.48 1.48 1.48

1233.09 1213.86 1169.51 1080.80 974.34 770.31 626.89 495.30 399.20 282.40 187.77 97.58 29.57 10.35 7.39 2.96 1.48 1.48 1.48

1181.34 1170.99 1077.84 953.65 819.10 646.11 501.22 416.94 289.79 201.08 107.93 32.53 11.83 7.39 5.91 2.96 2.96 1.48 1.48

1111.85 1086.71 987.65 866.41 672.73 545.57 433.21 328.23 233.61 136.02 56.18 10.35 7.39 5.91 4.44 2.96 1.48 1.48 1.48

1082.28 1027.57 972.87 807.27 663.86 505.65 425.81 307.53 214.39 128.63 45.83 7.39 5.91 4.44 2.96 1.48 1.48 1.48 1.48

1097.06 1079.32 1009.83 859.02 686.03 533.75 442.08 323.80 229.17 133.07 48.79 10.35 7.39 5.91 4.44 1.48 1.48 1.48 1.48

1139.94 1123.68 1061.58 966.95 785.09 616.54 487.91 385.89 279.44 181.86 90.19 22.18 8.87 7.39 5.91 2.96 1.48 1.48 1.48

1230.13 1233.09 1153.25 1080.80 922.60 748.13 578.10 465.73 359.28 255.78 156.72 70.97 13.31 8.87 5.91 2.96 1.48 0.00 0.00

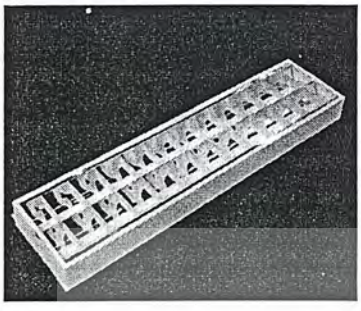
1284.83 1280.40 1244.91 1151.77 1040.88 919.64 768.83 606.19 476.08 353.37 248.39 155.24 79.84 25.13 7.39 4.44 1.48 1.48 0.00

1261.18 1243.44 1212.39 1188.73 1097.06 1011.31 919.64 780.66 632.81 511.57 365.19 248.39 153.77 68.01 13.31 5.91 1.48 0.00 0.00

1265.61 1284.83 1228.65 1184.29 1104.45 1036.44 947.73 859.02 754.05 652.03 530.79 402.16 260.22 116.80 25.13 8.87 2.96 0.00 0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการที่ได้จากเครื่องโกนิโอโฟโตมิเตอร์ที่อาศัยการหมุนของกระจกจะอยู่ ในรูป IES File สามารถนำมาแสดงในรูปแบบของตารางได้ดังนี้



Model	: Type C	**Luminaire**	: Interior
Lumen per Lamp	: 2700	**Lamp**	: Fluorescent
Number per Lamp	: 2	**Ballast**	: Non Specific
Length(m)	: 1.22	**Starter**	: Non Specific
Wide(m)	: 0.30	**Capacitor**	: None

γ/C	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°
0°	1271.53	1255.26	1312.93	1233.09	1181.34	1111.85	1082.28
5°	1253.78	1299.62	1299.62	1213.86	1170.99	1086.71	1027.57
10°	1227.17	1258.22	1265.61	1169.51	1077.84	987.65	972.87
15°	1209.43	1219.78	1179.86	1080.80	953.65	866.41	807.27
20°	1168.03	1159.16	1083.76	974.34	819.10	672.73	663.86
25°	1071.93	1080.80	1005.39	770.31	646.11	545.57	505.65
30°	993.57	987.65	856.06	626.89	501.22	433.21	425.81
45°	919.64	856.06	681.60	495.30	416.94	328.23	307.53
30°	777.70	731.87	526.35	399.20	289.79	233.61	214.39
45°	672.73	576.62	411.03	282.40	201.08	136.02	128.63
50°	564.79	436.16	297.18	187.77	107.93	56.18	45.83
55°	427.29	304.58	201.08	97.58	32.53	10.35	7.39
60°	289.79	184.81	113.85	29.57	11.83	7.39	5.91
65°	137.50	96.10	42.88	10.35	7.39	5.91	4.44
70°	35.48	25.13	11.83	7.39	5.91	4.44	2.96
75°	10.35	7.39	5.91	2.96	2.96	2.96	1.48
80°	4.44	2.96	1.48	1.48	2.96	1.48	1.48
85°	1.48	1.48	1.48	1.48	1.48	1.48	1.48
90°	0.00	0.00	1.48	1.48	1.48	1.48	1.48

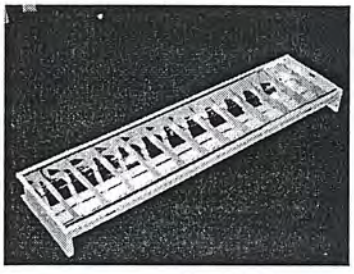
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Model	: Type C	**Luminaire**	: Interior
Lumen per Lamp	: 2700	**Lamp**	: Fluorescent
Number per Lamp	: 2	**Ballast**	: Non Specific
Length(m)	: 1.22	**Starter**	: Non Specific
Wide(m)	: 0.30	**Capacitor**	: None

γ/C	105°	120°	135°	150°	135°	180°
0°	1097.06	1139.94	1230.13	1284.83	1261.18	1265.61
5°	1079.32	1123.68	1233.09	1280.40	1243.44	1284.83
10°	1009.32	1061.58	1153.25	1244.91	1212.39	1228.65
15°	859.02	966.95	1080.80	1151.77	1188.73	1184.29
20°	686.03	785.09	922.60	1040.88	1097.06	1104.45
25°	533.75	616.54	748.13	919.64	1011.31	1036.44
30°	442.08	487.91	578.10	768.83	919.64	947.73
35°	323.80	385.89	465.73	606.19	780.66	859.02
40°	229.17	279.44	359.28	476.08	632.81	754.05
45°	133.07	181.86	255.78	353.27	511.57	652.03
50°	48.79	90.19	156.72	248.39	365.19	530.79
55°	10.35	22.18	70.97	155.24	248.39	402.16
60°	7.39	8.87	13.31	79.84	153.77	260.22
65°	5.91	7.39	8.87	25.13	68.01	116.80
70°	4.44	5.91	5.91	7.39	13.31	25.13
75°	1.48	2.96	2.96	4.44	5.91	8.87
80°	1.48	1.48	1.48	1.48	1.48	2.96
85°	1.48	1.48	0.00	1.48	0.00	0.00
90°	1.48	1.48	0.00	0.00	0.00	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างผลการทดลองที่ได้จากเครื่องโกนิโอโฟโตมิเตอร์ที่อาศัยการหมุนของกระจกมีดังนี้



Model	: Type D	**Luminaire**	: Interior
Lumen per Lamp	: 2700	**Lamp**	: Fluorescent
Number per Lamp	: 1	**Ballast**	: Non Specific
Length(m)	: 1.22	**Starter**	: Non Specific
Wide(m)	: 0.30	**Capacitor**	: None

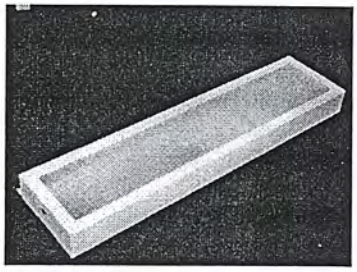
γ/C	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°
0°	388.85	396.24	400.68	388.85	356.32	337.10	337.10
5°	413.99	400.68	413.99	406.59	366.67	360.76	340.06
10°	375.54	408.07	406.59	394.76	374.07	371.11	360.76
15°	362.24	381.46	406.59	397.72	406.59	374.07	368.15
20°	359.28	351.89	391.81	375.54	416.94	375.54	375.54
25°	338.58	344.50	385.89	387.37	411.03	473.13	504.18
30°	289.79	326.75	363.72	400.68	513.05	545.57	538.18
45°	276.48	294.23	335.62	450.95	502.70	474.60	447.99
30°	229.17	258.74	338.58	425.81	408.07	345.97	365.19
45°	211.43	224.74	351.89	359.28	322.32	267.61	282.40
50°	181.86	214.39	294.23	283.88	243.96	178.90	189.25
55°	152.29	167.07	227.69	206.99	167.07	138.98	138.98
60°	110.89	144.89	165.59	131.59	122.72	109.41	113.85
65°	88.71	110.89	109.41	91.67	73.93	44.36	39.92
70°	65.05	68.01	65.05	54.71	26.61	7.39	1.48
75°	45.83	47.31	42.88	25.13	13.31	7.39	0.00
80°	29.57	28.09	25.13	13.31	8.87	4.44	0.00
85°	14.79	13.31	11.83	7.39	4.44	1.48	0.00
90°	1.48	0.00	1.48	0.00	0.00	0.00	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Model	: Type D	**Luminaire**	: Interior
Lumen per Lamp	: 2700	**Lamp**	: Fluorescent
Number per Lamp	: 1	**Ballast**	: Non Specific
Length(m)	: 1.22	**Starter**	: Non Specific
Wide(m)	: 0.30	**Capacitor**	: None

γ/C	105°	120°	135°	150°	135°	180°
0°	340.06	378.50	405.11	393.29	409.55	393.29
5°	343.02	381.46	399.20	415.46	405.11	396.24
10°	381.46	387.37	394.76	391.81	371.11	388.85
15°	378.50	408.07	400.68	381.46	374.07	353.37
20°	372.59	406.59	391.81	381.46	363.72	348.93
25°	487.91	405.11	360.76	348.93	347.45	313.45
30°	548.53	498.26	409.55	368.15	314.92	279.44
35°	450.95	514.52	455.38	316.40	276.48	260.22
40°	329.71	393.29	425.81	331.19	252.83	223.26
45°	267.61	297.18	340.06	341.54	217.34	205.51
50°	174.47	215.86	266.13	286.83	196.64	174.47
55°	128.63	144.89	190.73	206.99	165.59	133.07
60°	100.54	118.28	125.67	149.33	131.59	113.85
65°	36.96	60.62	85.75	99.06	97.58	82.80
70°	7.39	20.70	41.40	63.58	59.14	59.14
75°	5.91	11.83	25.13	39.92	45.83	44.36
80°	2.96	7.39	13.31	22.18	28.09	28.09
85°	1.48	2.96	5.91	10.35	10.35	13.31
90°	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Model	: Type F	**Luminaire**	: Interior
Lumen per Lamp	: 2700	**Lamp**	: Fluorescent
Number per Lamp	: 2	**Ballast**	: Non Specific
Length(m)	: 1.22	**Starter**	: Non Specific
Wide(m)	: 0.30	**Capacitor**	: Non Specific

γ/C	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°
0°	403.64	412.51	413.99	418.42	375.54	341.54	326.75
5°	402.16	411.03	400.68	362.24	332.67	297.18	286.83
10°	403.64	372.59	359.28	334.15	288.31	272.05	258.74
15°	403.64	368.15	320.84	306.05	273.53	242.48	232.13
20°	391.81	344.50	289.79	276.48	239.52	217.34	198.12
25°	350.41	307.53	280.92	238.04	206.99	190.73	180.38
30°	323.80	288.31	248.39	212.91	175.94	155.24	156.72
45°	291.27	251.35	214.39	180.38	158.20	130.11	128.63
30°	252.23	205.51	175.94	146.37	127.15	106.45	99.06
45°	205.51	168.55	140.46	110.89	100.54	87.23	82.80
50°	164.12	136.02	109.41	87.23	78.36	68.01	68.01
55°	116.80	97.58	81.32	66.53	57.66	54.71	53.23
60°	85.75	73.93	62.10	51.75	47.31	42.88	41.40
65°	63.58	56.18	48.79	45.83	35.48	34.01	34.01
70°	51.75	44.36	38.44	35.48	31.05	26.61	25.13
75°	36.96	34.01	31.05	28.09	23.66	20.70	20.70
80°	26.61	23.66	22.18	14.79	14.79	14.79	13.31
85°	13.31	11.83	11.83	7.39	7.39	7.39	5.91
90°	1.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Model	: Type F	**Luminaire**	: Interior
Lumen per Lamp	: 2700	**Lamp**	: Fluorescent
Number per Lamp	: 2	**Ballast**	: Non Specific
Length(m)	: 1.22	**Starter**	: Non Specific
Wide(m)	: 0.30	**Capacitor**	: Non Specific

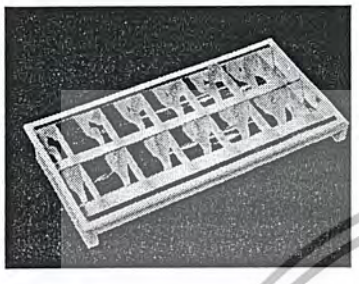
γ/C	105°	120°	135°	150°	135°	180°
0°	322.32	350.41	369.63	413.99	411.03	415.46
5°	303.10	316.40	328.23	378.50	381.46	388.85
10°	266.13	282.40	292.75	348.93	369.63	388.85
15°	236.56	241.00	282.40	323.80	332.67	385.89
20°	201.08	215.86	248.39	295.70	325.27	372.59
25°	177.42	193.69	215.86	266.13	298.66	332.67
30°	152.29	172.99	187.77	235.08	251.35	306.05
35°	124.20	147.85	162.64	193.69	236.56	275.00
40°	103.50	131.85	130.11	161.16	186.26	243.96
45°	82.80	96.10	103.50	128.63	159.68	199.60
50°	66.53	78.36	82.80	102.02	124.20	152.29
55°	51.75	57.66	66.53	78.36	88.71	103.50
60°	44.36	47.32	50.27	57.66	68.01	81.30
65°	32.53	35.48	42.88	47.31	53.23	59.14
70°	25.13	29.57	34.01	38.44	44.36	47.31
75°	20.70	23.66	23.66	29.57	31.05	35.48
80°	13.31	14.79	17.74	22.18	20.70	26.61
85°	5.91	7.39	7.39	11.83	10.35	11.83
90°	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 การเปรียบเทียบผลการทดสอบการกระจายความเข้มส่องสว่าง

ในหัวข้อนี้ได้ทำการทดสอบการกระจายความเข้มส่องสว่าง โดยนำผลการทดสอบที่ได้จาก เครื่องโกนิโอมิเตอร์ที่อาศัยการเคลื่อนที่หัววัดความเข้มแสง และเครื่องโกนิโอโฟโตมิเตอร์ที่อาศัยการหมุนของกระจกในโครงงานนี้เปรียบเทียบกับ เครื่องทดสอบการกระจายความเข้มส่องสว่างมาตรฐาน ซึ่งผลที่ได้เป็นดังนี้

- การทดสอบโดยเครื่องทดสอบการกระจายความเข้มส่องสว่างมาตรฐาน



Model	: Type A	**Luminaire**	: Interior
Lumen per Lamp	: 1350	**Lamp**	: Fluorescent
Number per Lamp	: 2	**Ballast**	: Non Specific
Length(m)	: 1.22	**Starter**	: Non Specific
Wide(m)	: 0.30	**Capacitor**	: None

γ/C	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°
0°	1213	1221	1228	1221	1228	1221	1212
5°	1186	1213	1209	1244	1256	1267	1251
10°	1123	1146	1189	1185	1223	1216	1299
15°	1019	1083	1117	1109	1132	1113	1142
20°	957	983	1015	983	994	968	1021
25°	878	903	906	831	856	910	966
30°	776	803	766	731	769	783	848
45°	695	678	641	661	648	625	648
30°	580	557	548	541	470	425	412
45°	433	424	418	359	273	225	209
50°	397	268	268	190	132	88	28.6
55°	197	193	164	99	57	18	3.7
60°	133.2	131	85	44	22	12	2.2
65°	85.8	85.8	51.9	27.9	17.9	10.0	1.7
70°	49.8	44.2	33.2	18.4	12.9	7.4	0.9
75°	30.1	25.3	17.4	9.5	6.3	4.8	0.5
80°	13.4	12.2	7.3	4.9	3.7	2.4	0.3
85°	2.9	2.2	1.5	0.7	0.7	0.7	0.3
90°	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Model	: Type A	**Luminaire**	: Interior
Lumen per Lamp	: 1350	**Lamp**	: Fluorescent
Number per Lamp	: 2	**Ballast**	: Non Specific
Length(m)	: 1.22	**Starter**	: Non Specific
Wide(m)	: 0.30	**Capacitor**	: None

γ/C	105°	120°	135°	150°	135°	180°
0°	1224	1224	1228	1224	1228	1213
5°	1263	1271	1267	1267	1244	1186
10°	1219	1223	1212	1219	1212	1123
15°	1121	1128	1136	1143	1140	1019
20°	964	997	997	1034	1041	957
25°	906	913	874	924	956	878
30°	814	810	793	783	824	776
35°	665	692	698	685	729	695
40°	461	509	577	590	596	580
45°	258	305	394	468	465	433
50°	95	132	217	305	307	397
55°	22	48	110	195	226	197
60°	10	17	44	115	161.4	133.2
65°	9.2	14.8	25.9	61.8	115.7	85.8
70°	7.2	12.2	20.3	36.9	66.4	49.8
75°	4.3	7.8	13.5	23.8	36.4	30.1
80°	2.3	3.5	6.6	11.6	19.5	13.4
85°	0.9	1.2	2.0	3.4	5.7	2.9
90°	0.1	0.1	0.1	0.2	0.4	0.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การทดสอบโดยเครื่องโกนิโอโฟโตมิเตอร์ที่อาศัยการเคลื่อนที่หัววัดความเข้มแสง

Model	: Type A	**Luminaire**	: Interior
Lumen per Lamp	: 1350	**Lamp**	: Fluorescent
Number per Lamp	: 2	**Ballast**	: Non Specific
Length(m)	: 1.22	**Starter**	: Non Specific
Wide(m)	: 0.30	**Capacitor**	: None

γ/C	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°
0°	1004	1011	1017	1011	1017	1011	1021
5°	988	1011	1008	1037	1047	1056	1056
10°	946	966	1001	998	1030	1024	1047
15°	875	930	959	953	972	956	959
20°	852	875	904	875	885	862	868
25°	797	820	823	755	778	826	839
30°	732	758	723	690	726	739	781
45°	671	654	619	638	625	603	612
30°	583	561	551	544	473	428	408
45°	473	463	457	392	298	246	233
50°	528	356	356	253	175	117	87
55°	292	285	243	146	84	26	15
60°	214	211	136	71	36	19	11
65°	139	139	84	45	29	16	10
70°	87	78	58	32	23	13	7
75°	62	52	36	19	13	10	5
80°	36	32	19	13	10	6	3
85°	13	10	6	3	3	3	3
90°	0	0	0	0	0	0	3

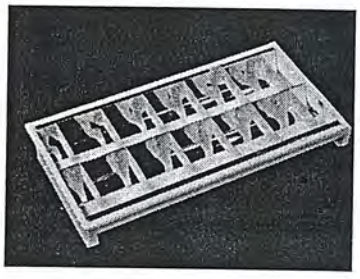
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Model	: Type A	**Luminaire**	: Interior
Lumen per Lamp	: 1350	**Lamp**	: Fluorescent
Number per Lamp	: 2	**Ballast**	: Non Specific
Length(m)	: 1.22	**Starter**	: Non Specific
Wide(m)	: 0.30	**Capacitor**	: None

γ/C	105°	120°	135°	150°	135°	180°
0°	1014	1014	1017	1014	1017	1004
5°	1053	1059	1056	1056	1037	988
10°	1027	1030	1021	1027	1021	946
15°	962	969	975	982	978	875
20°	859	888	888	920	927	852
25°	823	829	794	839	868	797
30°	768	765	748	739	778	732
35°	642	667	674	661	703	671
40°	463	512	580	593	599	583
45°	282	334	431	512	509	473
50°	126	175	288	405	408	528
55°	32	71	162	288	334	292
60°	16	28	71	185	259	214
65°	15	24	42	100	188	139
70°	13	21	36	65	117	87
75°	9	16	28	49	75	62
80°	6	9	17	31	52	36
85°	4	5	9	15	25	13
90°	3	2	3	5	8	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การทดสอบโดยเครื่องโกนิโอโฟโตมิเตอร์ที่อาศัยการหมุนของกระจก



Model	: Type A	**Luminaire**	: Interior
Lumen per Lamp	: 1350	**Lamp**	: Fluorescent
Number per Lamp	: 2	**Ballast**	: Non Specific
Length(m)	: 1.22	**Starter**	: Non Specific
Wide(m)	: 0.30	**Capacitor**	: None

γ/C	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°
0°	832.41	853.11	844.23	833.89	853.11	860.50	848.67
5°	836.84	807.27	823.54	776.22	805.79	773.27	802.84
10°	810.23	748.13	767.35	717.08	715.60	700.82	702.30
15°	757.00	731.87	677.16	663.86	625.41	609.15	604.71
20°	693.43	668.29	631.33	560.36	520.44	467.21	462.78
25°	666.81	595.84	529.31	436.16	397.72	371.11	369.63
30°	607.67	518.96	452.43	357.80	322.32	309.01	306.05
45°	539.66	458.34	363.72	297.18	267.61	229.71	226.21
30°	449.47	385.89	286.83	230.65	190.73	155.24	153.77
45°	379.98	310.49	221.78	171.51	130.11	90.19	82.80
50°	310.49	235.08	177.42	118.28	73.93	36.96	25.13
55°	239.52	174.47	127.15	72.45	28.09	11.83	5.91
60°	171.51	128.63	88.71	35.48	20.70	10.35	4.44
65°	121.24	91.67	56.18	26.61	16.26	7.39	4.44
70°	72.45	57.66	38.44	20.70	11.83	7.39	1.48
75°	51.75	41.40	26.61	13.31	8.87	4.44	1.48
80°	32.53	25.13	14.79	8.87	5.91	2.96	1.48
85°	16.26	11.83	7.39	4.44	2.96	1.48	1.48
90°	1.48	0.00	1.48	1.48	1.48	1.48	1.48

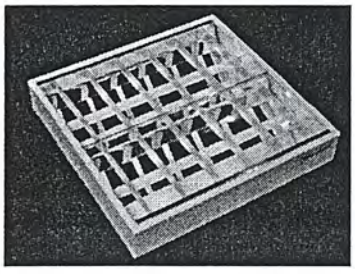
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Model	: Type A	**Luminaire**	: Interior
Lumen per Lamp	: 1350	**Lamp**	: Fluorescent
Number per Lamp	: 2	**Ballast**	: Non Specific
Length(m)	: 1.22	**Starter**	: Non Specific
Wide(m)	: 0.30	**Capacitor**	: None

γ/C	105°	120°	135°	150°	135°	180°
0°	856.06	835.36	844.23	817.62	835.36	838.32
5°	764.39	780.66	780.66	783.62	780.66	813.19
10°	714.13	727.43	714.13	714.13	739.26	754.05
15°	609.15	631.33	635.76	671.25	690.47	736.30
20°	464.26	502.70	527.83	598.80	603.24	652.03
25°	354.84	371.11	413.99	514.52	563.32	619.50
30°	292.75	310.49	319.36	427.29	473.13	548.53
35°	214.39	243.96	276.48	329.71	415.46	473.13
40°	150.81	181.86	218.82	246.91	331.19	406.59
45°	90.19	121.24	158.20	195.16	273.53	334.15
50°	31.05	72.45	106.45	150.81	208.47	275.00
55°	11.83	28.09	65.05	115.32	147.85	206.99
60°	11.83	20.70	34.01	79.84	118.28	153.77
65°	8.87	16.26	26.61	53.23	81.32	97.58
70°	7.39	11.83	19.22	35.48	54.71	66.53
75°	4.44	8.87	13.31	23.66	39.92	48.79
80°	2.96	5.91	7.39	13.31	22.18	29.57
85°	1.48	2.96	4.44	5.91	8.87	13.31
90°	1.48	1.48	0.00	0.00	0.00	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การทดสอบโดยเครื่องทดสอบการกระจายความเข้มส่องสว่างมาตรฐาน



Model	: Type B	**Luminaire**	: Interior
Lumen per Lamp	: 1350	**Lamp**	: Fluorescent
Number per Lamp	: 2	**Ballast**	: Non Specific
Length(m)	: 0.60	**Starter**	: Non Specific
Wide(m)	: 0.63	**Capacitor**	: None

γ/C	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°
0°	837	845	841	841	833	837	835
5°	832	855	855	867	855	875	863
10°	816	846	854	896	935	973	1046
15°	789	808	857	936	989	1000	1023
20°	731	768	859	928	917	913	1017
25°	692	717	835	846	835	874	933
30°	642	676	759	748	803	882	879
45°	574	631	678	732	829	927	902
30°	509	554	590	696	841	928	961
45°	424	453	507	631	714	702	835
50°	312	322	380	495	480	434	251.1
55°	228	239	302	337	298	247	131.0
60°	169.5	169	226	220	182	178	73.3
65°	125.6	133.6	151.6	139.6	151.6	163.5	52.5
70°	79.3	88.5	90.3	92.2	105.1	95.9	20.6
75°	45.9	47.5	49.1	47.5	36.4	15.8	16.3
80°	21.9	24.4	24.4	19.5	11.3	5.7	12.7
85°	6.8	7.3	6.3	4.9	0.9	1.9	0.5
90°	0.3	0.4	0.3	0.2	0.1	0.1	0.3

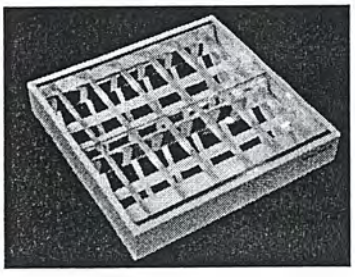
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Model	: Type B	**Luminaire**	: Interior
Lumen per Lamp	: 1350	**Lamp**	: Fluorescent
Number per Lamp	: 2	**Ballast**	: Non Specific
Length(m)	: 1.22	**Starter**	: Non Specific
Wide(m)	: 0.63	**Capacitor**	: None

γ/C	105°	120°	135°	150°	135°	180°
0°	853	861	857	853	868	837
5°	879	871	871	859	847	832
10°	996	973	942	885	839	816
15°	992	996	958	902	808	789
20°	910	906	892	866	775	731
25°	874	846	824	817	738	692
30°	893	821	748	724	666	642
35°	947	833	712	638	594	574
40°	902	831	686	564	515	509
45°	673	673	613	486	415	424
50°	414	419	441	361	283	312
55°	237	247	283	276	204	228
60°	186	171	165	182	149.3	169.5
65°	159.6	143.6	119.7	121.7	113.7	125.6
70°	77.4	83.0	79.3	73.7	67.3	79.3
75°	11.4	23.8	34.0	38.0	47.5	45.9
80°	4.4	8.5	12.9	16.7	15.8	21.9
85°	1.2	2.0	3.0	4.1	3.6	6.8
90°	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การทดสอบโดยเครื่องโกนิโอโฟโตมิเตอร์ที่อาศัยการเคลื่อนที่หัววัดความเข้มแสง



Model	: Type B	**Luminaire**	: Interior
Lumen per Lamp	: 1350	**Lamp**	: Fluorescent
Number per Lamp	: 2	**Ballast**	: Non Specific
Length(m)	: 0.60	**Starter**	: Non Specific
Wide(m)	: 0.63	**Capacitor**	: None

γ/C	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°
0°	693	700	697	697	690	693	703
5°	693	713	713	723	713	729	729
10°	687	713	719	755	787	820	842
15°	677	693	735	804	849	859	859
20°	651	684	765	826	816	813	865
25°	629	651	758	768	758	794	810
30°	606	638	716	706	758	833	810
45°	554	609	654	706	800	894	852
30°	512	557	593	700	846	933	953
45°	463	496	554	690	781	768	933
50°	415	428	505	658	638	577	768
55°	337	353	447	499	441	366	544
60°	272	272	363	353	292	285	360
65°	204	217	246	227	246	266	308
70°	139	156	159	162	185	168	156
75°	94	97	100	97	75	32	156
80°	58	65	65	52	30	15	146
85°	30	32	28	22	4	8	7
90°	7	7	6	5	3	2	4

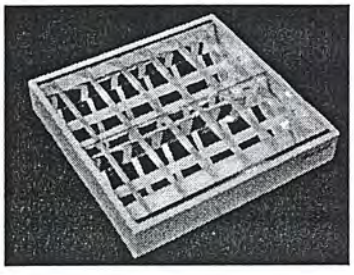
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Model	: Type B	**Luminaire**	: Interior
Lumen per Lamp	: 1350	**Lamp**	: Fluorescent
Number per Lamp	: 2	**Ballast**	: Non Specific
Length(m)	: 1.22	**Starter**	: Non Specific
Wide(m)	: 0.63	**Capacitor**	: None

γ/C	105°	120°	135°	150°	135°	180°
0°	706	713	710	706	719	693
5°	732	726	726	716	706	693
10°	839	820	794	745	706	687
15°	852	855	823	774	693	677
20°	810	807	794	771	690	651
25°	794	768	748	742	671	629
30°	842	774	706	684	629	606
35°	914	804	687	616	573	554
40°	907	836	690	567	518	512
45°	735	735	671	531	454	463
50°	551	557	586	480	376	415
55°	350	366	418	408	301	337
60°	298	275	266	292	240	272
65°	259	233	194	198	185	204
70°	136	146	139	130	118	139
75°	23	49	70	78	97	94
80°	12	23	34	44	42	58
85°	6	9	13	18	16	30
90°	2	2	2	1	2	7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การทดสอบโดยเครื่องโกนิโอโฟโตมิเตอร์ที่อาศัยการหมุนของกระจก



Model	: Type B	**Luminaire**	: Interior
Lumen per Lamp	: 1350	**Lamp**	: Fluorescent
Number per Lamp	: 2	**Ballast**	: Non Specific
Length(m)	: 0.60	**Starter**	: Non Specific
Wide(m)	: 0.63	**Capacitor**	: None

γ/C	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°
0°	334.15	332.67	314.92	337.10	319.36	344.50	326.75
5°	309.01	348.93	375.54	419.90	470.17	495.30	517.48
10°	322.32	368.15	453.91	567.75	615.06	683.08	683.08
15°	297.18	399.20	554.45	657.94	697.86	712.65	711.17
20°	306.05	427.29	619.5	669.77	650.55	646.11	626.89
25°	288.31	482.00	634.29	585.49	563.32	586.97	600.28
30°	270.57	464.26	544.10	510.09	560.36	649.07	711.17
45°	246.91	442.08	480.52	507.13	654.98	623.94	669.77
30°	232.13	418.42	415.46	542.62	526.35	558.88	555.92
45°	211.43	375.54	384.42	436.16	459.82	453.91	456.86
50°	190.73	288.31	353.37	345.97	360.76	350.41	353.37
55°	164.12	233.61	277.96	264.66	273.53	261.70	270.57
60°	143.42	171.51	206.99	192.21	196.64	204.04	227.69
65°	115.32	144.89	137.50	138.98	168.55	156.72	164.12
70°	85.75	100.54	103.50	103.50	87.23	53.23	42.88
75°	66.53	65.05	63.58	51.75	28.09	11.83	2.96
80°	41.40	42.88	38.44	26.61	16.26	10.35	1.48
85°	19.22	19.22	19.22	11.83	7.39	5.91	1.48
90°	5.91	1.48	2.96	1.48	1.48	1.48	1.48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Model	: Type B	**Luminaire**	: Interior
Lumen per Lamp	: 1350	**Lamp**	: Fluorescent
Number per Lamp	: 2	**Ballast**	: Non Specific
Length(m)	: 1.22	**Starter**	: Non Specific
Wide(m)	: 0.63	**Capacitor**	: None

γ/C	105°	120°	135°	150°	135°	180°
0°	351.89	317.88	348.93	334.15	322.32	332.67
5°	499.74	453.91	436.16	388.85	366.67	316.40
10°	680.12	626.89	585.49	499.74	397.72	307.53
15°	721.52	690.47	672.73	588.45	412.51	297.18
20°	622.46	644.63	638.72	609.15	449.47	285.35
25°	578.10	569.23	566.27	579.58	471.65	286.83
30°	659.42	552.97	513.05	538.18	473.13	267.61
35°	650.55	609.15	477.56	446.51	425.81	245.43
40°	520.44	539.66	514.52	387.37	396.24	230.65
45°	424.34	436.16	436.16	365.19	347.45	212.91
50°	337.10	320.84	332.67	351.89	279.44	180.38
55°	255.78	264.66	246.91	269.09	220.30	152.29
60°	206.99	183.34	184.81	193.69	164.12	133.07
65°	153.77	152.29	131.59	128.63	131.59	103.50
70°	51.75	76.88	84.28	85.75	84.28	76.88
75°	13.31	28.09	44.36	57.66	56.18	57.66
80°	8.87	16.26	23.66	34.01	34.01	35.48
85°	4.44	7.39	10.35	13.31	14.79	14.79
90°	1.48	1.48	1.48	1.48	1.48	1.48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 สรุปผลการทดลอง

จากค่าที่จากการทดสอบ เครื่องโกนิโอมิเตอร์ที่อาศัยการเคลื่อนที่หัววัดความเข้มแสงและเครื่องโกนิโอโฟโตมิเตอร์ที่อาศัยการหมุนของกระจกที่นำมาเปรียบเทียบกับเครื่องทดสอบการกระจายความเข้มส่องสว่างมาตรฐาน จะเห็นได้ว่า ค่าที่ได้จากเครื่องโกนิโอมิเตอร์ที่อาศัยการเคลื่อนที่หัววัดความเข้มแสงมีความแตกต่างกันจากค่ามาตรฐานค่อนข้างมาก อันเนื่องมาจาก ระยะห่างระหว่างแหล่งกำเนิดแสงกับหัววัดความเข้มแสงมีค่าน้อยกว่าที่มาตรฐานกำหนด ความละเอียดในการเก็บค่าของเครื่องวัด รวมไปถึงอุปกรณ์ที่ใช้เป็นโครงสร้างซึ่งทำด้วยไม้ อาจทำให้เกิดการบิดตัวของเนื้อไม้ ส่วนค่าที่ได้จากเครื่องโกนิโอโฟโตมิเตอร์ที่อาศัยการหมุนของกระจกนั้น ลักษณะการกระจายความเข้มส่องสว่างที่ได้ เมื่อนำมาเปรียบเทียบจะมีค่าเป็นอัตราส่วนเดียวกัน เป็นเพราะเครื่องโกนิโอโฟโตมิเตอร์ที่อาศัยการหมุนของกระจกในโครงงานนี้ ยังมิได้ทำการสอบเทียบค่า ซึ่งขั้นตอนการสอบเทียบค่าจะเป็นหัวข้อในการพัฒนาต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
บทสรุป

สรุป

ในการออกแบบระบบทางแสงสว่าง ส่วนที่ถือว่ามีความสำคัญ คือข้อมูลเกี่ยวกับการกระจายแสงต่างๆ ของดวงโคมที่ต้องการใช้ในการออกแบบระบบทางแสงสว่าง ดังนั้นจึงต้องมีห้องทดสอบคุณลักษณะการกระจายแสงที่ได้มาตรฐาน เพื่อที่จะได้ข้อมูลการกระจายแสงของดวงโคมที่มีความถูกต้อง สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการออกแบบระบบแสงสว่างและศึกษาทฤษฎีทางวิศวกรรมการส่องสว่างได้อย่างถูกต้อง จึงเป็นสาเหตุให้มีการสร้าง ต้นแบบห้องปฏิบัติการทดสอบการกระจายความเข้มส่องสว่างขึ้นมา เพื่อใช้เป็นห้องปฏิบัติการทดสอบการกระจายความเข้มส่องสว่างของดวงโคมประเภทต่างๆ ที่มีความถูกต้องและโดยอ้างอิงมาตรฐานการทดสอบของ CIE(Commission Internationale De L'Eclairge)

โดยต้นแบบห้องปฏิบัติการทดสอบการกระจายความเข้มส่องสว่าง มีส่วนประกอบที่สำคัญ 2 ส่วน คือ เครื่องโกนิโอโฟโตมิเตอร์ที่มีกระบวนการทำงานเป็นแบบอัตโนมัติ ควบคุมการใช้งานผ่านทางโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ทำให้มีความแม่นยำถูกต้องในการทดสอบการกระจายความเข้มส่องสว่าง นอกจากนี้ยังสามารถแสดงข้อมูลการกระจายความเข้มส่องสว่างที่ได้จากการทดสอบในรูปแบบ IES File ทำให้มีความสะดวกในการนำข้อมูลจากการทดสอบไปใช้ประโยชน์ในการออกแบบระบบแสงสว่าง และอีกส่วนประกอบหนึ่งคือห้องทดสอบการกระจายความเข้มส่องสว่างเป็นห้องที่มีสีดำสนิท ทำให้ปราศจากแสงสะท้อนต่างๆที่จะเข้าไปที่หัววัดความสว่าง จึงทำให้การทดสอบการกระจายความเข้มส่องสว่างในห้องนี้มีความผิดพลาดในการทดสอบน้อย

จึงกล่าวได้ว่าต้นแบบห้องทดสอบการกระจายความเข้มส่องสว่าง เป็นห้องทดสอบคุณลักษณะการกระจายแสงที่มีความแม่นยำ จึงสามารถนำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบไปใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวาง

ข้อเสนอแนะ

การทดสอบดวงโคม ในต้นแบบห้องปฏิบัติการทดสอบการกระจายความเข้มส่องสว่าง ซึ่งควบคุมการทำงานของเครื่องโกนิโอโฟโตมิเตอร์ผ่านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ผู้ใช้ควรจะต้องศึกษาหรือมีความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการทดสอบ เพื่อที่จะสามารถควบคุมการทำงานได้อย่างถูกต้อง ซึ่งทฤษฎีทางแสง การวัดค่าความเข้มส่องสว่าง การทำงานของเครื่องโกนิโอโฟโตมิเตอร์ และส่วนของการแสดงผลในรูปแบบของ IES File ซึ่งทฤษฎีต่างๆ ที่จำเป็นต่อการทดสอบดวงโคมในห้องปฏิบัติการทดสอบการกระจายแสงนั้นได้รวบรวมมาอยู่ในปริญญานิพนธ์เล่มนี้แล้ว

แนวทางการพัฒนา

หากต้องการใช้ประโยชน์ต้นแบบห้องทดสอบการกระจายความเข้มส่องสว่างได้มากกว่านี้ ควรพัฒนาให้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ให้สามารถแสดงข้อมูลเกี่ยวกับการกระจายแสงในรูปแบบอื่นได้ เช่น เส้นโค้งโพลาร์ หรือไอโซแคนเดลาไดอะแกรมเป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

โปรแกรมควบคุมเครื่องโกนิโอโฟโตมิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
unit Unit1;

interface

uses
  Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls, Forms,
  Dialogs, StdCtrls, ExtCtrls, Menus;

type
  TForm1 = class(TForm)
    Label1: TLabel;
    Label2: TLabel;
    Label3: TLabel;
    Label4: TLabel;
    Label5: TLabel;
    Label6: TLabel;
    Label8: TLabel;
    edtTest: TEdit;
    edtLuminaire: TEdit;
    edtLamp: TEdit;
    edtBallast: TEdit;
    edtStarter: TEdit;
    rdgPhotoType: TRadioGroup;
    Label7: TLabel;
    Label9: TLabel;
    Label10: TLabel;
    edtBallastFactor: TEdit;
    edtFutureUse: TEdit;
    edtInputWatt: TEdit;
    btnNext2: TButton;
    Label11: TLabel;
    edtCapacitor: TEdit;
    Opendialog1: TOpendialog;
    SaveDialog1: TSaveDialog;
    MainMenu1: TMainMenu;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    File1: TMenuItem;
    Open1: TMenuItem;
    Save1: TMenuItem;
    N1: TMenuItem;
    rdgLuxMultiple: TRadioGroup;
    rdgTiltAngle: TRadioGroup;
    FontDialog1: TFontDialog;
    Exit2: TMenuItem;
    mmoDescrip: TMemo;
    Label12: TLabel;
    Font2: TMenuItem;
    SetFont1: TMenuItem;
    procedure btnNext2Click(Sender: TObject);
    procedure Open1Click(Sender: TObject);
    procedure Save1Click(Sender: TObject);
    procedure Exit1Click(Sender: TObject);
    //procedure rdgLuxMultipleClick(Sender: TObject);
    procedure Font1Click(Sender: TObject);
    procedure Exit2Click(Sender: TObject);
    procedure SetFont1Click(Sender: TObject);
  private
    { Private declarations }
  public
    { Public declarations }
  end;
var
  Form1: TForm1;
  descrip,PhotoType:string;
  Multiple:real;
implementation
uses Unit2,Unit3, Unit4;
{$R *.dfm}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Procedure TForm1.btnNext2Click(Sender: TObject);
var    tilt,Geometry:string;
begin
    Case rdgTiltAngle.ItemIndex of
    0:begin
       Form2.Show;
       Form1.Hide;
     end;
    1:begin
     Form4.Show;
     Form1.hide;
     end;
    end;
    descrip:=Label8.Caption+#13#10;
    descrip:=descrip+mmoDescrip.Text+#13#10;
    descrip:=descrip+label6.Caption+edtTest.Text+#13#10;
    descrip:=descrip+label2.Caption+edtLuminaire.Text+#13#10;
    descrip:=descrip+label3.Caption+edtLamp.Text+#13#10;
    descrip:=descrip+label4.Caption+edtBallast.Text+#13#10;
    descrip:=descrip+label5.Caption+edtStarter.Text+#13#10;
    descrip:=descrip+label11.Caption+edtCapacitor.Text+#13#10;
    Case  rdgTiltAngle.ItemIndex of
    0:tilt:='NONE';
    1:tilt:='INCLUDE';
    end;

     Case rdgPhotoType.ItemIndex of
    0:PhotoType:='3';
    1:PhotoType:='2';
    2:PhotoType:='1';
    end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 Case rdgLuxMultiple.ItemIndex of
0:Multiple:=0.027;
1:Multiple:=0.27;
2:Multiple:=2.7;
3:Multiple:=27;
4:Multiple:=270;
end;
    descrip:=descrip+'TILT='+tilt+#13#10;
end;
Procedure TForm1.Open1Click(Sender: TObject);
begin
    if opendialog1.Execute then
    begin
    Form3.Show;
    Form3.mmoDisplay.Lines.Clear;
    Form3.mmoDisplay.Lines.LoadFromFile(opendialog1.FileName);
    end;
end;
Procedure TForm1.Save1Click(Sender: TObject);
begin
    if savedialog1.Execute then
    Form3.mmoDisplay.Lines.SaveToFile(savedialog1.FileName);
end;

Procedure TForm1.Exit1Click(Sender: TObject);
begin
    self.close;
    Form2.Close;
    Form3.Close;
    Form4.close;
end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Procedure TForm1.Font1Click(Sender: TObject);
begin
    if fontdialog1.Execute then
    Form3.mmoDisplay.Font.Assign(fontdialog1.Font);
end;
Procedure TForm1.Exit2Click(Sender: TObject);
begin
    self.Close;
    Form2.Close;
    Form3.Close;
    Form4.Close;
end;
Procedure TForm1.SetFont1Click(Sender: TObject);
begin
    if fontdialog1.Execute then
    Form3.mmoDisplay.Font.Assign(fontdialog1.Font);
end;
end.
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
unit Unit2;

interface

uses
  Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls, Forms,
  Dialogs, StdCtrls, ExtCtrls, Menus;

type
  TForm2 = class(TForm)
    gbPlaneC: TGroupBox;
    rdb90: TRadioButton;
    rdb180: TRadioButton;
    rdb360: TRadioButton;
    rdgTolerance: TRadioGroup;
    gbPlaneGamma: TGroupBox;
    rdbG90: TRadioButton;
    rdbG180: TRadioButton;
    rdgGTolerance: TRadioGroup;
    gbLuminousDimension: TGroupBox;
    Label1: TLabel;
    Label2: TLabel;
    Label3: TLabel;
    edtLumWidth: TEdit;
    edtLumLength: TEdit;
    edtLumHeight: TEdit;
    btnBack1: TButton;
    btnFinish: TButton;
    rdgUnitType: TRadioGroup;
    Label4: TLabel;
    Label5: TLabel;
    Label6: TLabel;
    edtNumberOfLamp: TEdit;
    edtLumensPerLamp: TEdit;
    edtCandelaMultiplier: TEdit;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Opendialog1: TOpendialog;
    SaveDialog1: TSaveDialog;
    MainMenu1: TMainMenu;
    File1: TMenuItem;
    Open1: TMenuItem;
    Save1: TMenuItem;
    N1: TMenuItem;
    FontDialog1: TFontDialog;
    Exit2: TMenuItem;
    Font2: TMenuItem;
    SetFont1: TMenuItem;
    procedure btnFinishClick(Sender: TObject);
    procedure btnBack1Click(Sender: TObject);
    procedure Open1Click(Sender: TObject);
    procedure Save1Click(Sender: TObject);
    procedure Exit1Click(Sender: TObject);
    procedure Font1Click(Sender: TObject);
    procedure Exit2Click(Sender: TObject);
    procedure SetFont1Click(Sender: TObject);
  private
    { Private declarations }
  public
    { Public declarations }
  end;
var
  Form2: TForm2;
  HorAngle,VAngle:string;
  //PLC link
  comport: THandle;
  check,interrupt: Boolean;
  i,j,q,numMa,numLa:integer;
  lux : array[1..360,1..180] of real;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  luxvalue:real;
  stopmannul,responsestopmannul:string;
  function OpenComport(var ComFile :THandle;intPort:byte):Boolean;
  function ReadText(var ComFile:THandle):string;
  procedure getdata(Encode:integer);
  function Convert(s:string):integer;
  procedure SendText(s:String;ComFile:THandle);
Const
  //PLC link
  distance=7.4;
  zerocode='00WSS0107%DW00050000';//D0005
  settinganglecode='00WSS0107%DW0010';//D0010
  runcode='00WSS0107%MX0040';//M0040
  wdetectccode='00RSS0107%MX0060';//M0060
  wdetectcode='00RSS0107%DW1004';//D0063
  wcollectcode='00RSS0107%DW0102';//D0102
  stopcode='00WSS0107%MX0041';//M0041
  homecode='00WSS0107%MX0042';//M0042
  stopmannulcode='00RSS0107%PX0028';//P0028
implementation
uses Unit3, Unit1, Unit4 ,Unit5;
{$R *.dfm}
//PLC link
//open comPort
Function OpenComport(var ComFile :THandle;intPort:byte):Boolean;
var
    DeviceName : array [0..80] of char;
    commDcb    : Tdcb;
    commProp   : TCommProp;
    evtMask    : dword;
    commTimeOuts : TCommTimeouts;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Const
      rxBuffer = 4096;
      txBuffer = 1024;
begin
     if  intPort = 1  then
     StrPCopy(DeviceName,'COM1:')
     else
    if intPort = 2 then
     StrPCopy(DeviceName,'COM2:');
     ComFile := CreateFile(DeviceName,GENERIC_READ +
GENERIC_WRITE,0,nil,OPEN_EXISTING,FILE_FLAG_OVERLAPPED,0);
     if ComFile = INVALID_HANDLE_VALUE then
     result := False
     else
     begin
          result := True;
         {Showmessage('Connect complete');}
     end;
     GetCommState(ComFile,commDcb);
     GetCommProperties( ComFile, commProp );
     GetCommMask( ComFile, evtMask );
     GetCommTimeOuts( ComFile, commTimeOuts );
     // config necessary comm. properties
     SetupComm( ComFile, rxBuffer, txBuffer );
     commTimeOuts.ReadIntervalTimeout:= MAXDWORD; // set timeout
     commTimeOuts.ReadTotalTimeoutMultiplier:=0;
     commTimeOuts.ReadTotalTimeoutConstant:=0;
     SetCommTimeouts( ComFile, commTimeOuts );
     evtMask:=EV_RXCHAR;
     SetCommMask( ComFile, evtMask );
     commDcb.BaudRate := CBR_38400;
     commDcb.Parity := NOPARITY;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    commDcb.StopBits := ONESTOPBIT;
    commDcb.ByteSize := 8;
    SetCommState(comport,commDcb);
end;
//Send text
Procedure SendText(s:String;ComFile:THandle);
var
    BytesWritten,r:dword;
begin
    BytesWritten:=0;
    r:=Length(s);
    WriteFile(comport,s[1],r,BytesWritten,nil);
end;
//Read text
Function ReadText(var ComFile:THandle):string;
var
    d:array [0..1024] of byte;
    s:string;
    BytesRead:DWORD;
    i:integer;
begin
    Result :='';
    //ReadFile(ComFile,d,Sizeof(d),BytesRead,nil);
    if not ReadFile(ComFile,d,Sizeof(d),BytesRead,nil) then
    begin
        Showmessage('Can not read data');
        exit;
    end;
    s :='';
    for i:= 0 to BytesRead -1 do
    s := s + chr(d[i]);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Result := s;
end;
//Insert encoder value, send to detect and get lux value.
Procedure getdata(Encode:integer);
var
    detect,collect,upEncode,downEncode : integer;
    rdetect,rcollect,wdetect,wcollect:string;
    checkvalue:boolean;
begin
    //caculate degree interval to detect.
    if check then
    begin
        upEncode := Encode + 5;
        if j=numMa then downEncode := Encode - 5
        else downEncode := Encode;
    end
    else
    begin
        if j=1 then upEncode := Encode + 5
        else upEncode := Encode;
        downEncode := Encode - 5;
    end;
    //loop check encoder real-time is equal to encoder setting.
    checkvalue := false;
    detect:=0;
    repeat
        wdetect := chr(05)+wdetectcode+chr(04);
        SendText(wdetect,comport);
        sleep(40);
        rdetect := ReadText(comport);
        detect := Convert(rdetect);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            {check stop mannul}
            stopmannul := chr(05)+stopmannulcode+chr(04);
            SendText(stopmannul,comport);
            sleep(40);
            responsestopmannul := ReadText(comport);
            responsestopmannul := copy(responsestopmannul,2,11);
            if responsestopmannul = '00RSS010100' then
            begin
                interrupt:=true;
                break;
            end;
            if (detect<=upEncode) and (detect>=downEncode) then
            begin
                //collect lux value.
                wcollect := chr(05)+wcollectcode+chr(04);
                SendText(wcollect,comport);
                sleep(40);
                rcollect := ReadText(comport);
                collect := Convert(rcollect);
                luxvalue := collect*Multiple*distance*distance;
                checkvalue := true;
            end;
        until checkvalue = true;
    end;
    // Change ASCII Frame to encoder'detect value' or lux 'collect value'
    Function Convert(s:string):integer;
    var
        x:array[1..4] of char;
        sum,y,g,z,h:integer;
        s1:string;
    begin
        s1 := copy(s,1,10);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
if s1 = chr(06)+ '00RSS0102' then
begin
    //collect ASCII in array
      x[4]:= s[11];
      x[3]:= s[12];
      x[2]:= s[13];
      x[1]:= s[14];
    if x[4] <> 'F' then
      begin
      //change to decimal each unit
      y:=1;
      h:=0;
      for y:=1 to 4 do
      begin
          Case  x[y] of
          'A' : h:=10;
          'B' : h:=11;
          'C' : h:=12;
          'D' : h:=13;
          'E' : h:=14;
          'F' : h:=15;
          else h := strtoint(x[y]);
          end;
          if   y =1  then sum:=h
          else
          begin
              g:=1;
              for z:= 2 to y do  g:= g*16;
              g:= g*h;
              sum := sum +g;
          end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            end;
           end
            else sum:=0;
            result := sum;
        end
        else
        begin
            showmessage('Can not read or detect data');
      end;
end;
Procedure TForm2.btnFinishClick(Sender: TObject);
var    rangeC,rangeG,NumOfVer,NumOfHor:integer;
      int:integer;
      UnitType,input,Angle,degree,degreeG,ShowGamma,trans,transG,conv:string;
      toleranceC,toleranceG,C,x,y,CAngle,datagamma,Gamma:real;
      //PLC link
       Las,enMas,numMas,numLas,Lrs,Mrs,settingangle,a,b,cc,luxs,sluxs
      ,headrows,headcols,run,responserun,stop,responsestop
      ,responsedetectc,wdetectc,responsesettingangle,responseshome
      ,home,responsezero,zero,L,AB:string;
      Ma,La,headrow,headcol:real;
      enMa,Lr,Mr,k,len,pp:integer;
      enValue : array[1..180] of integer;
      ask:word;
begin
      //Form3.show;
      //Form2.Hide;
      Form3.mmoDisplay.Clear;
      x:=0;
      y:=0;
      toleranceC:=0;
      rangeG:=0;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
toleranceG:=0;
rangeC:=0;
NumOfHor:=0;
if rdb90.Checked then
rangeC:=90;
if rdb180.Checked then
rangeC:=180;
if rdb360.Checked then
rangeC:=360;
Case rdgTolerance.ItemIndex of
0:toleranceC:=1;
1:toleranceC:=2.5;
2:toleranceC:=5;
3:toleranceC:=10;
4:toleranceC:=15;
5:toleranceC:=22.5;
end;
while x <= RangeC do
 begin
 x:= x+toleranceC;
 NumOfHor:=NumOfHor+1;
 end;

if rdbG90.Checked then
rangeG:=90;
if rdbG180.Checked then
rangeG:=180;
Case rdgGTolerance.ItemIndex of
0:toleranceG:=2.5;
1:toleranceG:=5;
2:toleranceG:=10;
3:toleranceG:=15;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
4:toleranceG:=22.5;
5:toleranceG:=30;
end;
Case rdgUnitType.ItemIndex of
0:UnitType:='1';
1:UnitType:='2';
end;
While y <= rangeG do
begin
    y:=y+toleranceG;
    NumOfVer:=NumOfVer+1;
end;
degreeG:='';
Gamma:=0;
Angle:='';
  While Gamma <= rangeG do
  begin
  str(Gamma:3:1,transG);
  degreeG:=degreeG+transG+' ';
  Gamma:=Gamma+toleranceG;
  VAngle:=degreeG;
  end;
CAngle:=0;
degree:='';
 While Cangle <= rangeC do
  begin
  str(CAngle:3:1,trans);
  degree:=degree+trans+'  ';
   CAngle:=CAng+toleranceC;
  HorAngle:=degree;
  end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
descrip:=descrip+edtNumberOfLamp.Text+' '+edtLumensPerLamp.Text+'
'+edtCandelaMultiplier.Text+' '+IntToStr(NumOfVer)+' '+IntToStr(NumOfHor)+'
'+PhotoType+' '+UnitType+' '+edtLumWidth.Text+' '+edtLumLength.Text+'
'+edtLumHeight.Text+#13#10;
descrip:=descrip+Form1.edtBallastFactor.Text+' '+Form1.edtFutureUse.Text+'
'+Form1.edtInputWatt.Text+#13#10;
      descrip:=descrip+HorAngle+#13#10;
      descrip:=descrip+VAngle;
      {take size each of Mirror angle and
      convert in encoder value and collect
      it in array}
      {size of each luminaire angle in real}
      La := toleranceC;
      str(La:1:1,Las);
      {size of each mirror angle in real}
      Ma := toleranceG;
      {encoder value of each mirror angle in integer}
      Ma := 10*Ma;
      str(Ma:1:0,enMas);
      enMa := strtoint(enMas);
      {number of luminaire angle in integer}
      numLa :=NumOfHor;
      {number of mirror angle in integer}
       numMa :=NumOVer;
      {range of luminaire angle in integer}
      Lr :=rangeC;
      {range of mirror angle in integer}
      Mr :=rangeG;
      {transfer size of each luminaire angle,range of luminaire angle
      and range of mirror angle in code}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Case Lr  of
      90     : b:='1';
      180    : b:='2';
      360    : b:='3';
end;
Case Mr of
      90     : cc:='1';
      180    : cc:='2';
end;
if Las = '1.0'  then a:= '1'
else if Las = '2.5' then a:='2'
   else if Las = '5.0' then a:='3'
       else if Las = '10.0'then a:='4'
           else if Las = '15.0'  then a:='5'
                elsdf Las = '22.5'  then a:='6';
{collect encoder mirror angle in array to compare with
real-time encoder mirror angle}
for i := 1 to numMa do
enValue[i] := enMa*(i-1);
{set progressbar1}
 Form5.ProgressBar1.Max := NumLa*NumMa;
 Form5.ProgressBar1.Min := 0;
 Form5.ProgressBar1.Step := 1;
 Form5.ProgressBar1.Position := Form5.ProgressBar1.Min;
 Form5.Show;
 {confirm process}
 if  MessageDlg('Please Press OK to do a process',mtconfirmation
   ,[mbOk,mbCancel],0)= mrCancel then
 begin
      form5.Close;
      exit;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 end;
 {open and setting port com1}
 OpenComport(comport,1);
 {send settingangle to set luminaire angle,range of luminaire angle
 and range of mirror angle to PLC in D0010}
 settingangle:=chr(05)+settinganglecode+'0'+a+b+cc+chr(04);
 SendText(settingangle,comport);
 sleep(40);
 responsesettingangle := ReadText(comport);
 {collect lux value in lux array and show lux table}
 i:=1; j:=1;
 Form3.stgCandelaValue.ColCount := numMa+1;
 Form3.stgCandelaValue.RowCount := numLa+1;
 Form3.stgCandelaValue.Cells[0,0] := 'C \ Gamma';
 for j :=1 to numMa do
 begin
     headcol := toleranceG*(j-1);
     str(headcol:1:1,headcols);
     Form3.stgCandelaValue.Cells[j,0] := headcols + ' degree';
 end;
 for i :=1 to numLa do
 begin
     headrow := toleranceC*(i-1);
     str(headrow:1:1,headrows);
     Form3.stgCandelaValue.Cells[0,i] := headrows + ' degree';
 end;
 {start loop detect data}
 interrupt:=false;
 i:=1; j:=1;
 check := true;
 for i:= 1 to numLa do
 begin
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
if check then
begin
    j:=1;
    for j:= 1 to numMa do
    begin
        if (j=numMa) and (a='1') and (cc='2') then
        lux[j,i]:=0
        else getdata(enValue[j]);
        {check stop mannul}
        if interrupt=true then break;
        lux[j,i] := luxvalue
        {start run}
        if (i=1) and (j=1) then
        begin
          run :=chr(05)+runcode+'01'+ chr(04);//M0003
          SendText(run,comport);
          sleep(40);
          responserun := ReadText(comport);
          if responserun <> chr(06)+'00WSS'+chr(03) then
          showmessage('run command error'+ responserun);
        end;
        luxs:='';
        str(lux[j,i]:1:2,luxs);
        label1.Caption := 'Lux : '+luxs+' lx';
        Form3.stgCandelaValue.Cells[j,i] := luxs;
        Form5.ProgressBar1.StepIt;
    end;
    check := false;
end
else
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
begin
j:=numMa;
for j:= numMa downto 1 do
begin
    if (j=numMa) and (a='1') and (cc='2') then
    lux[j,i]:=0
    else getdata(enValue[j]);
   {check stop mannul}
    if interrupt = true then break;
    lux[j,i] := luxvalue;
    luxs:='';
    str(lux[j,i]:1:2,luxs);
    label1.Caption := 'Lux : '+luxs+' lx';
    Form3.stgCandelaValue.Cells[j,i] := luxs;
    Form5.ProgressBar1.StepIt;
  end;
   //set zero to gamma degree (D0010)
  {wdetectc :=chr(05)+'00WSS0107%DW00100000'+ chr(04);
  SendText(wdetectc,comport);
  sleep(40);
  responsedetectc := ReadText(comport);}
  check := true;
end;
if i = numLa then break;
{check stop mannul}
if interrupt = true then break;
    repeat
    wdetectc :=chr(05)+wdetectccode+ chr(04);
    SendText(wdetectc,comport);
    sleep(40);
    responsedetectc := ReadText(comport);
    responsedetectc := copy(responsedetectc,2,11);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            {check stop mannul}
            stopmannul := chr(05)+stopmannulcode+chr(04);
            SendText(stopmannul,comport);
            sleep(40);
            responsestopmannul := ReadText(comport);
            responsestopmannul := copy(responsestopmannul,2,11);
            if responsestopmannul = '00RSS010100'  then
            begin
7Y                  interrupt:=true;
                  break;
            end;
        until  responsedetectc ='00RSS010100';
        sleep(500);
        repeat
            wdetectc :=chr(05)+wdetectccode+ chr(04);
            SendText(wdetectc,comport);
            sleep(40);
            responsedetectc := ReadText(comport);
            responsedetectc := copy(responsedetectc,2,11);
            {check stop mannul}
            stopmannul := chr(05)+stopmannulcode+chr(04);
            SendText(stopmannul,comport);
            sleep(40);
            responsestopmannul := ReadText(comport);
            responsestopmannul := copy(responsestopmannul,2,11);

            if  responsestopmannul = '00RSS010100'  then
            begin
                interrupt:=true;
                break;
            end;
        until  responsedetectc ='00RSS010101';
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        {check stop mannul}
        if  interrupt = true then break;
    end;
  {stop after process suceed}
    run :=chr(05)+runcode+'00'+ chr(04);//M0003
    SendText(run,comport);
    sleep(40);
    responserun := ReadText(comport);
    sleep(100);
    stop :=chr(05)+stopcode+'01'+ chr(04);//M0003
    SendText(stop,comport);
    sleep(40);
    responsestop := ReadText(comport);
    sleep(100);
    stop :=chr(05)+stopcode+'00'+ chr(04);//M0003
    SendText(stop,comport);
    sleep(40);
    responsestop := ReadText(comport);
    Form3.mmoDisplay.Lines.Add(descrip+input);
  //value:='';
    for  i:= 1  to numLa  do
    begin
        sluxs:='';
        j:=1;
        for  j:= 1 to numMa do
        begin
            str(lux[j,i]:1:2,lluxs);
           if  j <> numMa  then
            luxs:=luxs + ' ';
            sluxs :=sluxs + luxs;
        end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
//loop check ies per line not more than 132
len:=length(sluxs);
if len >132 then
repeat
    AB :=copy(sluxs,133,1);
    if AB <> '' then
    begin
        AB:= copy(sluxs,132,1);
        if AB <> '' then
        begin
            AB:= copy(sluxs,1,131);
            for pp:=131 downto 1 do
            begin
                if AB[pp] = '' then
                begin
                    AB:=copy(sluxs,1,pp-1);
                    Form3.mmoDisplay.Lines.Add(AB);
                    sluxs:=copy(sluxs,pp+1,length(sluxs)-pp);
                    len:=length(sluxs);
                    break;
                end;
            end;
        end
        else
        begin
            A:=copy(sluxs,1,131);
            Form3.mmoDisplay.Lines.Add(AB);
            sluxs:=copy(sluxs,133,length(sluxs)-132);
            len:=length(sluxs);
        end;
    end
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            else
            begin
                A:=copy(sluxs,1,132);
                Form3.mmoDisplay.Lines.Add(AB);
                sluxs:=copy(sluxs,134,length(sluxs)-133);
                len:=length(sluxs);
            end;
        until length(sluxs) < 132 ;
        Form3.mmoDisplay.Lines.Add(sluxs);
    end;
{check stop mannul to show meessage}
    if interrupt=true then showmessage('Process inomplete'+#13#10+'Interrupt by
user')
    else showmessage('Process Complete');
    {open form2,3}
    Form3.Show;
    Form5.Close;
    Form2.Close;
    {comeback home}
    sleep(4000);
    home :=chr(05)+homecode+'01'+ chr(04);//M0003
    SendText(home,comport);
    sleep(40);
    responseshome := ReadText(comport);
    sleep(100);
    home :=chr(05)+homecode+'00'+ chr(04);//M0003
    SendText(home,comport);
    sleep(40);
    responseshome := ReadText(comport);
   {close port}
    CloseHandle(comport);
end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Procedure TForm2.btnBack1Click(Sender: TObject);
begin
    Case Form1.rdgTiltAngle.ItemIndex of
    0:begin
     Form1.Show;
     Form2.Hide;
     end;
    1:begin
     Form4.Show;
     Form2.Hide;
     end;
    end;
end;
Procedure TForm2.Open1Click(Sender: TObject);
begin
    if opendialog1.Execute then
    begin
    Form3.Show;
    Form3.mmoDisplay.Lines.Clear;
    Form3.mmoDisplay.Lines.LoadFromFile(opendialog1.FileName);
    end;
end;
Procedure TForm2.Save1Click(Sender: TObject);
begin
     if savedialog1.Execute then
     Form3.mmoDisplay.Lines.SaveToFile(savedialog1.FileName);
end;
Procedure TForm2.Exit1Click(Sender: TObject);
begin
    self.Close;
    Form1.Close;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Form3.Close;
    Form4.Close;
end;
Procedure TForm2.Font1Click(Sender: TObject);
begin
    if fontdialog1.Execute then
    Form3.mmoDisplay.Font.Assign(fontdialog1.Font);
end;
Procedure TForm2.Exit2Click(Sender: TObject);
begin
    self.Close;
    Form1.Close;
    Form3.Close;
    Form4.Close;
end;
Procedure TForm2.SetFont1Click(Sender: TObject);
begin
   if fontdialog1.Execute then
    Form3.mmoDisplay.Font.Assign(fontdialog1.Font);
    end;
end.
end.
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
unit Unit3;
interface
uses
 Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls, Forms,
 Dialogs, StdCtrls, Menus, Grids, ComCtrls;
type
 TForm3 = class(TForm)
  btnClose: TButton;
  btnBack2: TButton;
  MainMenu1: TMainMenu;
  File1: TMenuItem;
  Open1: TMenuItem;
  Save1: TMenuItem;
  N1: TMenuItem;
  Opendialog1: TOpendialog;
  SaveDialog1: TSaveDialog;
  FontDialog1: TFontDialog;
  PageControl1: TPageControl;
  tabIESFile: TTabSheet;
  mmoDisplay: TMemo;
  TabSheet2: TTabSheet;
  stgCandelaValue: TStringGrid;
  Exit2: TMenuItem;
  Font2: TMenuItem;
  SetFont1: TMenuItem;
  procedure btnBack2Click(Sender: TObject);
  procedure btnCloseClick(Sender: TObject);
  procedure Open1Click(Sender: TObject);
  procedure Save1Click(Sender: TObject);
  procedure Exit1Click(Sender: TObject);
  procedure Font1Click(Sender: TObject);
  procedure Exit2Click(Sender: TObject);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    procedure SetFont1Click(Sender: TObject);
  private
    { Private declarations }
  public
    { Public declarations }
  end;
var
  Form3: TForm3;
implementation
uses Unit2, Unit1, Unit4;
{$R *.dfm}
Procedure TForm3.btnBack2Click(Sender: TObject);
begin
      Case Form1.rdgTiltAngle.ItemIndex  of
      0:begin
       Form2.show;
       Form3.Hide;
       end;
      1:begin
       Form2.Show;
       Form3.Hide;
       end;
      end;
end;
Procedure TForm3.btnCloseClick(Sender: TObject);
begin
      self.Close;
      Form2.Close;
      Form1.Close;
end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Procedure TForm3.Open1Click(Sender: TObject);
begin
    if opendialog1.Execute then
    begin
    mmoDisplay.Lines.Clear;
    mmoDisplay.Lines.LoadFromFile(opendialog1.FileName);
    end;
end;
Procedure TForm3.Save1Click(Sender: TObject);
begin
    savedialog1.Execute;
    Case savedialog1.FilterIndex of
    1:mmoDisplay.Lines.SaveToFile(savedialog1.FileName+'.txt');
    2:mmoDisplay.Lines.SaveToFile(savedialog1.FileName+'.doc');
    3:mmoDisplay.Lines.SaveToFile(savedialog1.FileName+'.ies');
    end;
end;
Procedure TForm3.Exit1Click(Sender: TObject);
begin
    self.Close;
    Form1.Close;
    Form2.Close;
    Form4.Close;
end;
Procedure TForm3.Font1Click(Sender: TObject);
begin
    if fontdialog1.Execute then
    mmoDisplay.Font.Assign(fontdialog1.Font);
end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Procedure TForm3.Exit2Click(Sender: TObject);
begin
    self.Close;
    Form1.Close;
    Form2.Close;
    Form4.Close;
end;
Procedure TForm3.SetFont1Click(Sender: TObject);
begin
    if fontdialog1.Execute then
    mmoDisplay.Font.Assign(fontdialog1.Font);
end;
end.
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
unit Unit4;

interface

uses
  Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls, Forms,
  Dialogs, StdCtrls, ExtCtrls, Menus;

type
  TForm4 = class(TForm)
    rdgLamLumGeometry: TRadioGroup;
    labNumberPair: TLabel;
    labTiltAngle: TLabel;
    labTiltMulti: TLabel;
    edtNumberOfPairs: TEdit;
    edtTiltAngle: TEdit;
    edtTiltMulti: TEdit;
    btnBack2: TButton;
    btnNext2F4: TButton;
    Opendialog1: TOpendialog;
    SaveDialog1: TSaveDialog;
    MainMenu1: TMainMenu;
    FontDialog1: TFontDialog;
    File1: TMenuItem;
    Open1: TMenuItem;
    Save1: TMenuItem;
    N1: TMenuItem;
    Exit2: TMenuItem;
    Font2: TMenuItem;
    SetFont1: TMenuItem;
    procedure Open1Click(Sender: TObject);
    procedure Save1Click(Sender: TObject);
    procedure Exit1Click(Sender: TObject);
    procedure btnBack2Click(Sender: TObject);
    procedure btnNext2F4Click(Sender: TObject);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    procedure Font1Click(Sender: TObject);
    procedure Exit2Click(Sender: TObject);
    procedure SetFont1Click(Sender: TObject);
  private
    { Private declarations }
  public
    { Public declarations }
  end;
var
  Form4: TForm4;
implementation
uses Unit1, Unit2, Unit3;
{$R *.dfm}
Procedure TForm4.Open1Click(Sender: TObject);
begin
      if opendialog1.Execute then
         begin
         Form3.mmoDisplay.Lines.Clear;
         Form3.mmoDisplay.Lines.LoadFromFile(opendialog1.FileName);
         end;
end;
Procedure TForm4.Save1Click(Sender: TObject);
begin
     savedialog1.Execute;
     Case savedialog1.FilterIndex of
     1:Form3.mmoDisplay.Lines.SaveToFile(savedialog1.FileName+'.txt');
     2:Form3.mmoDisplay.Lines.SaveToFile(savedialog1.FileName+'.doc');
     3:Form3.mmoDisplay.Lines.SaveToFile(savedialog1.FileName+'.ies');
     end;
end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Procedure TForm4.Exit1Click(Sender: TObject);
begin
    Self.Close;
    Form1.close;
    Form2.close;
    Form3.close;
end;
Procedure TForm4.btnBack2Click(Sender: TObject);
begin
    Form1.show;
    Form4.Hide;
end;
Procedure TForm4.btnNext2F4Click(Sender: TObject);
var   LamLumGeometry:string;
begin
    Form2.show;
    Form1.Hide;
    Case rdgLamLumGeometry.ItemIndex  of
    0:LamLumGeometry:='1';
    1:LamLumGeometry:='2';
    2:LamLumGeometry:='3';
    end;
    descrip:=descrip+LamLumGeometry+#13#10;
    descrip:=descrip+edtTiltAngle.Text+#13#10;
    descrip:=descrip+edtNumberOfPairs.Text+#13#10;
    descrip:=descrip+edtTiltMulti.Text+#13#10;
end;
Procedure TForm4.Font1Click(Sender: TObject);
begin
    if  fontdialog1.Execute then
    Form3.mmoDisplay.Font.Assign(n(fontdialog1.Font);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
end;
Procedure TForm4.Exit2Click(Sender: TObject);
begin
    Self.Close;
    Form1.Close;
    Form2.Close;
    Form3.Close;
end;
Procedure TForm4.SetFont1Click(Sender: TObject);
begin
    if fontdialog1.Execute then
    Form3.mmoDisplay.Font.Assign(fontdialog1.Font);
end;
end.
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

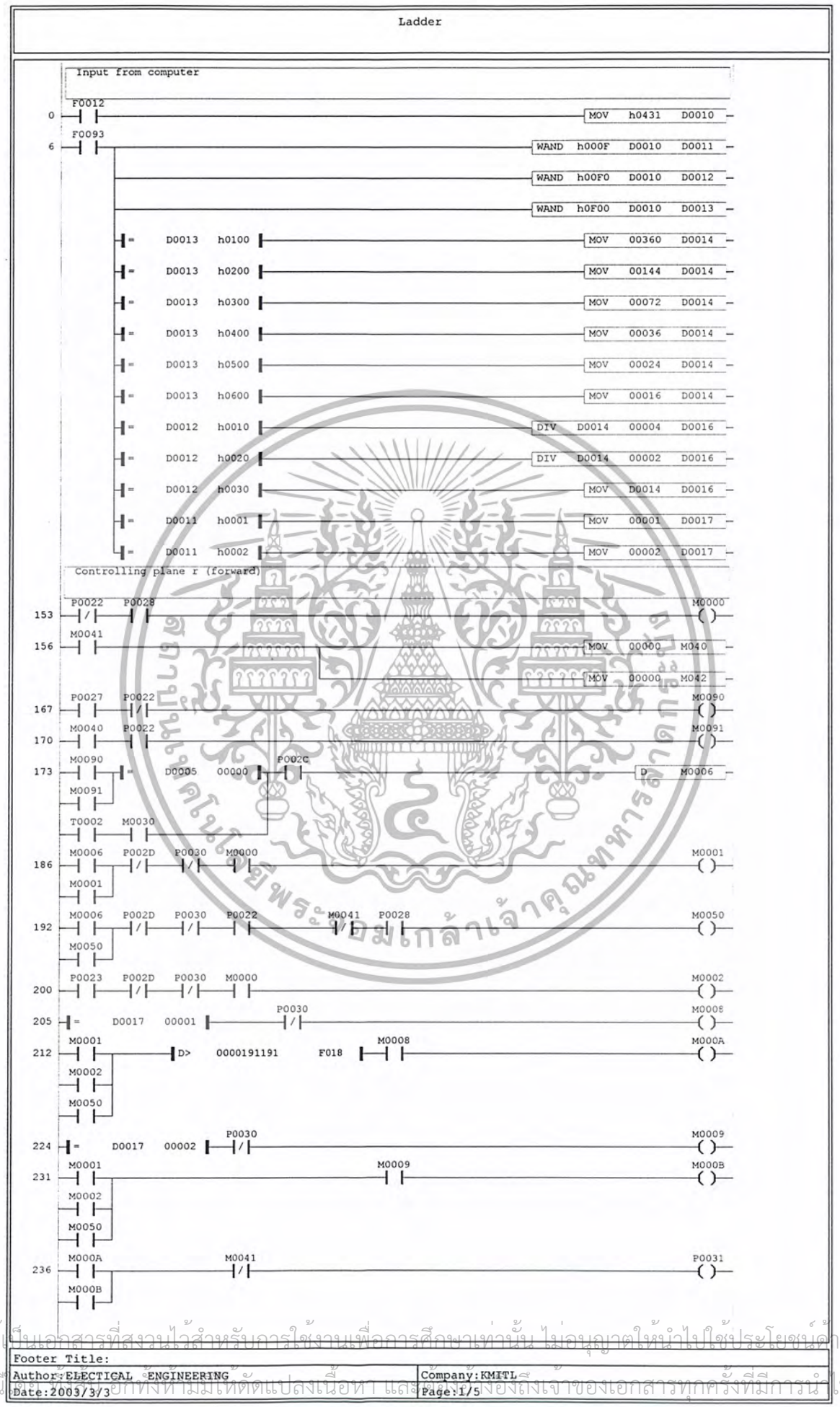
```
unit Unit5;
interface
uses
  Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls, Forms,
  Dialogs, StdCtrls, ComCtrls;
type
  TForm5 = class(TForm)
    ProgressBar1: TProgressBar;
    Label1: TLabel;
  private
    { Privae declarations }
  public
    { Public declarations }
  end;
var
  Form5: TForm5;
implementation
{$R *.dfm}
end.
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

โปรแกรมแลดเดอร์ควบคุมโกนิโอโฟโตมิเตอร์

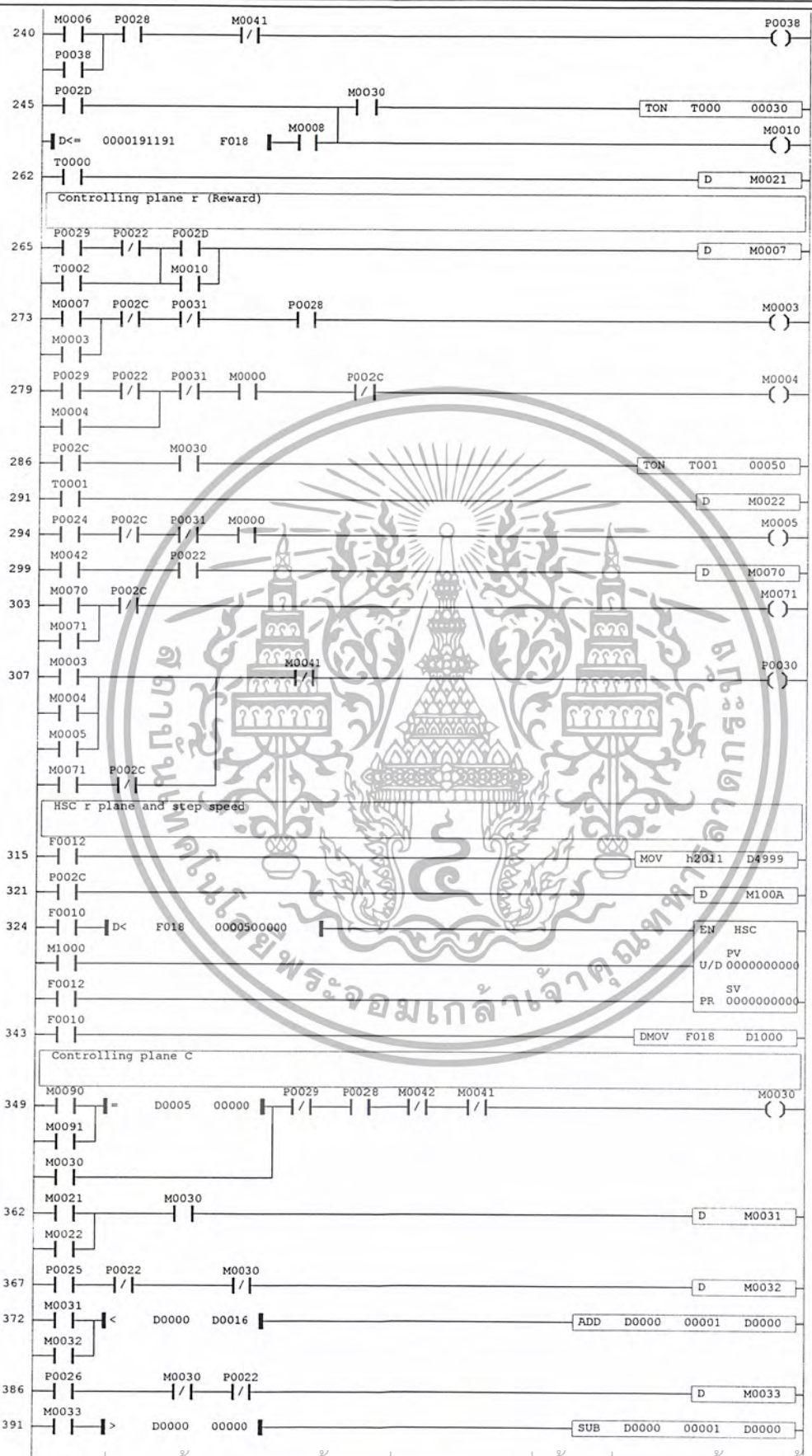
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Footer Title:

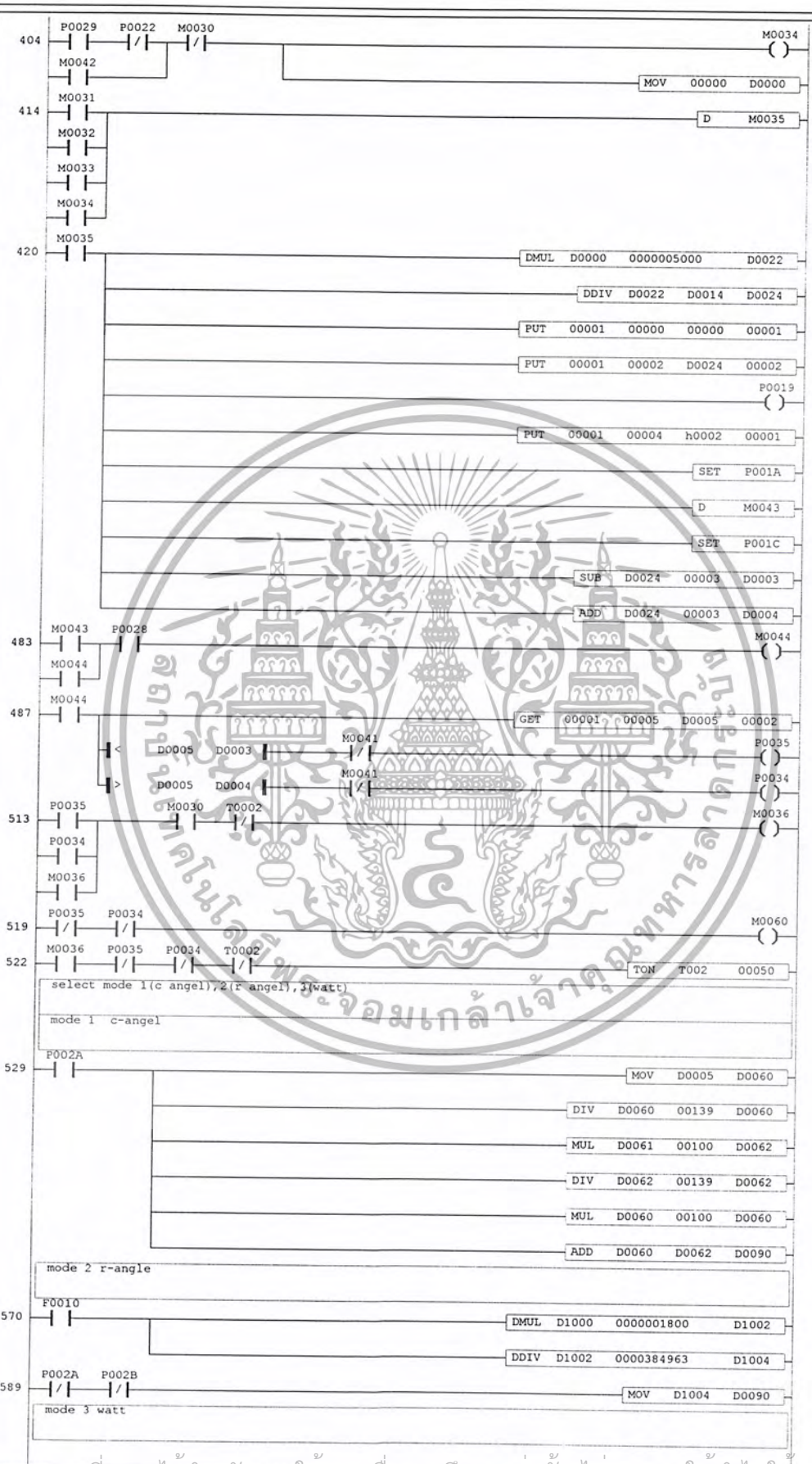
Author:ELECTICAL ENGINEERING	Company:KMITL
Date:2003/3/3	Page:1/5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

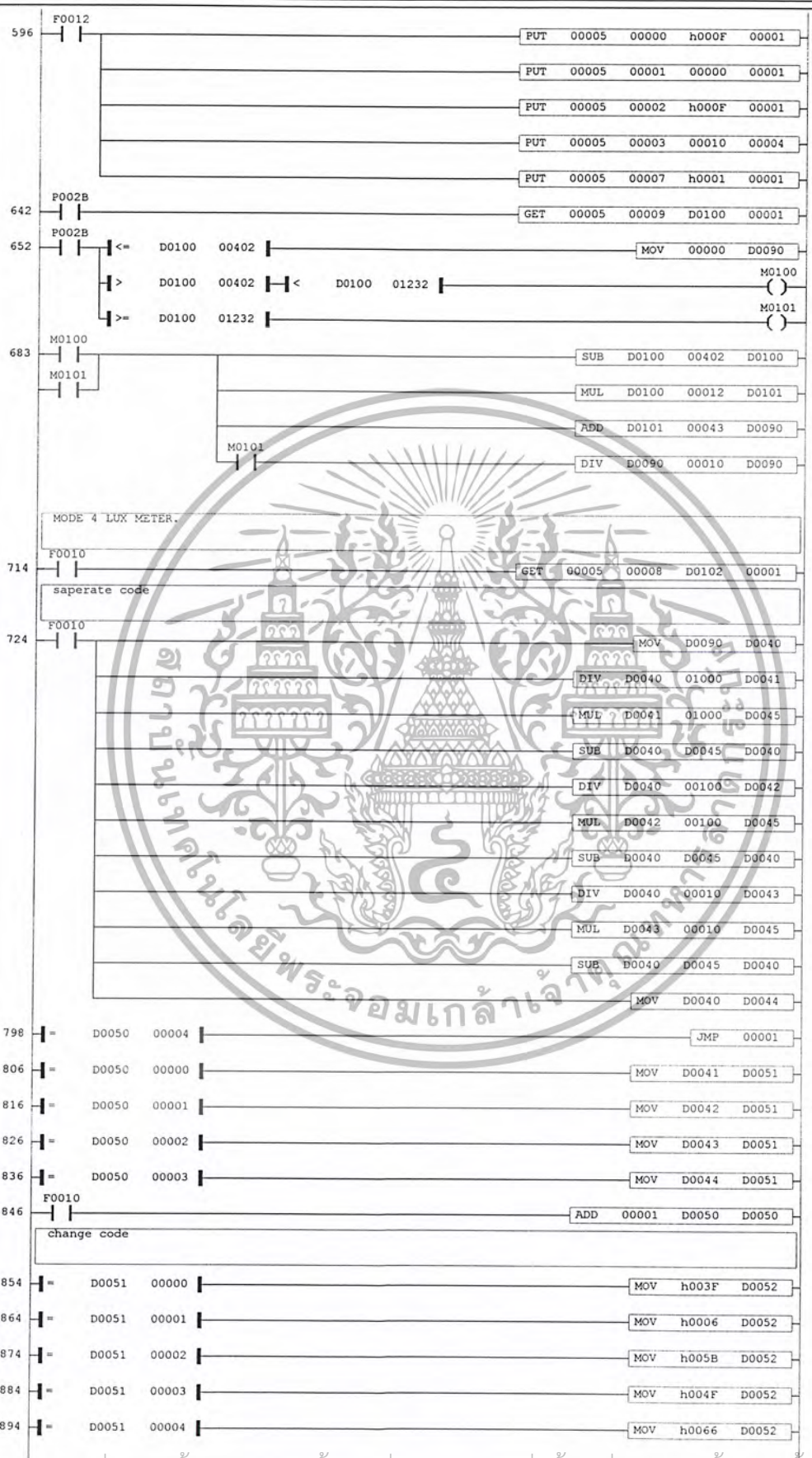
Ladder



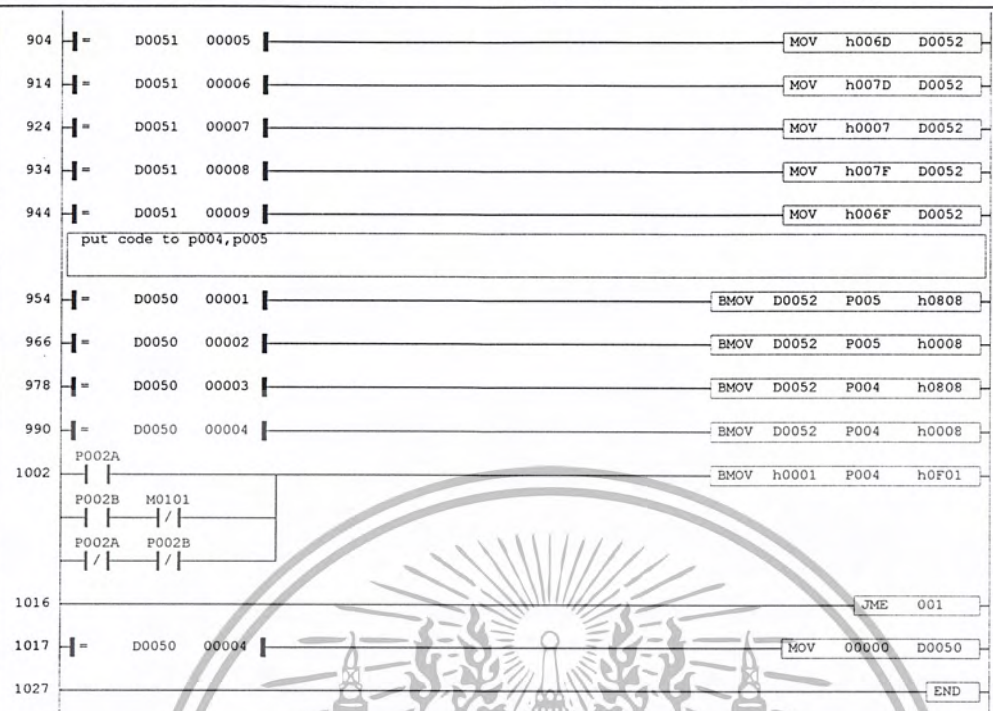
Footer Title:

Author:ELECTICAL ENGINEERING	Company:KMITL
Date:2003/3/3	Page:3/5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.

ทฤษฎีและหลักการพื้นฐานของเดลไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่มาของเดลไฟ

เดลไฟเป็นเครื่องมือสำหรับสร้างแอพพลิเคชั่นสำหรับรันบน Windows 95/98/2000 ที่ผลิตโดยบริษัท Inspire(ชื่อเดิมคือ Borland) ซึ่งเป็นบริษัทที่แวดวงของนักพัฒนาแอพพลิเคชั่นรู้จักและยอมรับในตัวผลิตภัณฑ์เป็นอย่างดี

เดลไฟนั้นเป็นเครื่องมือพัฒนาแอพพลิเคชั่นแบบ Visual Programming(เหมือนกับ Visual Basic,Visual C++)ซึ่งทำให้เราสามารถเห็นผลลัพธ์การทำงานไปพร้อมๆกับการลงมือสร้างแอพพลิเคชั่น จุดเด่นที่สำคัญมากของ Visual Programming คือช่วยลดเวลาของการสร้างแอพพลิเคชั่น นั่นเพราะแทนที่เราจะไปทุ่มเวลาไปปรับแต่งส่วนติดต่อผู้ใช้ หรืองานที่ไม่จำเป็น หรืองานซ้ำๆซากๆ เราก็มอบภาระเหล่านี้ให้เดลไฟเสีย สำหรับเราก็มุ่งเข้าไปแก้ปัญหาที่เป็นหัวใจการทำงานของแอพพลิเคชั่นดีกว่า

การสร้างแอพพลิเคชั่นแบบ **Event-Driven**

แอพพลิเคชั่นที่สร้างจากเดลไฟ นั้นมีวิธีการสร้างที่แตกต่างจากการเขียนโปรแกรมแบบเดิมๆ ที่เราเคยเรียนรู้มาก่อน ถ้าหากว่าเคยเขียนโปรแกรมจากภาษา BASIC,C หรือ Pascal ก็จะเห็นว่ามีแนวคิดที่ค่อนข้างต่างกัน ซึ่งเราจะเรียกวิธีการสร้างแอพพลิเคชั่นด้วยเดลไฟว่า **Event-Driven**

โดยการเขียนโปรแกรมในลักษณะของEvent-Driven เป็นลักษณะที่ว่า" ถ้ามีเหตุการณ์เกิดขึ้น เราจะจัดการกับมันอย่างไร"

ตัวแปรและประเภทข้อมูลในเดลไฟ

การประกาศตัวแปร

ในเดลไฟจะใช้คำว่า Var เป็นเครื่องบอกว่ากำลังจะทำการประกาศค่าตัวแปร โดยที่จะแบ่งเป็นสองส่วนคือทางซ้ายจะเป็นชื่อตัวแปรที่เราต้องการจะประกาศ และทางขวาเป็นชนิดของข้อมูลที่ต้องการกำหนดให้กับตัวแปร โดยมีรูปแบบดังนี้

```
Var
        Myinteger:Integer;
        Mystr:String;
        MyBool:Boolean;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดของข้อมูล(Data Type)

เดลไฟใช้ภาษา Pascal ในการเขียนโปรแกรม โดยสามารถแบ่งชนิดของข้อมูลได้ดังนี้

- ข้อมูลชนิด Integer

ข้อมูลชนิดนี้เป็นข้อมูลที่ใช้แสดงเลขจำนวนเต็ม ซึ่งใน Pascal สามารถแบ่งข้อมูลชนิดนี้ออกได้เป็นหลายแบบขึ้นอยู่กับการใช้งานดังแสดงตามตาราง

ตารางที่ 1 แสดงตัวแปรประเภท integer แต่ละชนิด

ชนิดข้อมูล(Data type)	มีค่าระหว่าง	รูปแบบข้อมูล
Shortint	-128 ถึง 127	มีเครื่องหมาย 8 บิต
Smallint	-32,768 ถึง 32,767	มีเครื่องหมาย 16 บิต
Longint	-2,147,483,648 ถึง 2,147,483,647	มีเครื่องหมาย 32 บิต
Byte	0 ถึง 255	ไม่มีเครื่องหมาย 8 บิต
Word	0 ถึง 65535	ไม่มีเครื่องหมาย 16 บิต
Integer	-2,147,483,648 ถึง 2,147,483,647	มีเครื่องหมาย 32 บิต
Cardinal	0 ถึง 4,294,967,295	ไม่มีเครื่องหมาย 32 บิต

- ข้อมูลชนิด Real

ข้อมูลชนิดนี้เป็นข้อมูลที่ใช้แสดงเลขที่มีทศนิยม สามารถแบ่งออกเป็น 6 ชนิด โดยจะแตกต่างที่ความละเอียดของตำแหน่งทศนิยม โดยมีลักษณะที่แตกต่างกันดังนี้

ตารางที่ 2 แสดงตัวแปรประเภท Real แต่ละชนิด

ชนิดข้อมูล	ช่วงในค่าลบ	ช่วงในค่าบวก	Byte
Real	$-1.7*10^{38}$ ถึง $-2.9*10^{-39}$	$2.9*10^{-39}$ ถึง $1.7*10^{38}$	6
Single	$-3.4*10^{38}$ ถึง $-1.5*10^{-45}$	$1.5*10^{-45}$ ถึง $3.4*10^{38}$	4
Double	$-1.7*10^{-308}$ ถึง $-5.0*10^{-324}$	$5.0*10^{-324}$ ถึง $1.7*10^{308}$	8
Extended	$-1.1*10^{4932}$ ถึง $-3.4*10^{-4932}$	$3.4*10^{-4932}$ ถึง $1.1*10^{4932}$	10
Comp	$-2^{26}+1$	$2^{26}-1$	8
Currency	-922,337,203,685,477.5808	922,337,203,685,477.5807	8

- ข้อมูลชนิดBoolean

ชนิดของข้อมูลนี้จะใช้สำหรับการทำงานที่ต้องตัดสินใจ โดยค่าที่เก็บไว้มี 2 ค่าคือ 0 หมายถึง False และ 1หมายถึง True

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **ข้อมูลชนิดCharactor**

ชนิดของข้อมูลนี้เป็นข้อมูลที่ใช้แสดงอักขระ ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. AnsiChar เป็นชนิดของข้อมูลที่มีขนาด 1 Byte
2. WideChar เป็นชนิดของข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 1Word หรือ 2 Byte

- **ข้อมูลชนิด String**

สามารถแบ่งลักษณะของข้อมูลประเภท String ได้ดังนี้

1.ShortString จะสามารถเก็บตัวอักษรได้ตั้งแต่ 1 ถึง 255 ตัว

2.LongString เป็นชนิดของข้อมูลที่ไม่จำกัดจำนวนตัวอักษร

- การใช้ตัวดำเนินการในDelphi(Operator)

ตัวดำเนินการบน สามารถแบ่งออกเป็นประเภทใหญ่ๆได้ดังนี้

ตารางที่ 3 แสดงชนิดของตัวดำเนินการในเดลไฟ

ชนิด	Operator
ทางคณิตศาสตร์(Arithmatic)	+,-,*,/,div,mod
ทางตรรกะ(Logical)	Not,and,or,xor
ทางการเปรียบเทียบ	=,<>,<,>,<=,>=

คำสั่งที่ใช้กำหนดการทำงานของโปรแกรม

- คำสั่งเกี่ยวกับการตัดสินใจ

คำสั่งที่ใช้ในการตัดสินใจในการทำงานของโปรแกรม ในDelphi มี 2 คำสั่งดังนี้

1.คำสั่ง If...then...else

คำสั่ง If เป็นคำสั่งที่ใช้ในการตัดสินใจทำงานของโปรแกรม โดยที่ถ้าค่านิพจน์เป็นจริง(True) โปรแกรมจะทำตามคำสั่งหลัง then แต่ถ้าค่านิพจน์เป็นเท็จ(False) โปรแกรมจะทำตามคำสั่งหลัง else มีรูปแบบการใช้งานดังนี้

```
If [นิพจน์ที่เป็น Boolean] then
        [statement]; //จะทำ statement นี้เมื่อนิพจน์หลัง If เป็น True
        else
        [statement]; //จะทำ statement นี้เมื่อนิพจน์หลัง If เป็น False
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. คำสั่ง Case statement

เป็นคำสั่งที่ใช้ตัดสินใจในการทำงานของโปรแกรมโดยพิจารณาจากค่าที่กำหนดให้ในโปรแกรม ซึ่งสามารถกำหนดได้หลายค่า โดยมีลักษณะการทำงานดังนี้

```
Case  [ นิพจน์ ]  of
        [ ค่าที่ 1] : [statement];
        [ ค่าที่ 2]: [statement];
        [ ค่าที่ 3]: [statement];
    else [statement];
    end;
```

- คำสั่งเกี่ยวกับการทำงานซ้ำ

ในการทำงานซ้ำของเดลไฟ สามารถเลือกคำสั่งให้ทำงานซ้ำตามจำนวนที่แน่นอน หรือตามเงื่อนไขที่เรากำหนดขึ้นโดยมีคำสั่งที่ใช้ในการทำงานซ้ำอยู่ 3 คำสั่งดังนี้

1. คำสั่ง for …. Do

คำสั่ง จะใช้ในกรณีที่เราต้องการทำงานซ้ำตามจำนวนที่แน่นอน โดยมีรูปแบบการใช้งานดังนี้

```
For [ ค่าตัวแปร ]:= [ ค่าตั้งต้น ]  (to, downto )  [ ค่าปลายทาง ]
Statement;
```

2. คำสั่ง While…. do

เป็นคำสั่งที่ใช้ในการทำซ้ำ โดยจำนวนครั้งของการทำงานจะขึ้นอยู่กับเงื่อนไขหลังคำว่า While โดยมีรูปแบบการใช้งานดังนี้

```
While [ ค่า Boolean ] do
[statement];
```

3. คำสั่ง Repeat … until

คำสั่ง จะมีลักษณะคล้ายกับคำสั่ง While แต่ยะมีข้อแตกต่างคือจำนวนครั้งของการทำงานจะขึ้นอยู่กับเงื่อนไขหลังคำว่าuntil(จะสังเกตว่าจะทำการตรวจสอบหลังจากทำงานแล้วหนึ่งรอบ) โดยมีรูปแบบคำสั่งดังนี้

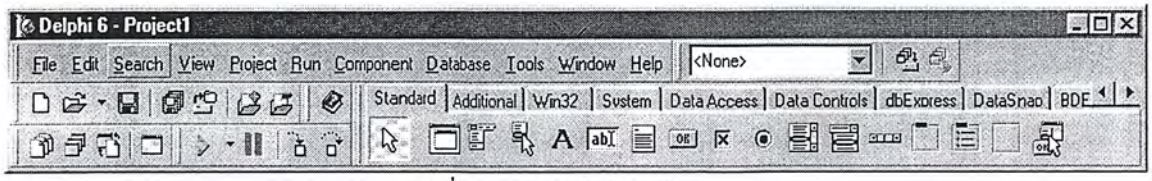
```
Repeat
    Statement;
Until   [ นิพจน์ที่เป็น Boolean ]
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนประกอบของโปรแกรมเดลไฟ

หน้าต่างหลัก

เป็นหน้าต่างแรกที่ปรากฏเมื่อเรียกใช้โปรแกรม Delphi ซึ่งประกอบไปด้วย 3 ส่วนคือ Menubar, SpeedbarและComponent Palette โดยมีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 1 แสดงหน้าต่างหลัก

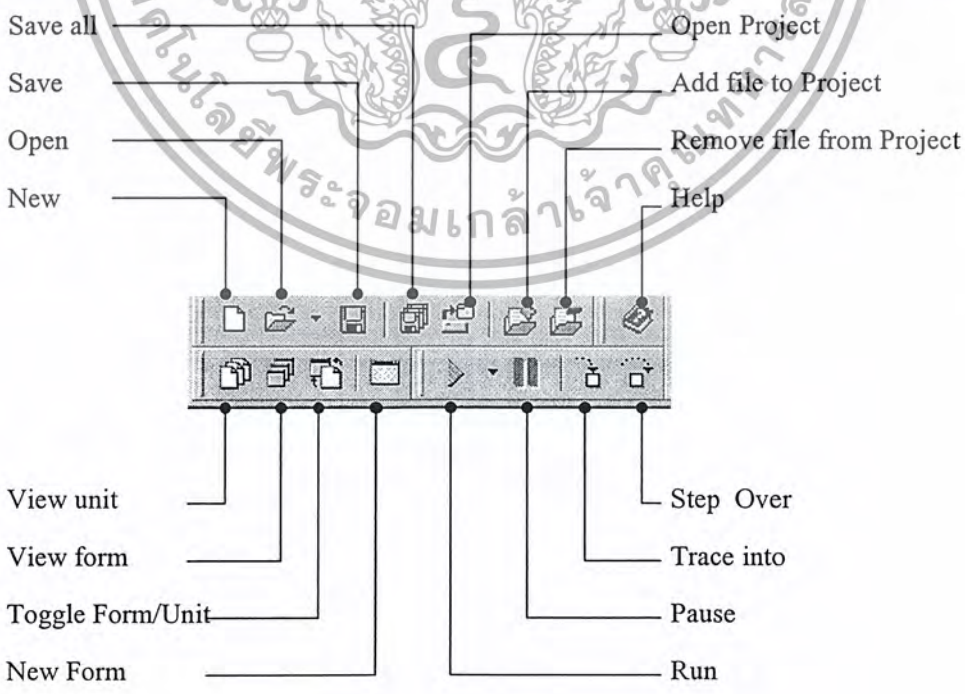
1.เมนูบาร์(Menu bar)

เป็นส่วนหลักที่ใช้ในการทำงาน โดยคำสั่งต่างๆเกือบทั้งหมดสามารถเรียกใช้ผ่านเมนูได้โดยมีลักษณะดังรูป

รูปที่ 2 แสดงเมนูบาร์

2.สปีดบาร์(Speed bar)

สปีดบาร์ประกอบไปด้วยปุ่มของคำสั่งที่ใช้งานบ่อยๆ สำหรับการทำงานของเดลไฟ เราสามารถใช้การคลิกที่ปุ่ม เพื่อเรียกคำสั่งเหล่านั้นมาใช้งาน โดยปกติแล้วสปีดบาร์จะอยู่ใต้เมนู และอยู่ด้านซ้ายของจอ ซึ่งมีลักษณะดังรูป

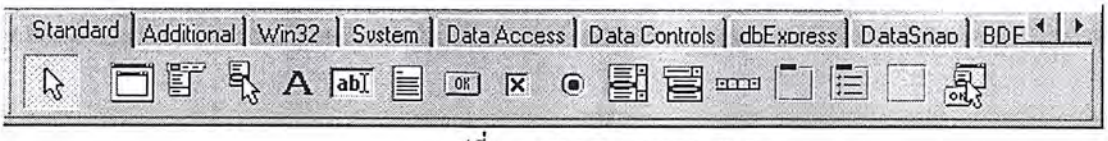


รูปที่ 3 แสดงสปีดบาร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. Component Palette

ภายใน Component Palette จะมีรูปเล็กๆที่เรียกว่าไอคอน ที่แสดงถึงคอมโพเนนท์ต่างๆใน เดลไฟ โดยจะจัดแบ่งออกเป็นหลายกลุ่มวางอยู่ในแทบต่างๆของ Component Palette เราสามารถคลิกที่ชื่อแท็บ เพื่อแสดงไอคอนที่จัดอยู่ในกลุ่มนั้น แต่ละไอคอนจะแสดงถึงคอมโพเนนท์ที่สามารถนำไปวางลงบนฟอร์มได้ เราสามารถคลิกที่ไอคอนที่ต้องการ แล้วไปคลิกบนฟอร์มในตำแหน่งที่เราต้องการวางคอมโพเนนท์เหล่านั้น



รูปที่ 4 แสดง Component Palette

4.หน้าต่าง Object Inspector

หน้าต่าง Object Inspector เป็นที่สำหรับกำหนดคุณสมบัติ และโปรซีเดอร์ของคอมโพเนนท์ โดยในหน้าต่างด้านบนของ Object Inspector จะเป็นคอมโบบ็อกซ์ที่แสดงชื่อของคอมโพเนนท์ และชนิดของคอมโพเนนท์

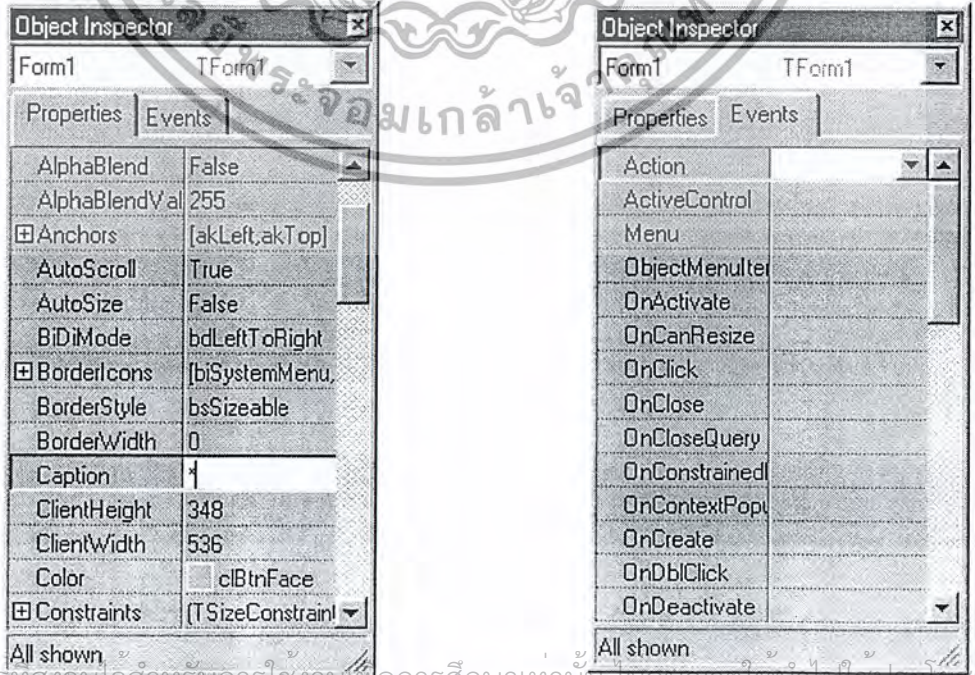
ภายใน จะประกอบไปด้วยแท็บ 2 แท็บดังต่อไปนี้

- แท็บคุณสมบัติ(Properties)

จะแสดงคุณสมบัติ(Property)ต่างๆ ภายใน Property จะประกอบไปด้วย 2 คอลัมน์โดยที่ทางด้านซ้ายจะเป็นชื่อคุณสมบัติและทางด้านขวาจะเป็นค่าของคุณสมบัตินั้นๆ

- แท็บอีเวนต์(Events)

ใช้กำหนดโปรซีเดอร์ที่จะกระทำเพื่อตอบสนองต่อเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น เช่นในการคลิกเมาส์หรือกดปุ่ม ที่คอมโพเนนท์นั้นก็จะเกิดการทำงานของอีเวนต์ขึ้น



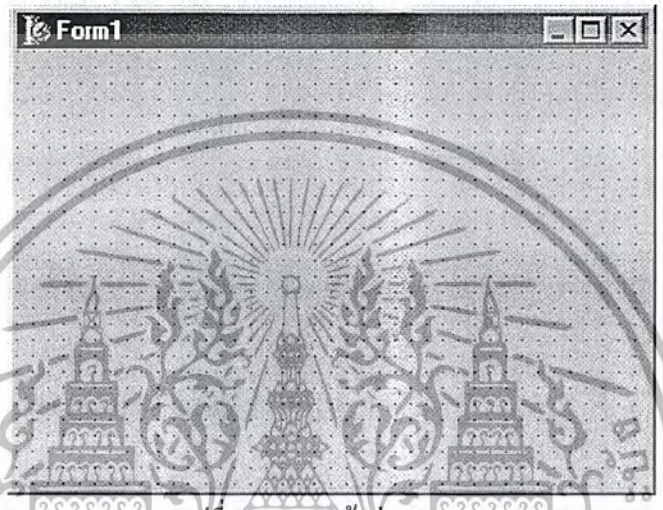
รูปที่ 5 แสดงหน้าต่าง Object Inspector

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.หน้าต่าง Form Designer

Form Designerใช้สำหรับออกแบบส่วนที่ติดต่อกับผู้ใช้ ซึ่งเราสามารถนำคอมโพเนนท์ต่างๆ จาก Component Palette มาวางลงบน Form Designer โดยที่เราสามารถแก้ไขขนาด ย้ายคอมโพเนนท์ไปมา รวมทั้งเพิ่มหรือลบคอมโพเนนท์ออกจากฟอร์มได้ โดยเราสามารถเปรียบเทียบ Form Designer ได้กับกระดาษวาดเขียนที่เราสามารถเขียนหรือลบส่วนที่เราวาดได้

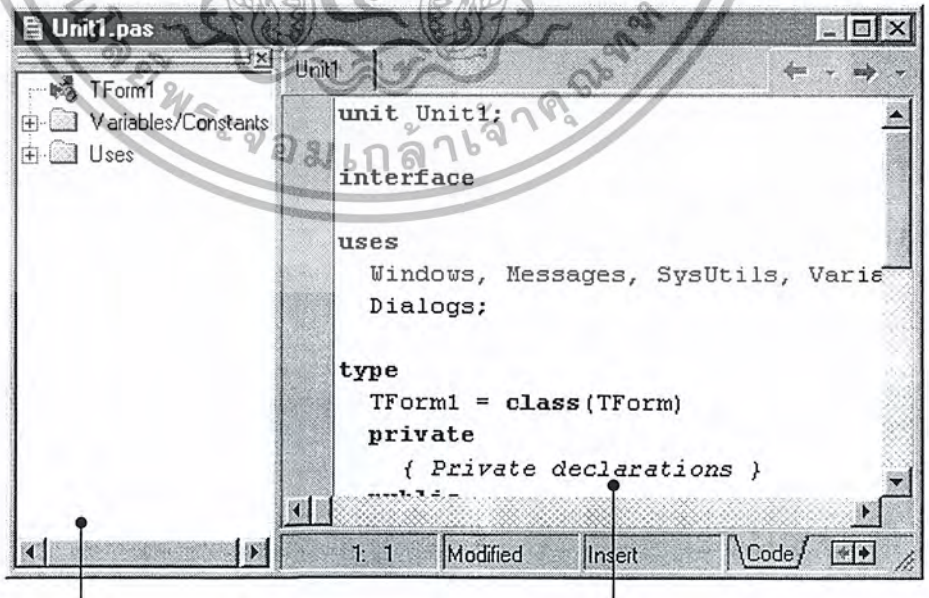
ทุกครั้งที่สร้างโปรเจ็กใหม่จะมีฟอร์มใหม่เกิดขึ้นชื่อ ซึ่งเป็นฟอร์มเริ่มต้น ที่เราสามารถเริ่มพัฒนาแอพพลิเคชั่นได้จากฟอร์มนี้



รูปที่ 6 แสดงหน้าต่าง Form Designer

6.หน้าต่าง Code Editor

Code Editor เป็น สำหรับการเขียนโปรแกรมในเดลไฟซึ่งประกอบไปด้วยคุณสมบัติต่างๆ ที่อำนวยความสะดวกในการเขียนโปรแกรมเดลไฟ



รูปที่ 7 แสดงหน้าต่าง Code Editor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้งานคอมโพเนนท์เบื้องต้น

ในเดลไฟการใช้งานคอมโพเนนท์เป็นส่วนที่สำคัญที่สุดในการพัฒนาแอพพลิเคชั่น นอกจากจะใช้ทำเป็นส่วนติดต่อกับผู้ใช้(User interface)แล้ว ยังใช้ในการควบคุมการทำงานของแอพพลิเคชั่นอีกด้วย ดังนั้นถ้ารู้วิธีการใช้งานคอมโพเนนท์ได้อย่างเหมาะสมก็จะช่วยทำให้การพัฒนาแอพพลิเคชั่นนั้นสามารถทำได้ง่ายขึ้น ดังจะได้กล่าวถึงรายละเอียดที่เกี่ยวข้องดังนี้

1.คุณสมบัติ(Properties), เมดถอด(Method), และอีเวนต์(Events)

2. การใช้งานคอมโพเนนท์และคุณสมบัติต่างๆ

คุณสมบัติ (Properties),เมดถอด (Method), และอีเวนต์(Events)

เราสามารถที่จะทำการควบคุมการทำงานของคอมโพเนนท์ได้ 3 ทางคือทางคุณสมบัติ,เมดถอดและอีเวนต์ โดยใช้คุณสมบัติในการกำหนดค่าต่างๆให้คอมโพเนนท์และการใช้เมดถอดควบคุมการทำงานของคอมโพเนนท์ขณะเกิดอีเวนต์ต่างๆ

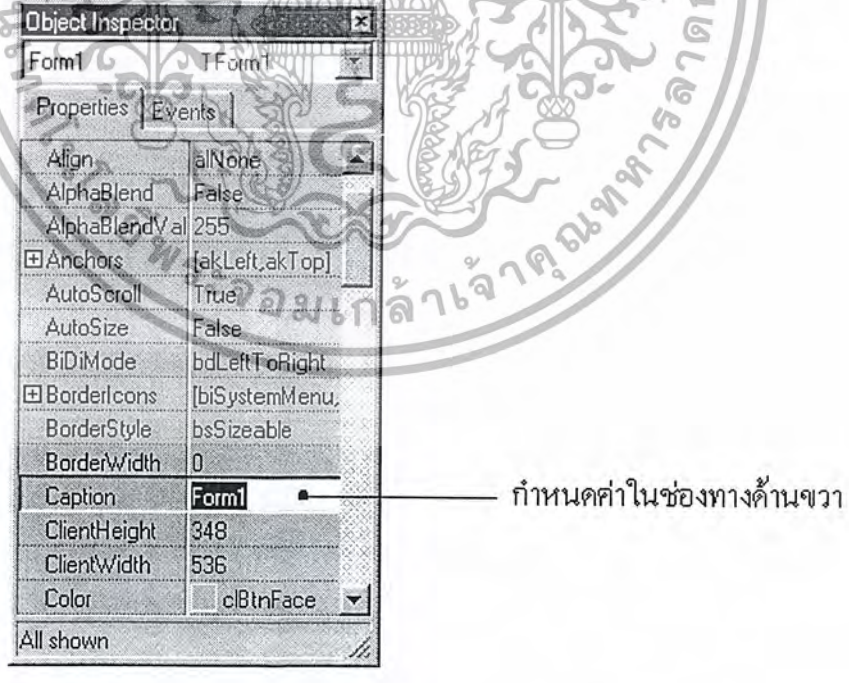
คุณสมบัติ (Property)

เป็นส่วนที่ใช้กำหนดลักษณะของคอมโพเนนท์ที่ต้องการ เช่นคุณสมบัติของฟอนต์ในคอมโพเนนท์ Label จะใช้กำหนดว่าข้อความที่จะปรากฏบนคอมโพเนนท์ จะมีรูปแบบของฟอนต์เป็นอย่างไร

การกำหนดค่าคุณสมบัติในเดลไฟนั้นสามารถทำได้ 2 วิธีดังนี้

1.กำหนดค่าคุณสมบัติขณะออกแบบ

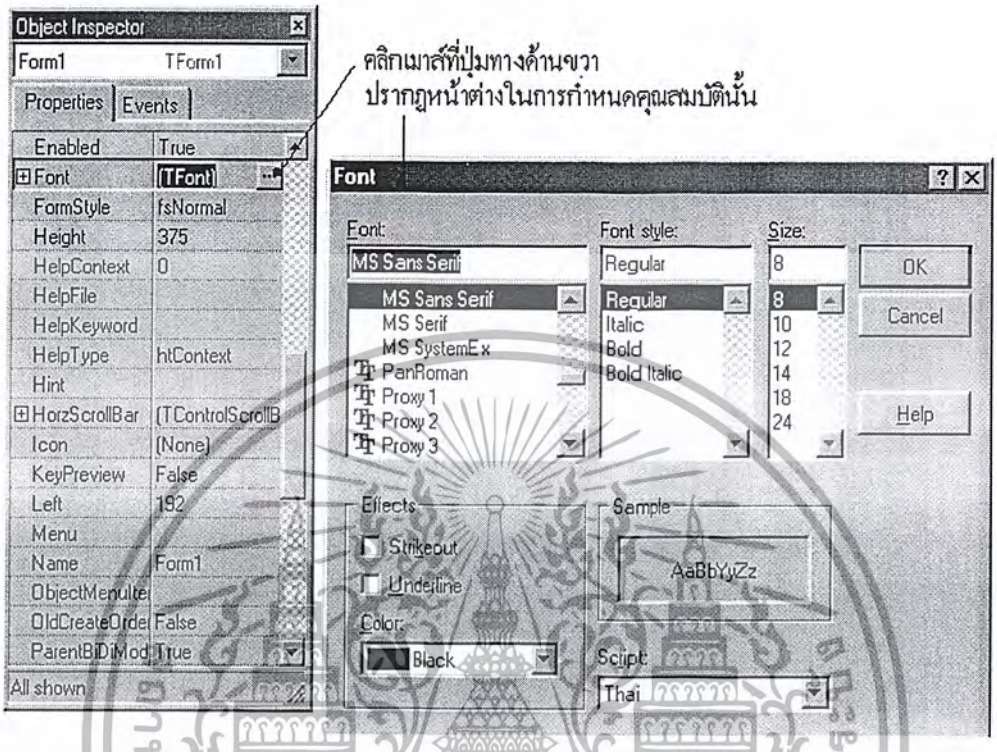
การกำหนดค่าโดยวิธีนี้จะเป็นค่าเริ่มต้นของโปรแกรมโดยสามารถกำหนดผ่านObject Inspectorดังรูป



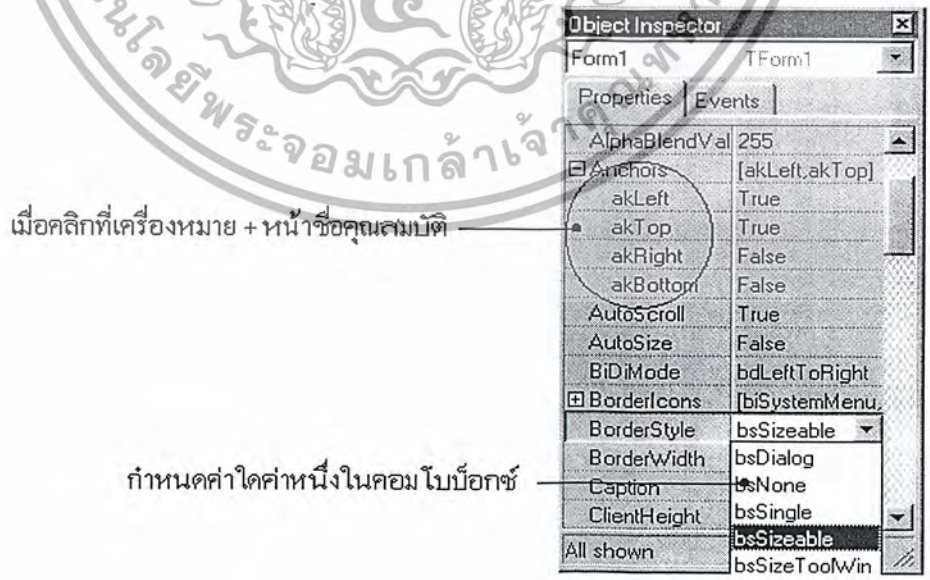
รูปที่ 8 แสดงการกำหนดค่าลงใน คุณสมบัติ(Property)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับบางคุณสมบัติจะมีคอมโบบ็อกซ์ที่เราสามารถเลือกค่าจากรายการที่มีให้ เช่นคุณสมบัติ BorderStyle และบางคุณสมบัติที่มีเครื่องหมาย + นำหน้าอยู่ ให้เราดับเบิ้ลคลิก ที่คุณสมบัตินั้นจะปรากฏรายละเอียดย่อยให้เรากำหนดได้เช่น BorderIcons,Anchors



รูปที่ 9 แสดงการกำหนดค่าลงในคุณสมบัตินอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติอีกประเภทหนึ่งที่สามารถกำหนดคุณสมบัติโดย คลิกที่ปุ่มทางด้านขวาสุด



รูปที่ 10 แสดงการกำหนดค่าลงในคุณสมบัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.กำหนดค่าคุณสมบัติขณะรันแอพพลิเคชั่น

จะใช้ในกรณีที่ต้องการเปลี่ยนแปลงค่าคุณสมบัติในขณะรันแอพพลิเคชั่น โดยที่มีรูปแบบการกำหนดค่าดังนี้

```
[ชื่อคอมโพเนนท์].[ชื่อคุณสมบัติ] := ค่าที่ต้องการกำหนด;
```

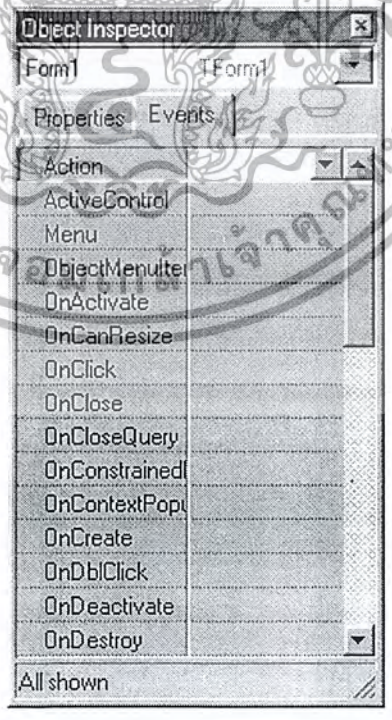
เมดทอด(Method)

เป็นลักษณะของฟังก์ชั่นแบบหนึ่งที่ใช้ประกอบการทำงานของคอมโพเนนท์นั้นๆ ในการเรียกใช้เมดถอดจะสามารถเรียกใช้ขณะรันแอพพลิเคชั่นเท่านั้น รูปแบบการเรียกใช้งานเมดถอดมีดังนี้

```
[ชื่อคอมโพเนนท์ ].[ชื่อเมดถอด]([ค่าพารามิเตอร์ที่ต้องการส่ง])
```

อีเวนต์(Event)

เป็นส่วนของคอมโพเนนท์ ที่ใช้ในการรับการตอบสนองต่อการกระทำอย่างใดอย่างหนึ่ง ที่เกิดขึ้นกับคอมโพเนนท์ เช่น เมื่อทำการคลิกที่คอมโพเนนท์ Button จะเกิดอีเวนต์ OnClick ของคอมโพเนนท์ Button เราสามารถตรวจสอบได้ว่าคอมโพเนนท์นั้นๆมีความสามารถในการเกิดอีเวนต์ใดได้บ้างโดยให้ดูที่แท็บอีเวนต์ของหน้าต่าง Object Inspector



รูปที่ 11 แสดงหน้าต่างอีเวนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้งานคอมโพเนนท์ต่างๆและคุณสมบัติ

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงการใช้งานคอมโพเนนท์ต่างๆและลักษณะพิเศษของคอมโพเนนท์นั้นๆ

1. Edit

เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการรับข้อมูลจากผู้ใช้โปรแกรม และแสดงผลของข้อมูล สามารถรับข้อความได้เพียงครั้งละ 1 บรรทัดเท่านั้น

- คุณสมบัติที่สำคัญของคอมโพเนนท์Edit

Text	ใช้สำหรับเก็บค่าข้อความที่จะใช้แสดงในEdit
AutoSelect	ใช้กำหนดให้ทำการ Highlight ข้อความที่เก็บอยู่ใน Edit เสมอเมื่อมีการ Setfocusไปที่ Edit นั้นๆ
PasswordChar	ใช้สำหรับกำหนดอักษรที่ใช้แทนตัวอักษรที่พิมพ์ลงไป ในกรณีที่เราใช้ Edit เป็นช่องรับ Password

- เมดถอดที่สำคัญของ Edit

Clear	ใช้สำหรับลบข้อความหรือแทนที่คุณสมบัติ Text ด้วย Empty string
ClearSelection	คล้ายเมดถอด Clear แต่จะลบข้อความที่ถูกเลือกเท่านั้น ถ้าไม่มีข้อความที่ถูกเลือกก็จะไม่มีอะไรเกิดขึ้น
SelectAll	ใช้สำหรับเลือกข้อความที่อยู่ใน Edit ทั้งหมด

- อีเวนต์ที่สำคัญของ Edit

OnChange	จะเป็นการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงข้อความใน Edit

2. Label

เป็นคอมโพเนนท์ที่ใช้สำหรับแสดงข้อความบนแอพพลิเคชั่น คอมโพเนนท์ชนิดนี้จะไม่สามารถรับอินพุทต์ ได้โดยตรง

- คุณสมบัติที่สำคัญของ Label

AutoSize	เป็นคุณสมบัติที่ใช้กำหนดค่าความกว้างและความสูงของ Label โดยอัตโนมัติ ถ้าเรากำหนดให้คุณสมบัติ AutoSize เป็น Trueทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนข้อความใน Label จะมีการแก้ไขขนาดของคอมโพเนนท์ Label เองทุกครั้ง
Caption	เป็นคุณสมบัติที่ใช้เก็บค่าข้อความที่ใช้แสดงที่ Label

3. Memo

เป็นคอมโพเนนท์ที่มีลักษณะเหมือน แต่สามารถทำการใส่ข้อความได้มากกว่า 1 บรรทัด ใช้สำหรับแสดงข้อความที่มีความจุจำนวนมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- คุณสมบัติที่สำคัญของเมโม

ส่วนใหญ่จะมีคุณสมบัติที่คล้ายกับEdit มากแต่จะมีคุณสมบัติพิเศษที่แตกต่าง ดังนี้

Lines	ใช้สำหรับป้อนข้อความที่ต้องการแสดงในเมโมโดยจะมี String list editor เป็นเครื่องมือช่วยในการแก้ไข
Scrollbars	ใช้ในการกำหนดว่าจะให้มี Scrollbar ภายในเมโม หรือไม่ ถ้ามีให้อยู่ในรูปแบบใด

4. Button

เป็นคอมโพเนนท์ที่ใช้ในการติดต่อกับผู้ใช้งาน จะมีลักษณะเป็นปุ่มให้คลิก และเมื่อถูกคลิกจะเกิดอีเวนต์ OnClick ขึ้น

- คุณสมบัติที่สำคัญของปุ่ม

Default	เป็นคุณสมบัติที่ใช้กำหนดว่าเมื่อทำการกดปุ่ม Enter ที่คีย์บอร์ดให้เกิดอีเวนต์ OnClick ของปุ่มที่ตั้งค่าคุณสมบัตินี้ หมายถึงกำหนดให้ปุ่มนี้เป็น Default นั่นเอง
	จะเป็นคุณสมบัติที่บอกว่าถ้ากดคีย์ ที่คีย์บอร์ดให้ทำคำสั่งของปุ่มนี้
Cancel	เป็นคุณสมบัติที่ใช้แสดงข้อความที่ปรากฏบนปุ่ม
Caption	

- อีเวนต์ที่สำคัญของปุ่ม

OnClick	จะเกิดอีเวนต์นี้เมื่อมีการคลิกบนปุ่ม
OnEnter	จะเกิดเมื่อมีการ Setfocus ที่ปุ่มนี้ หรือใช้คีย์ Tab เลื่อนมาถึงปุ่มนี้
OnExit	ถ้าเดิมมีการโฟกัสที่ปุ่มนี้แล้วเลื่อนโฟกัสไปยังคอมโพเนนท์อื่นจะเกิดอีเวนต์นี้ขึ้น

5. Radio Button

เป็นคอมโพเนนท์ที่ใช้สำหรับสร้างระบบติดต่อผู้ใช้ โดยเป็นการให้ผู้ใช้สามารถเลือกตัวเลือกได้ครั้งละตัวที่มีอยู่ในกลุ่มเดียวกัน เช่น อยู่ใน Form,Group

- คุณสมบัติที่สำคัญของ Radio Button

Checked	จะเป็นคุณสมบัติที่ใช้เก็บค่าสถานะของRadio Button เมื่อคุณสมบัตินี้ถูกกำหนดให้เป็น True

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

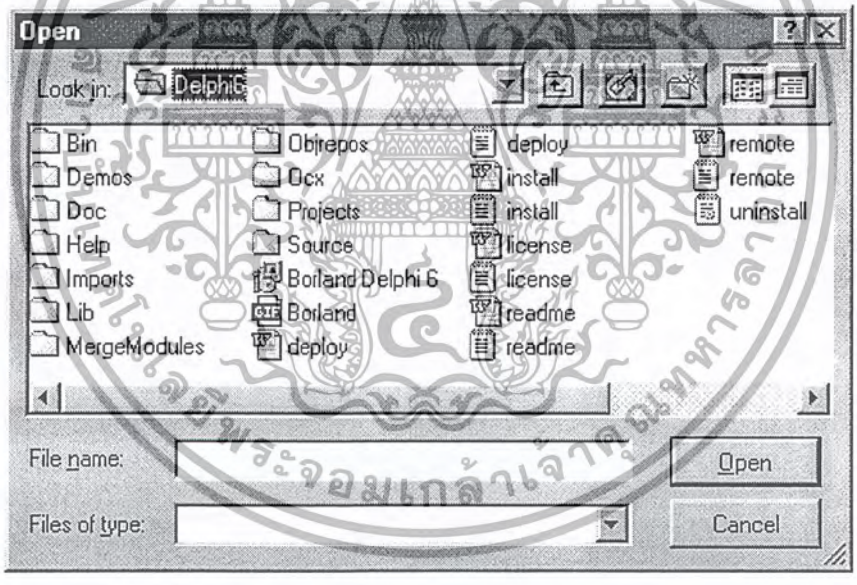
ไดอะล็อกประเภทต่างๆ

ในเดลไฟมีคอมโพเนนท์ ไดอะล็อกมาตรฐานที่ยอมให้เรียกใช้ได้ในหลายๆสถานะการณ์ เช่นการเปิดแฟ้มข้อมูล,การบันทึกข้อมูล ซึ่งคอมโพเนนท์เหล่านี้จะอยู่ในแท็บ Dialog ซึ่งแสดงได้ดังรูป

รูปที่ 12 แสดงแท็บ Dialog

1.OpenDialog

เป็นไดอะล็อกสำหรับใช้สำหรับเลือกไฟล์โดยที่จะแสดงรายชื่อไฟล์และโฟลเดอร์ ดังรูป



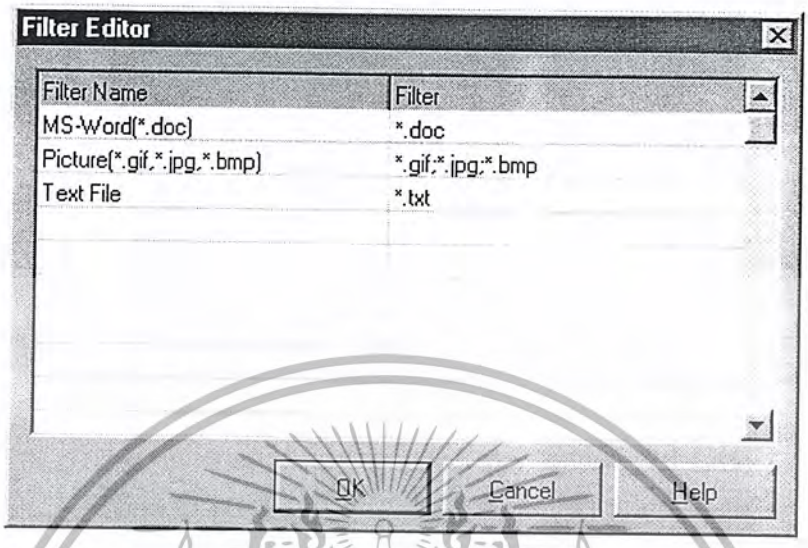
รูป 13 แสดงOpenDialog

การเรียกใช้งาน OpenDialog ได้จากเมดถอด Execute ซึ่งมีลักษณะเป็นฟังก์ชั่น คือจะมีค่าส่งกลับมา โดยค่าที่ส่งกลับมาจะมีชนิดของข้อมูลเป็น Boolean คือจะมีค่า True เมื่อคลิกที่ปุ่ม Open และจะส่งค่า False เมื่อคลิกที่ปุ่ม Cancel

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การกำหนด Filter ให้กับ OpenDialog

เราสามารถกำหนดชนิดของไฟล์ ที่เราต้องการให้ปรากฏในไดอะล็อกได้ด้วยคุณสมบัติ Filter โดยที่จะมีเครื่องมือที่ใช้ในการใส่รายละเอียด Filter คือ Filte Editorโดยมีลักษณะดังต่อไปนี้

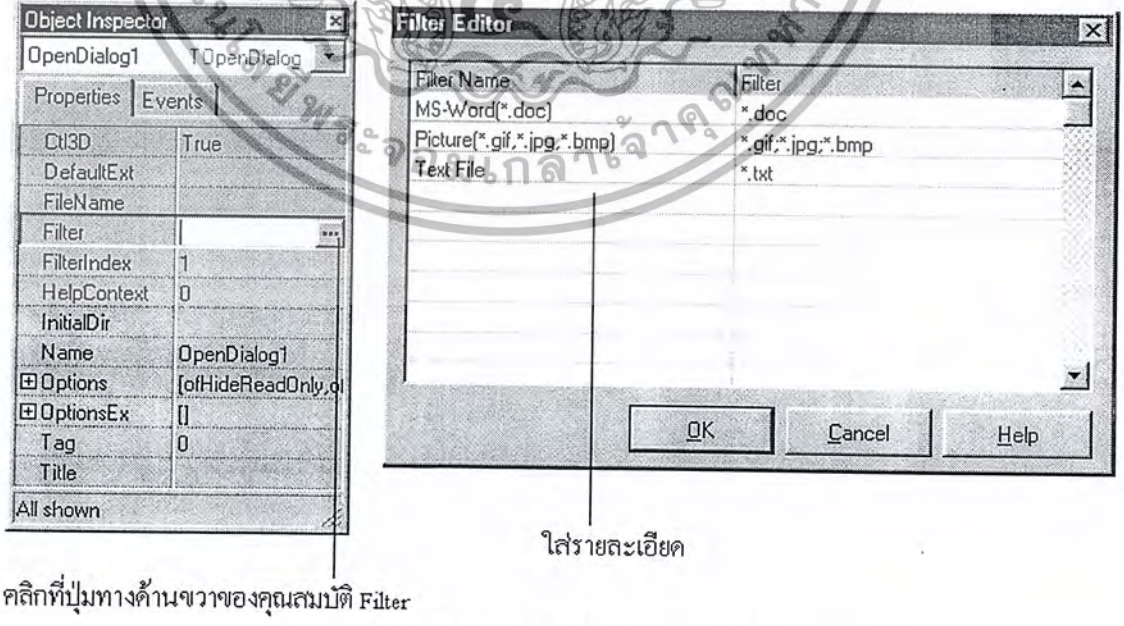


รูปที่ 14 แสดงการกำหนด Filter ของ OpenDialog

Filter Editor จะประกอบไปด้วย 2 คอลัมน์ คือ

Filter Name ข้อความที่ใช้แสดงในคอมโบบ็อกซ์ของหน้าต่าง OpenDialog

Filter จะเป็นชนิดของไฟล์ที่ต้องการแสดงใน OpenDialog ซึ่งในกรณีที่เราต้องการ กำหนด Filter Name ที่มีหลายๆชนิดให้ใช้เครื่องหมาย ; คั่นระหว่างลักษณะต่างๆ



รูปที่ 15 แสดงการกำหนดFilter หลายชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- คุณสมบัติที่สำคัญของ OpenDialog

FileName เป็นคุณสมบัติที่เก็บชื่อไฟล์ และโฟลเดอร์ไว้

File เป็นคุณสมบัติที่เก็บชื่อไฟล์ และโฟล์เดอร์ใช้ในกรณีเลือกหลายๆไฟล์พร้อมกัน

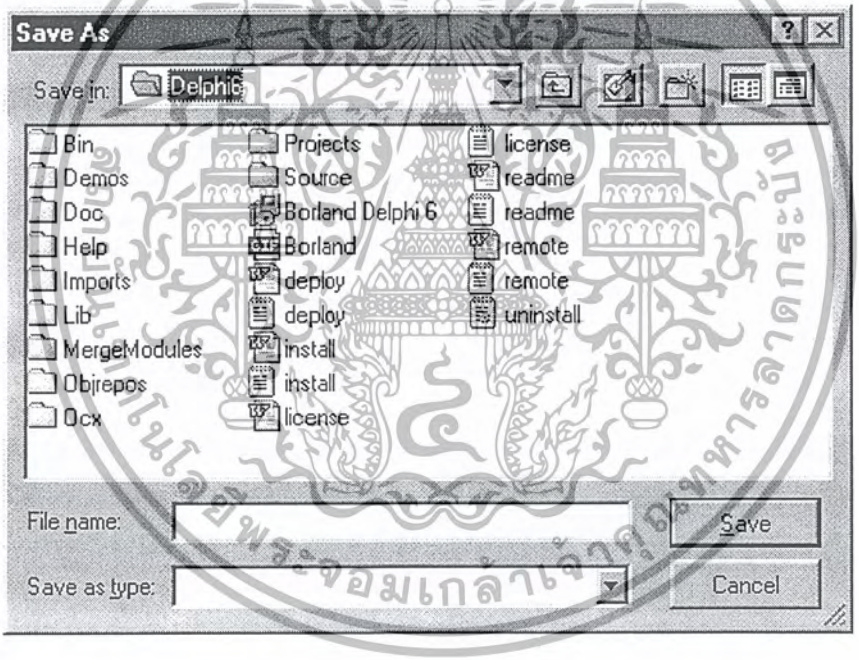
ใช้ในการกรองชื่อไฟล์ที่จะแสดงใน OpenDialog

Filter ใช้สำหรับกำหนดว่าจะใช้ Filter ตัวใดเป็น Default

FilterIndex

2.SaveDialog

เป็นหน้าต่างที่ใช้ในกรณีที่ต้องการบันทึกไฟล์ การเรียกใช้เรียกจากเมดถอด Execute สำหรับคุณสมบัติและเมดถอดที่สำคัญของคอมโพเนนท์นี้จะคล้ายกับคอมโพเนนท์ OpenDialog

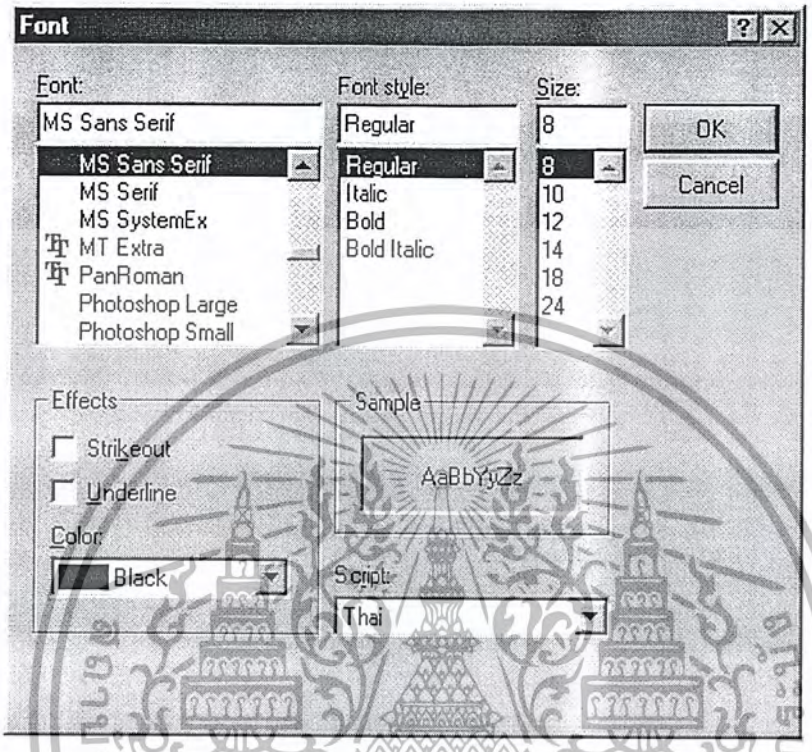


รูปที่ 16 แสดงSaveDialog

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.FontDialog

เป็นคอมโพเนนท์ที่ทำหน้าที่กำหนดรูปแบบ(ขนาด,สี,หนา-เอียง,ขีดเส้นใต้ ฯลฯ) และเลือกฟอนต์ที่ต้องการมาใช้งาน



รูปที่ 17 แสดงFontDialog

การเรียกใช้งานFontDialogนี้เรียกได้จากเมดถอด Excute โดยเมดถอดนี้จะรีเทิร์นค่าเป็นTrue ถ้าคลิกปุ่ม OK หรือรีเทิร์นค่าเป็น False ถ้าคลิกปุ่ม Cancel

โดยคุณสมบัติที่สำคัญของ FontDialog ได้แก่ Font เป็นคุณสมบัติที่เก็บรายละเอียดต่างๆของฟอนต์ที่ได้เลือกแล้ว

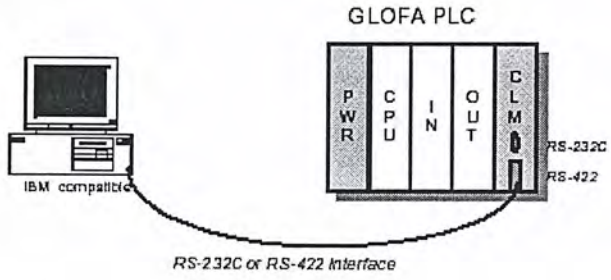
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง.

การติดต่อสื่อสารระหว่างPLCและคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การติดต่อสื่อสารระหว่างPLCกับคอมพิวเตอร์เป็นการสื่อสารผ่านทางพอร์ตอนุกรมแบบอะซิงโครนัส



รูปที่ 1 การติดต่อสื่อสารระหว่าง PLC กับคอมพิวเตอร์

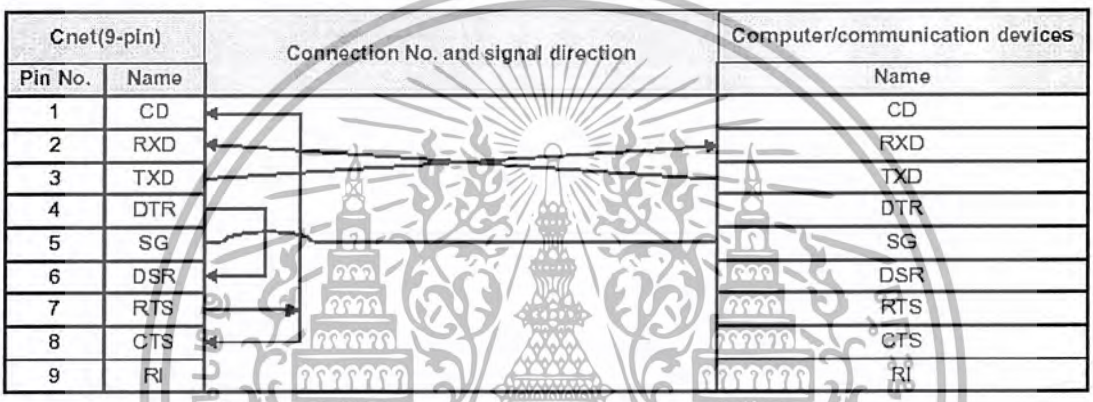
ในภาคของการส่งข้อมูล การติดต่อสื่อสารจากคอมพิวเตอร์จะทำผ่านทางโปรแกรมสำเร็จรูปซึ่งเขียนจากภาษาเดลไฟ โดยข้อมูลจะถูกส่งออกจากพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ผ่านสาย RS-232 ไปยังโมดูลสื่อสาร(Communicate Module)ของ PLC ซึ่งทำหน้าที่รับข้อมูล โมดูลสื่อสารจะทำการตรวจสอบข้อมูลก่อนส่งคำสั่งไปยังโมดูลประมวลผล(CPU) ของPLCให้เขียนหรืออ่านค่าจากตัวแปรต่างๆในPLC ส่วนในการภาคการรับค่า หลังจากที่โมดูลประมวลผลของPLCทำงานตามคำสั่งแล้วก็จะส่งผลลัพธ์หรือผลตอบสนองมายังโมดูลสื่อสาร ข้อมูลจะถูกส่งกลับมาผ่านทางสาย RS-232 กลับมายังพอร์ตอนุกรม และรอการอ่านค่าจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งการรับและส่งค่าจะเป็นไปตามรูปที่ 2

รูปที่ 2 แผงภาพการสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์กับPLC

การสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์กับPLCไม่สามรถต่อสายและสื่อสารได้ทันที การสื่อสารจำเป็นต้องมีการตั้งค่าต่างๆ เพื่อทำให้คอมพิวเตอร์รวมทั้งการต่อสายต้องเป็นไปตามคู่มืออย่างถูกต้อง ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ตั้งวิธีการส่งและรับข้อมูลจากโรเตทติงสวิตช์ ซึ่งอยู่หน้าโมดูลสื่อสาร(โดยในที่นี้การสื่อสารจะทำการส่งค่าเป็นเฟรมผ่านทางโปรแกรมที่เขียนจากภาษาเคลไฟอ้างอิงไปยังตัวแปรต่างๆ ดังนั้นหมุนสวิตช์ไปยังหมายเลข "1" ซึ่งเป็นโหมดการทำงานแบบ Dedicated comunicatetion)
- การตั้งค่าตัวแปรเบื้องต้น ด้านความเร็วในการส่ง(Baud rate), จำนวนบิตของข้อมูล(Data bit), บิตเริ่มต้นและหยุด(Start bit and Stop bit), พาริตี้(Parity),โหมดการทำงานของRS-232(Channel mode RS-232)พอร์ตคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการสื่อสารและ ตำแหน่งของโมดูลสื่อสารของPLC (Station No.)ให้ตรงกันระหว่างคอมพิวเตอร์กับPLC โดยการตั้งค่าของทางPLCจะทำผ่านทางโปรแกรมที่ติดมากับPLC(PLC ของ LG ใช้ Cnet Editer 2.0 ทำการส่งค่าต่างๆไปเก็บในPLC) ส่วนทางคอมพิวเตอร์จะทำผ่านทางโปรแกรมที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารกับPLC
- การสื่อสารผ่านทางสายRS-232 จะมีลักษณะมีการต่อสายตามคู่มือ ดังรูปที่ 3



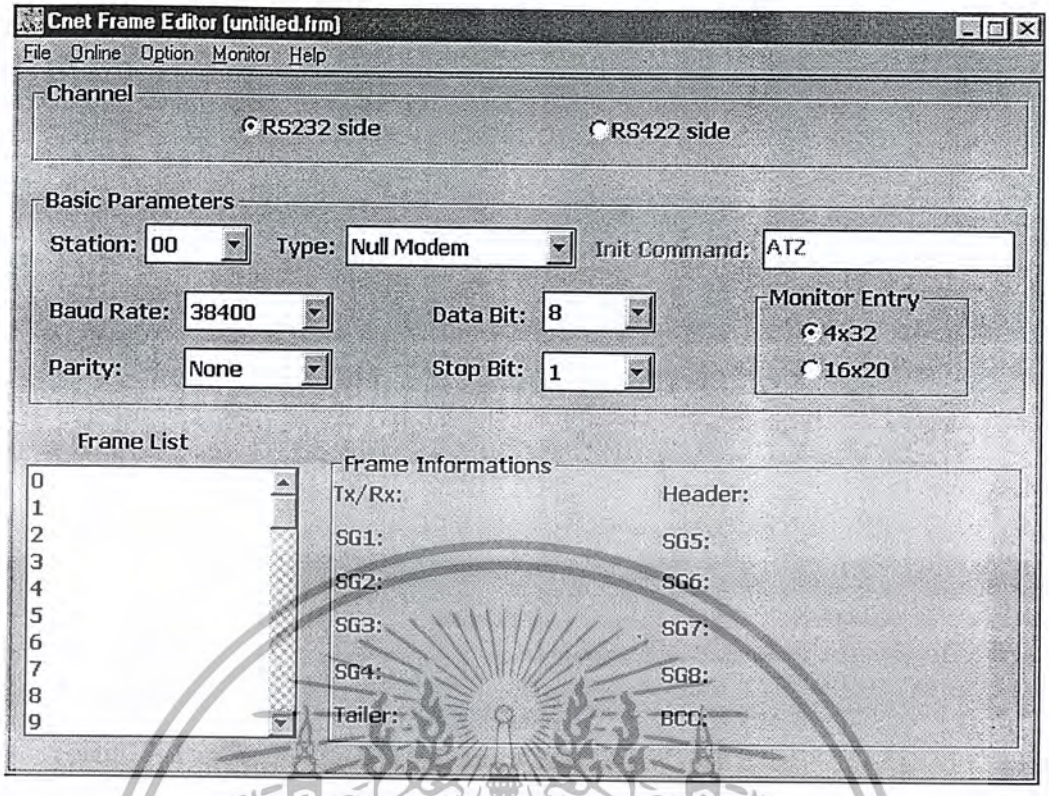
รูปที่ 3 การต่อสายระหว่างโมดูลสื่อสารกับคอมพิวเตอร์

การตั้งค่าโปรแกรมเบื้องต้นของโมดูลสื่อสารของPLC

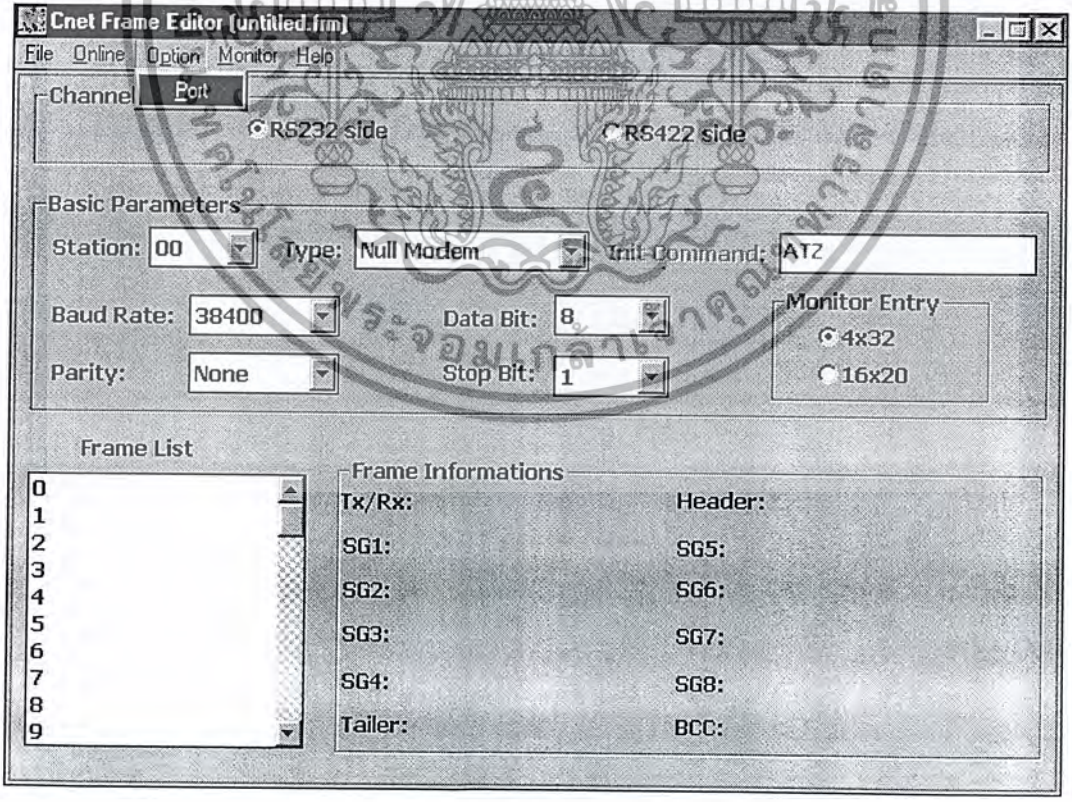
การตั้งค่าเบื้องต้นของ PLC ของ LG รุ่น Master-K สามารถทำผ่านทางโปรแกรม Cnet Editer 2.0 ซึ่งการอัพโหลดข้อมูลจะทำผ่านทางสาย RS-232 ที่เชื่อมต่อระหว่าง PC กับ โมดูลประมวลผล(CPU)ของ PLC โดยจะมีขั้นตอนการใช้งานตามลำดับ ดังต่อไปนี้

- ทำการเปิดโปรแกรม Cnet Editer 2.0 ซึ่งจะมีลักษณะดังรูปที่ 4 หลังจากนั้นให้เลือกพอร์ตที่ใช้ในการอัพโหลดข้อมูลที่ Option>Port(พอร์ตที่ใช้คือพอร์ตที่ต่อสายไปยังโมดูลประมวลผลของ PLC และจะต้องตัดการติดต่อของโปรแกรม KGL-WIN ให้เรียบร้อย) คลิกเลือก Online> Connect เพื่อทำการเปิดพอร์ตที่ใช้ในการสื่อสาร ถ้าการติดต่อสำเร็จจะขึ้นข้อความ ดังรูปที่ 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

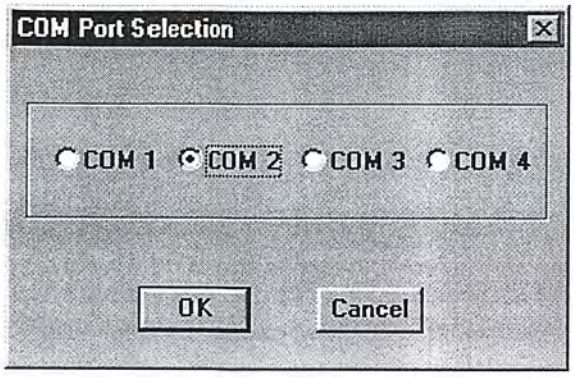


รูปที่ 4 อินเตอร์เฟสของโปรแกรม Cnet Editer 2.0

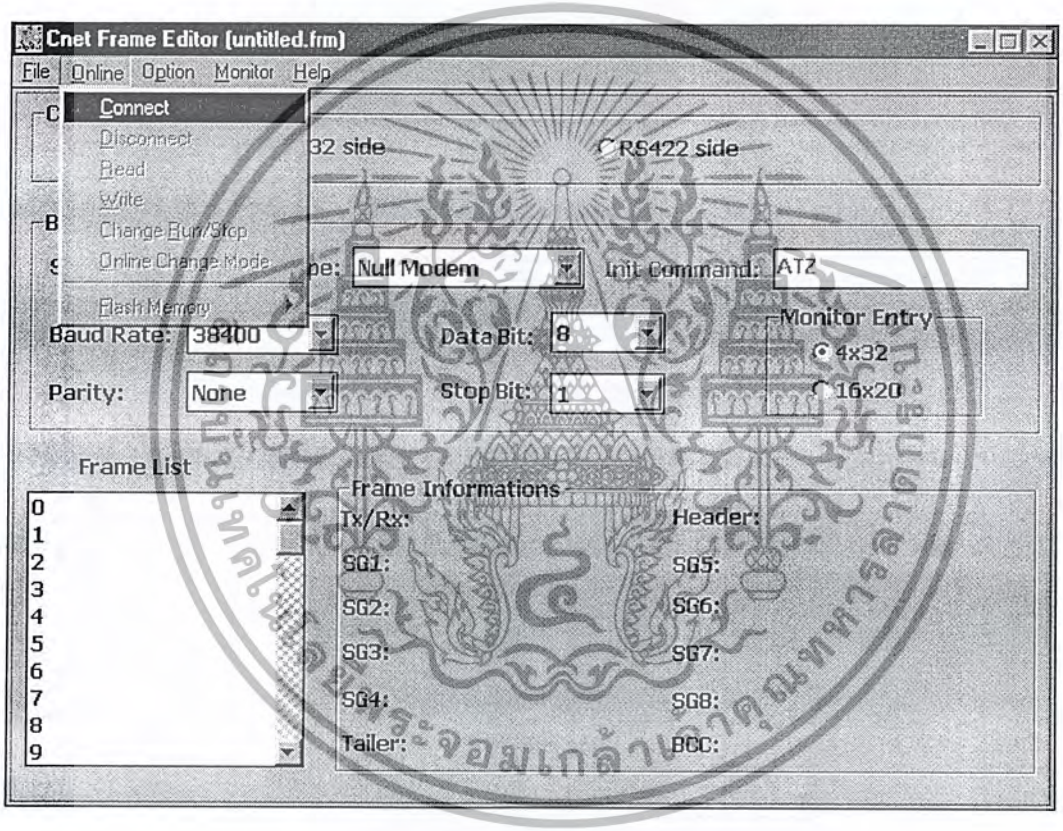


รูปที่ 5 ทำการกำหนดพอร์ตที่ Option>Port

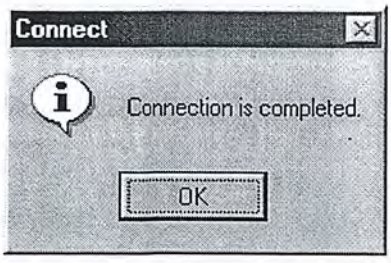
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6 เลือกพอร์ตที่ต่อกับโมดูลประมวลผล



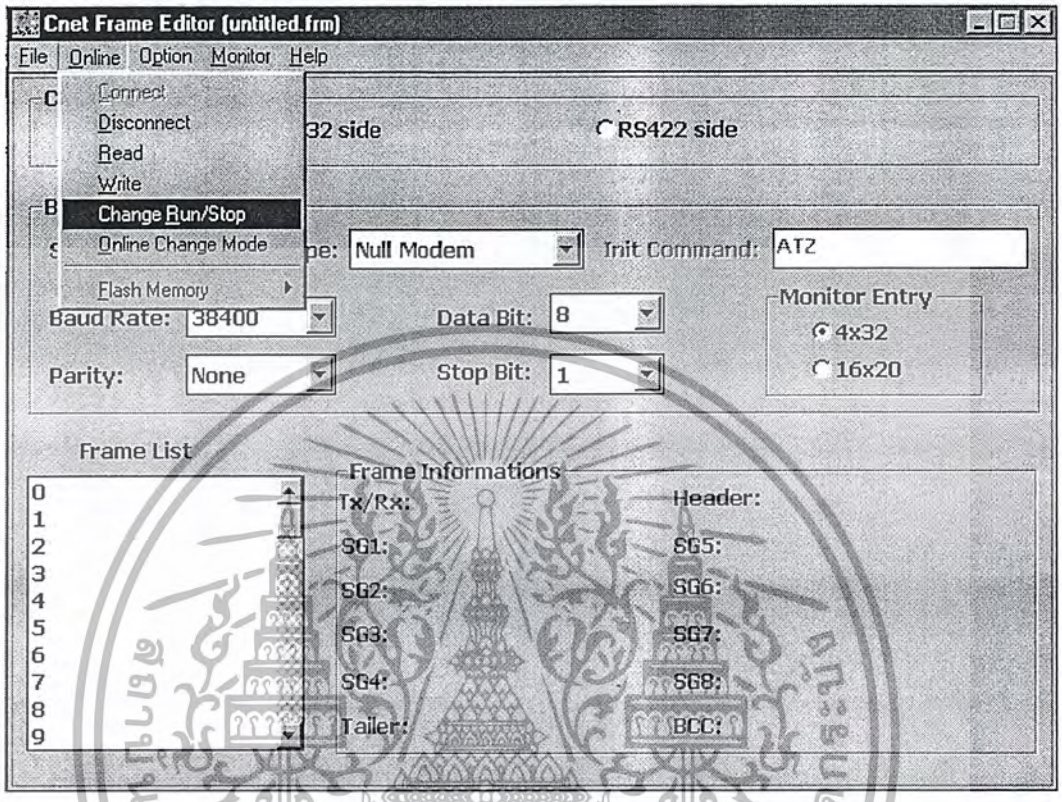
รูปที่ 7 ทำการติดต่อที่ Online>Connect



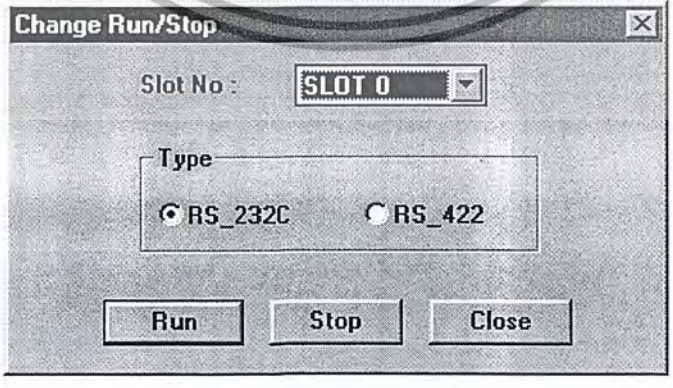
รูปที่ 8 หน้าต่างแสดงว่าการติดต่อสำเร็จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- จากนั้นให้เลือก Online>Change Run/Stop โดยเช็คหมายเลขสล็อตให้ถูกต้องแล้วเลือก Stop



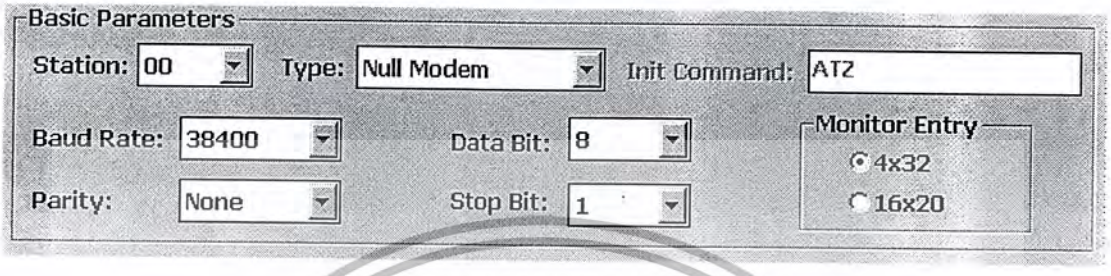
รูปที่ 9 เลือกโหมดสล็อตที่ Online>Change Run/stop



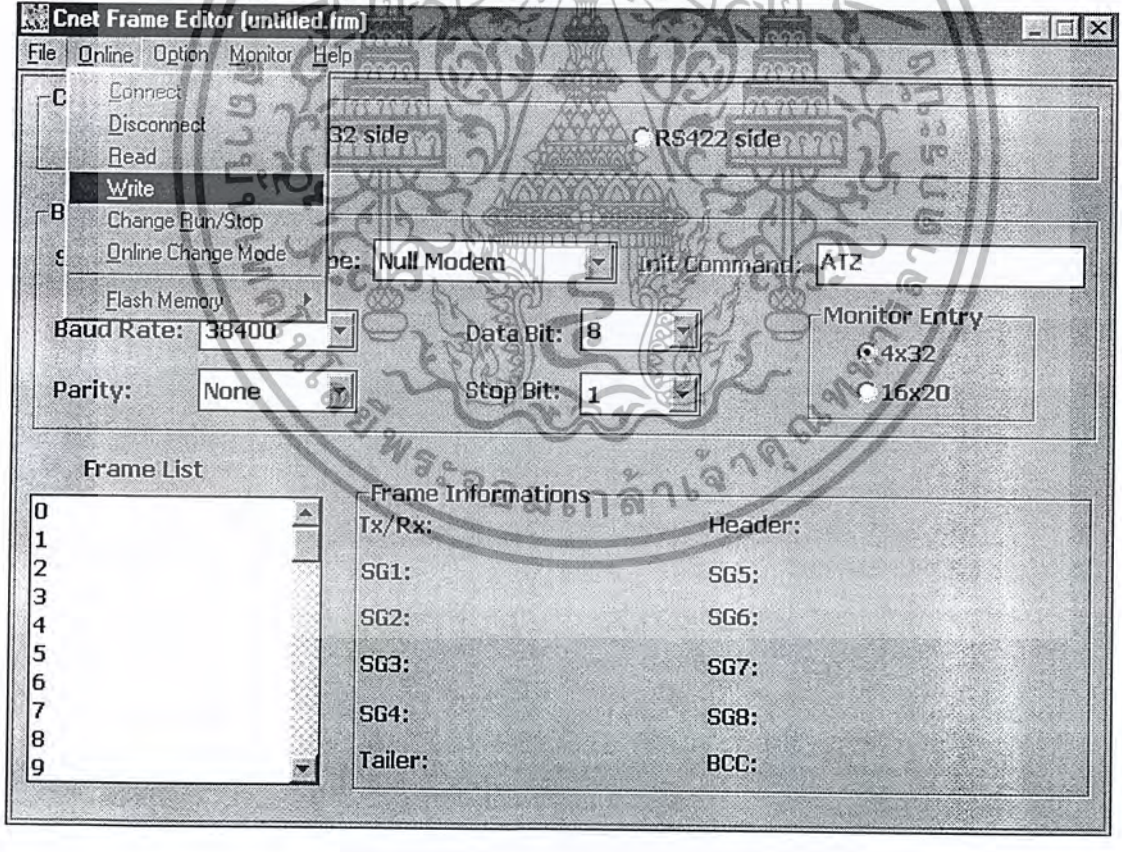
รูปที่ 10 เลือกสล็อตที่ทำการติดตั้งโมดูลสื่อสารและสายเชื่อมต่อที่ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- จากนั้นทำการเปลี่ยนค่าต่างๆในส่วนของ Basic Parameters (ซึ่งถ้าต้องการให้ตรงกับโปรแกรมภาษาเดลไฟ ต้องใช้ค่า station:0, Type: null modem, Baudrated: 38400, Data Bit:8,Parity:None และ Stop bit:1) หลังจากนั้นเข้าไปที่ Online>Write เพื่อทำการตั้งค่าในการติดต่อให้กับ Cnet Module

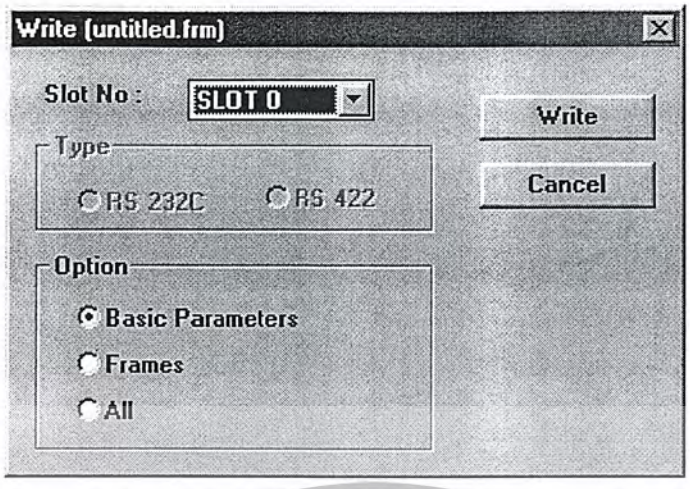


รูปที่ 11 ตั้งค่าตัวแปรเบื้องต้นต่างๆ

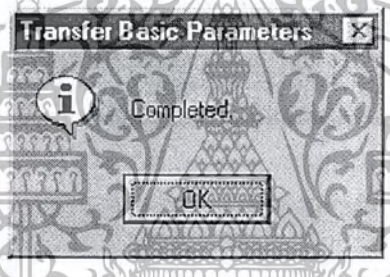


รูปที่ 12 ทำการเขียนค่าให้กับPLCที่ Online>Write

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

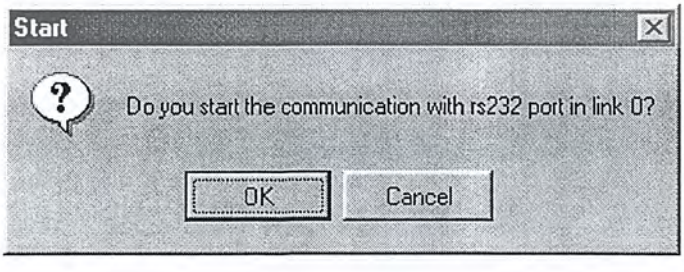


รูปที่ 13 เลือกสล็อตที่ติดตั้งโมดูลสื่อสาร และ เลือก Basic Parameters



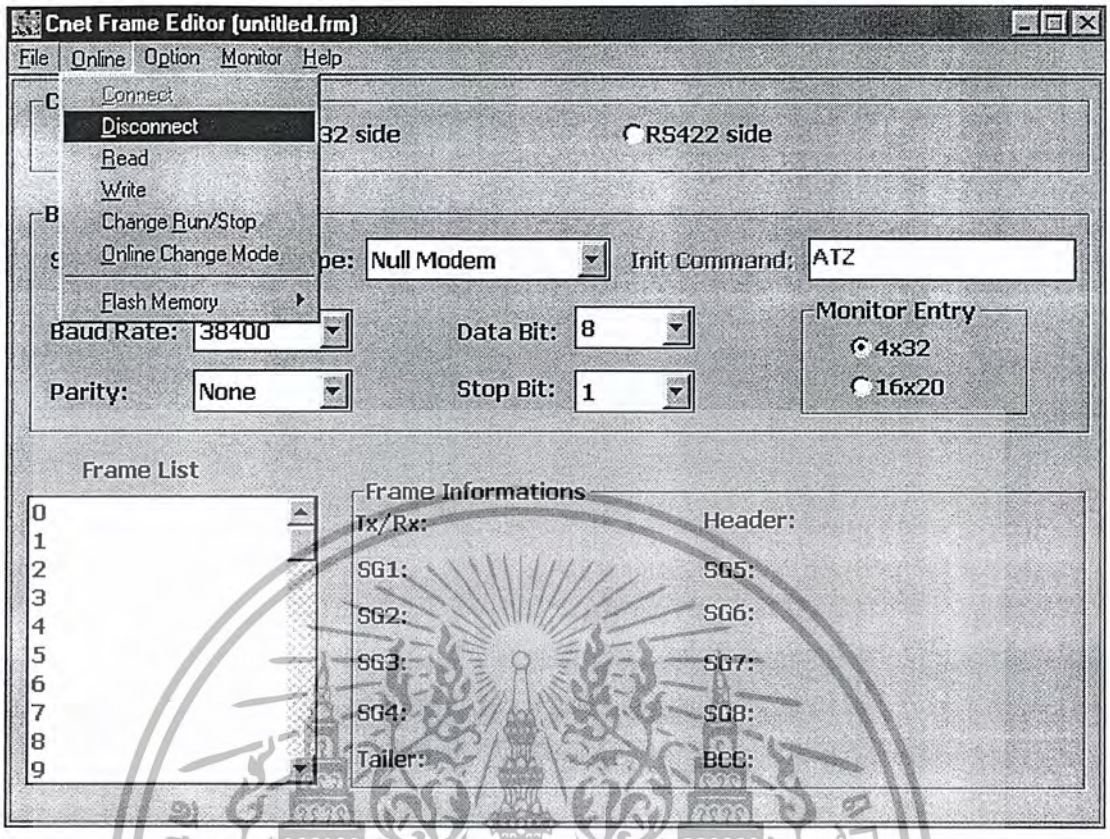
รูปที่ 14 หน้าต่างแสดงการเขียนค่าสำเร็จ

- สุดท้ายให้กลับมาที่ Online>Change Run/Stop แล้วเลือก Run เพื่อเปิดการทำงาน แล้วเลือก Online>Disconnect ตัดการติดต่อ และปิดโปรแกรม Cnet Editer 2.0



รูปที่ 15 หน้าต่างขืนยันการเปลี่ยนโหมดเป็นRun

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 16 การตัดการติดต่อที่ Online>Disconnect

รูปที่ 17 หน้าต่างแสดงการตัดการติดต่อสำเร็จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะเฟรมข้อมูลที่ใช้ในการสื่อสาร

ลักษณะข้อมูลที่ใช้ในการสื่อสารจะแตกต่างไปตามชนิดและบริษัทที่ผลิต PLC โดยPLC ของ LG จะมีลักษณะการส่งและรับข้อมูลแบบเป็นเฟรม ดังรูปที่ 18

(1) Request frame(external communication devices→Cnet module)
(Max. 256 Bytes)

Header (ENQ)	Station No.	Command	Type of command	Structurized data area	Tail (EOT)	Frame check(BCC)

(2) ACK response frame(Cnet module→external communication devices, when data is normally received)
(Max. 256 Bytes)

Header (ENQ)	Station No.	Command	Type of command	Structurized data area or null	Tail (ETX)	Frame check(BCC)

(3) NAK response frame(Cnet module→external communication devices, when data is abnormally received)
(Max. 256 Bytes)

Header (NAK)	Station No.	Command	Type of command	Error code(ASCII 4 Bytes)	Tail (ETX)	Frame check(BCC)

รูปที่ 18 โครงสร้างของเฟรมแบบต่างๆ

โครงสร้างของเฟรมประกอบไปด้วย

- ส่วนหัวของเฟรม(Header)และส่วนท้ายของเฟรม บ่งบอกชนิดของเฟรมว่าเป็นเฟรมส่งหรือรับ ซึ่งความหมายของรหัสจะเป็นไปตาม ตารางที่ 1

ตารางที่ 1 รหัสและความหมายของส่วนหัวของเฟรม(Header)และส่วนท้ายของเฟรม

รหัส	รหัสแอสกี้	ชื่อรหัสเต็ม	ความหมาย
ENQ(Header)	H05	Enquire	Start code of request frame
ACK(Header)	H06	Acknowledge	Start code of ACK reponse frame
NAK(Header)	H15	Not acknowledge	Start code of NAK reponse frame
EOT(Tail)	H04	End of text	End ASCII code of request frame
ETX(Tail)	H03	End text	End ASCII code reponse frame

- ตำแหน่งของโมดูลสื่อสารในชุดPLC (Station Number) ตำแหน่งที่ติดตั้งโมดูลสื่อสารสามารถติดตั้งที่สล็อตใดก็ได้ โดยวิธีการนับจะเริ่มนับจากโมดูลถัดมาจากโมดูลประมวลผลของPLCมาทางขวาเป็นตำแหน่งสล็อตที่ “0”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- คำสั่ง(Command)และชนิดของคำสั่ง(Command Type) คำสั่งที่ใช้ในโปรเจ็คนี้ใช้อยู่ 2 แบบ คือ คำสั่งอ่านค่าและเขียนค่าอ้างอิงจากตำแหน่งตัวแปรในPLC โดยคำสั่งจะมีลักษณะดังในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 รหัสและความหมายของคำสั่งและชนิดของคำสั่ง

คำสั่ง						ความหมาย
คำสั่งหลัก				ชนิดของคำสั่ง		
สัญลักษณ์			รหัสแอสกี้	สัญลักษณ์	รหัสแอสกี้	
การอ่านค่าตัวแปรโดยตรง	การอ่านรายตัว	R (r)	H52 (72)	SS	5353	อ่านค่าตัวแปรชนิด bit, byte ,word ,dword และ lwordโดยตรง
การเขียนค่าตัวแปรโดยตรง	การเขียนรายตัว	W (w)	H57 (77)	SS	5353	เขียนค่าตัวแปรชนิด bit, byte ,word ,dword และ lwordโดยตรง

- พื้นที่ของข้อมูล (structurized data area)

ในส่วนนี้จะมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับคำสั่งและส่วนหัวของเฟรม

- กรณีเป็นเฟรมการอ่านข้อมูล

ตารางที่ 3 เฟรมส่งในการอ่านข้อมูล

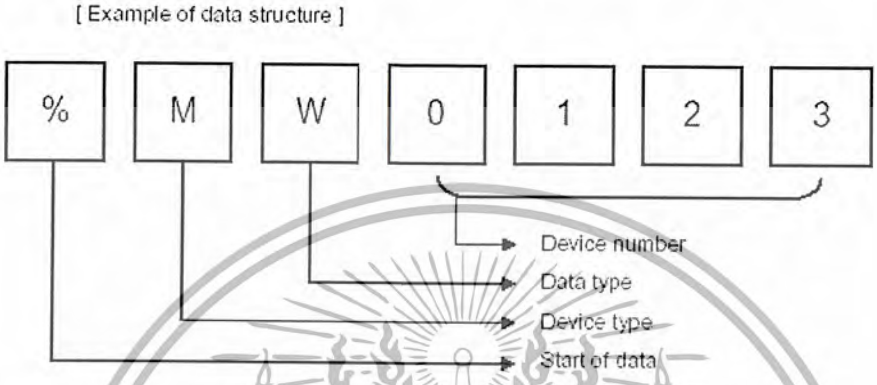
Format name	Header	Station No.	Command	Command type	Number of blocks	Variable length	Variable name	.....	Tail	Fame check
Frame (Ex.)	ENQ	H20 [1]	R(r)	SS	H01	H06	%MW100		EOT	BCC
ASCII value	H05	H3230	H52 (72)	H5353	H3031	H3036	H254D573 I303 0		H04	

ตารางที่ 4 เฟรมตอบสนองจากการอ่านข้อมูล

Format name	Header	Stati-on No.	Command	Comma-nd type	Number of blocks	Variable length	Data	.....	Tail	Fame check
Frame (Ex.)	ACK	H20	R(r)	SS	H01	H02	HA9F3		ETX	BCC
ASCII value	H06	H3230	H52(72)	H5353	H3031	H3032	H41394633		H04	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะมีส่วนประกอบแยกย่อยออกเป็น 4 ส่วนตามรูปที่ 19 คือ จำนวนบล็อกของตัวแปร (Number of block) โดย 1 บล็อกจะประกอบไปด้วยส่วนของความยาวของชื่อตัวแปร และชื่อตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันอย่างละ 1 ค่า, ความยาวของชื่อตัวแปร(Variable length)คือจำนวนของอักขระทั้งหมดในชื่อตัวแปร, ชื่อตัวแปร(Variable name) และข้อมูลที่อ่านมาได้ โดยต้องสัมพันธ์กับชนิดของตัวแปรและลักษณะที่อ้างถึง ในส่วนชื่อตัวแปรประกอบด้วยอักขระที่มีความหมายต่างๆแตกต่างกันตามตำแหน่ง ดังรูป



รูปที่ 19 ส่วนประกอบของพื้นที่ข้อมูลของเฟรม

- ตำแหน่งแรกเป็นสัญลักษณ์ "%" เสมอ
- ชนิดของตัวแปร เช่น M(รีเลย์ช่วย), D(รีจีสเตอร์ข้อมูล) เป็นต้น

ตารางที่ 5 ชนิดของตัวแปรต่างๆของPLC

Device type	Device range	Remark
P (I/O relay)	%PW0000 ~ %PW0031 (32 words) %PX0000 ~ %PX031F (32 × 16 bits)	Read / Write
M (auxiliary relay)	%MW0000 ~ %MW0191 (192 words) %MX0000 ~ %MX191F (192 × 16 bits)	Read / Write
K (keep relay)	%KW0000 ~ %KW0031 (32 words) %KX0000 ~ %KX031F (32 × 16 bits)	Read / Write
L (link relay)	%LW0000 ~ %LW0063 (64 words) %LX0000 ~ %LX063F (64 × 16 bits)	Read / Write
F (special relay)	%FW0000 ~ %FW0063 (64 words) %FX0000 ~ %FX063F (64 × 16 bits)	Read
T (timer contact relay)	%TX0000 ~ %TX0255 (256 bits)	Read / Write
T (timer elapsed value)	%TW0000 ~ %TW0255 (256 words)	Read / Write
C (counter contact relay)	%CX0000 ~ %CX0255 (256 bits)	Read / Write
C (counter elapsed value)	%CW0000 ~ %CW0256 (256 words)	Read / Write
S (step controller)	%SW0000 ~ %SW0099 (100 sets)	Read / Write
D (data register)	%DW0000 ~ %DW4999 (5000 words)	Read / Write

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6 ตัวอย่างสัญลักษณ์ชนิดของลักษณะตัวแปร

Symbol	Data type	Examples
X (h58)	bit	%mx0003, %PX001C, %TX0002
W (h57)	word	%mw0003, %PW0012, %CW0120

- ลักษณะที่อ้างถึง ตามตารางที่ 6 เช่น X(ข้อมูลแบบบิต), W(ข้อมูลแบบ word) เป็นต้น
- หมายเลขของตัวแปรที่อ้างถึง

- กรณีเป็นเฟรมการเขียนข้อมูล ก็จะมีลักษณะคำสั่งคล้ายๆกัน แต่จะแตกต่างกันในการจะวางคำสั่งต่างๆ

ตารางที่ 7 เฟรมส่งในการเขียนข้อมูล

Format name	Headr	Statin No.	Command	Command type	Number of blocks	Variable length	Variable name	Data	.....	Tail	Frame check
Frame (Ex.)	ENQ	H20	W(w)	SS	H01	H06	%MW100	H00E2		EOT	BCC
ASCII value	H05	H3230	H57 (77)	H5354	H3031	H3036	H254D57 313030	H3030 4532		H04	

ตารางที่ 8 เฟรมตอบสนองจากการเขียนข้อมูล

Format name	Header	Station No.	Command	Command type	Tail	Frame check
Frame(Ex.)	ACK	H20	W(w)	SS	ETX	BCC
ASCII value	H06	H3230	H57(77)	H5353	H03	

- กรณีที่เกิดการความผิดพลาดของการเขียนและอ่านข้อมูล
จะมีเพียงส่วนรายงานความผิดพลาด ซึ่งอยู่ในรูปรหัสความผิดพลาดในรูปเลขฐานสิบหกขนาด 2 ไบต์

ตารางที่ 9 เฟรมตอบสนองรายงานความผิดพลาดในการอ่านข้อมูล

Format name	Header	Station No.	Command	Command type	Error code (Hex 2 Byte)	Tail	Frame check
Frame(Ex.)	NAK	H20	R(r)	SS	H1132	ETX	BCC
ASCII value	H15	H3230	H52(72)	H5353	H31313332	H03	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] CIE. " Photometry of Indoor Type Luminares with Tabular Fluorescent Lamps. " , CIE Publication No. 24, 1973

[2] CIE. " Photometry of Luminares for Street Lighting. ", CIE Publication No. 27, (TC-2.4), 1973

[3] CIE. " Photometry of Floodlight." , CIE Publication No. 43, (TC-2.4), 1979

[4] CIE. "The Measurement of Absolute Luminous Intensity Distribution." , CIE Publication No.70, 1987

[5] รศ. ศุลี บรรจงจิตร. "วิศวกรรมการส่องสว่าง". บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน), 2537

[6] ไชยะ แช่มช้อย. "พื้นฐานวิศวกรรมการส่องสว่าง". บริษัท เอ็มแอนด์อี จำกัด, 2544

[7] 36 เรื่องน่ารู้เทคนิคไฟฟ้า ชุดที่4. "ระบบไฟส่องสว่าง". เอ็มแอนด์อี, 2542.

[8] สัจจะ จรัสรุ่งรวีวร, จักรพงษ์ สุขประเสริฐ. " เริ่มต้นอย่างมืออาชีพด้วย Delphi 5.0 ฉบับสมบูรณ์". อินโฟเพรส, 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นายกฤษณ์ สุทธิพงศ์คณาสัย

คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

149/269 หมู่ 13 ตำบลอ้อมน้อย อำเภอกระทุ่มแบน จังหวัดสมุทรสาคร 74130

เบอร์โทร : (02)3270498, (01)6587022

นายกานต์ ทองทับ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

48/2 หมู่ 9 ตำบลบางกอบัว อำเภอพระประแดง จังหวัดสมุทรปราการ 10130

เบอร์โทร : (02)461-0441, (01)3300513

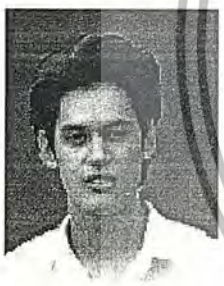
นายกิตติศักดิ์ ลายประดิษฐกร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

189 ถนนพรหมเทพ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี 34000

เบอร์โทร : (045)241271, (01)4036902



นายคชินทร์ ต้นตระกูล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

29/58 หมู่ 7 หมู่บ้านรัตนธานี ตำบลบางแก้ว อำเภอบางพลี จังหวัดสมุทรปราการ 10540

เบอร์โทร : (02)3166348

นายกฤษฎา ศุภราชัยกุล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

66/1 หมู่ 3 ตำบลสุรศักดิ์ อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี 20110

เบอร์โทร : (09)1607199

นายจักรพงศ์ ประสิทธิ์กุลไพศาล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

25 ซอยกรุณา ถนนประชาสงเคราะห์ เขตดินแดง กรุงเทพ 10320

เบอร์โทร : (02)6443610

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้