สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ร้านอาหารไฮเทค
MODERN RESTAURANT

นาย วิธวินท์ กาญจนวัฒนกูล
นาย สราวุฒิ จุลละบุษปะ
นางสาว อัจฉราพร รัชชูวงษ์
นาย อัษฎาวุธ ขอสุข

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 61366
วัน,เดือน,ปี 17 ก.ค. 2549

.b.....
.i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ร้านอาหารไฮเทค

MODERN RESTAURANT

โดย

นาย วิธวินท์ กาญจนวัฒนกูล

นาย สราวุฒิ จุลละบุษปะ

นางสาว อัจฉราพร รัชชูวงษ์

นาย อัษฎาวุธ ขอสุข

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.นิทัศน์ กฤษณจินดา

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2547

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ร้านอาหารไฮเทค

Modern Restaurant

ผู้จัดทำ

1. นาย วิธวินท์	กาญจนวัฒนกูล	รหัสประจำตัว	44010451
2. นาย สราวุฒิ	จุลละบุษปะ	รหัสประจำตัว	44010531
3. นางสาว อัจฉราพร	รัชชูวงษ์	รหัสประจำตัว	44010606
4. นาย อัษฎาวุธ	ขอสุข	รหัสประจำตัว	44010609

_____อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ.นิทัศน์ กฤษณจินดา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ร้านอาหารไฮเทค

นาย วิธวินท์ กาญจนวัฒนกูล 44010451
นาย สราวุฒิ จุลละบุษปะ 44010513
นางสาว อัจฉราพร รัชชูวงษ์ 44010606
นาย อัษฎาวุธ ขอสุข 44010609
รศ. นิทัศน์ กฤษณจินดา อาจารย์ที่ปรึกษา

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการนำเทคโนโลยีมาใช้กับร้านอาหาร เพื่อพัฒนารูปแบบการบริการและการควบคุมภายในร้านอาหาร ซึ่งเราได้ทำการออกแบบระบบไฟฟ้าและระบบสั่งอาหาร ทั้งสองระบบสามารถควบคุมได้โดยใช้โปรแกรม Visaul Basic เขียนโปรแกรมควบคุม

การควบคุมระบบไฟฟ้าผ่านโปรแกรมคอมพิวเตอร์นั้น จะทำงานร่วมกับอุปกรณ์กล่องควบคุมของ AllLight แต่ส่วนของการควบคุมระบบการสั่งอาหารนั้นใช้เพียงการควบคุมจากโปรแกรมที่เขียนขึ้นได้เลย

ระบบสั่งอาหารผ่านคอมพิวเตอร์นั้นทำให้เกิดความสะดวกสบายแก่ลูกค้าในการสั่งอาหารเนื่องจากไม่ต้องรอบริกรมารับรายการอาหาร

ส่วนระบบไฟฟ้านั้นก็สามารถเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าได้โดยการควบคุมผ่านคอมพิวเตอร์ ทำให้ไม่ต้องมาเปิดปิดอุปกรณ์ที่จุดนั้นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Modern Restaurant

Wittawin karnjanawattanakul
Sarawut Chullabushpa
Acharaporn Ratchoowong
Aussadawut khosuk
Associate.Prof.Nitad Kritsanajinda Advisor

ABSTRACT

This thesis brings technology to use for the restaurant. It can develop both of a service form and controlling. We designed electrical system and menu order system. Electrical system and menu order system can be controlled by program. We use the Visaul Basic program.

Computer program control electrical system to pass AllLight 's control box. But a part of menu order system doesn' t control to pass AllLight 's control box. It uses only program.

The both of program can to facililate and beneficial for a customer and owner

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคุณพ่อ และคุณแม่ ที่ให้การสนับสนุน และเป็นกำลังใจที่ดีเสมอมา รวมทั้งให้โอกาสผมได้เข้ามาเรียนในสถาบันแห่งนี้

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้ให้โอกาสผมและเพื่อน ๆ ได้ทดลองทำโปรเจค ก่อนจะจบไปทำงานจริง และสนับสนุนเงินช่วยเหลือในการทำโปรเจคนี้

ขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษา รศ.นิทัศน์ กฤษณจินดา ที่ได้ให้คำแนะนำและให้ข้อคิดดี ๆ มากมาย และพี่ ๆ ป.โท ที่คอยเป็นห่วงเป็นใย คอยให้คำปรึกษา และคำแนะนำต่าง ๆ

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ ที่ตั้งใจทำโปรเจค จนประสบความสำเร็จ และขอบคุณทุก ๆ คนที่มีส่วนช่วยทำให้โปรเจคนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีครับ

.....

(วิธวินท์ กาญจนวัฒนกูล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานนี้คงไม่สามารถสำเร็จลุล่วงได้ถ้าหากไม่ได้รับความช่วยเหลือจากหลายฝ่ายด้วยกัน บุคคลแรกที่ต้องกล่าวถึงคือ รศ.นิทัศน์ กฤษณจินดา อาจารย์ที่ปรึกษาของโครงงานนี้ ที่ให้ความช่วยเหลือและดูแลเอาใจใส่ให้เป็นอย่างดี ซึ่งต้องขอขอบพระคุณไว้เป็นอย่างสูง ณ ที่นี้ด้วย

และยังมีอีกหลายท่านที่คอยช่วยเหลือ พี่ตั้ม พี่หนุ่ย และบริษัทAllLIGHT ที่ให้ความช่วยเหลือด้านการสอนระบบต่างๆและให้ยืมเครื่องมืออุปกรณ์ในการทำโครงงาน จึงขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

และขอขอบคุณ เพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆทุกท่านที่ ชุมนุมวิชาการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ที่คอยเป็นกำลังใจ คุยเล่นคลายเครียด หรือร่วมฉลองยามมีความสุข คอยส่งข้าวส่งน้ำยามไม่ว่างไปกินเอง ขอขอบคุณทุกๆคนมากครับ

ขอขอบคุณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่เป็นสถานศึกษาที่ประสิทธิ์ประสาทความรู้ให้ผมได้จบออกไปใช้ในการทำมาหาเลี้ยงชีพ ผมสัญญาว่าจะไม่ทำให้เสียชื่อสถาบันของเราเป็นอันขาด

ที่ขาดเสียไม่ได้ ผมต้องขอขอบพระคุณ พ.ต.อ.ปรีชา และ นางสุวรรณา จุลละบุษปะ บิดา และมารดาของผม ถ้าไม่มีท่านทั้งสอง ที่ให้กำเนิด เลี้ยงดู ส่งเสียผมเรียนมาจนทุกวันนี้ ให้กำลังใจ เอาใจใส่ทุกอย่าง ผมคงไม่มีทางมีวันนี้ได้ ผมจะระลึกถึงพระคุณ และขอกราบขอบพระคุณไว้ ณ ที่นี้ด้วย

.....

(สราวุฒิ จุลละบุษปะ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคุณพ่อ และคุณแม่ ที่ให้การสนับสนุน และเป็นกำลังใจที่ดี

ขอขอบคุณคุณพี่เอ็ดที่คอยเป็นที่ปรึกษาในการเขียนโปรแกรม พี่ตั้ม พี่หนุ่ย และบริษัทAllLIGHT ที่ให้ความช่วยเหลือด้านการสอนระบบต่างๆและให้ยืมเครื่องมืออุปกรณ์ในการทำโครงงาน

ขอขอบคุณรศ.นิทัศน์ กฤษณจินดา อาจารย์ที่ปรึกษาของโครงงานนี้ ที่ให้ความช่วยเหลือและดูแลเอาใจใส่ให้เป็นอย่างดี ซึ่งต้องขอขอบพระคุณไว้เป็นอย่างสูง ณ ที่นี้ด้วย

ขอขอบคุณ คณะวิศวกรรมศาสตร์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่เป็นสถานศึกษาที่ประสิทธ์ประสาทความรู้

.....

(อัจฉราพร รัชชูวงษ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคุณพ่อ และคุณแม่ ที่ให้การสนับสนุน และเป็นกำลังใจที่ดี

ขอขอบคุณคุณพี่เอ็ดที่คอยเป็นที่ปรึกษาในการเขียนโปรแกรม พี่ตั้ม พี่หนุ่ย และบริษัทAllLIGHT ที่ให้ความช่วยเหลือด้านการสอนระบบต่างๆและให้ยืมเครื่องมืออุปกรณ์ในการทำโครงงาน

ขอขอบคุณรศ.นิทัศน์ กฤษณจินดา อาจารย์ที่ปรึกษาของโครงงานนี้ ที่ให้ความช่วยเหลือและดูแลเอาใจใส่ให้เป็นอย่างดี ซึ่งต้องขอขอบพระคุณไว้เป็นอย่างสูง ณ ที่นี้ด้วย

ขอขอบคุณ คณะวิศวกรรมศาสตร์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่เป็นสถานศึกษาที่ประสิทธ์ประสาทความรู้

.....

(อัจฉราพร รัชชูวงษ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้าที่
บทคัดย่อ	I
ABSTRACT	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	VII
สารบัญภาพ	IX
สารบัญตาราง	XI
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	1
1.3 ขอบเขตของโครงงาน	1
1.4 วิธีการดำเนินงาน	2
บทที่ 2 การออกแบบระบบไฟฟ้า	4
2.1 บทนำ	4
2.2 การออกแบบระบบไฟฟ้า	4
2.3 Circuit Breaker	11
2.4 การคำนวณโหลด	13
2.5 สายป้อน	15
2.6 เมนสวิตช์และสายเมนเข้าอาคาร	18
2.7 สายเมนเข้าอาคาร	20
2.8 การต่อลงดิน	21
2.9 ระบบสัญญาณเตือนไฟไหม้อัตโนมัติ	23
2.10 ระบบตัวนำล่อฟ้า	27
2.11 ระบบโทรศัพท์	27
2.12 ระบบเสาอากาศหรือสายอากาศรวม	28
2.13 ระบบเสียง	28
บทที่ 3 การออกแบบระบบไฟฟ้าภายในอาคาร	29
3.1 ท่อเดินสายไฟที่ใช้ในระบบไฟฟ้ากำลัง	29
3.2 สายไฟฟ้า	30
3.3 แหล่งกำเนิดแสง	33
3.4 โคม	35
3.5 ระบบป้องกันฟ้าผ่า	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้าที่
บทที่ 4 การคำนวนการออกแบบระบบไฟฟ้า	39
4.1 การคำนวนระบบแสงสว่าง	39
4.2 กระแสลัดวงจรที่หม้อแปลง	47
4.3 Voltage Drop	48
บทที่ 5 AllLIGHT และ โปรแกรมควบคุมระบบ	50
5.1 พื้นฐานเกี่ยวกับระบบ AllLIGHT	50
5.2 การเชื่อมต่อชุดควบคุม All LIGHTในลักษณะของ Network Switch	50
5.3 รูปแบบคำสั่ง All LIGHT Protocal	52
5.4 All LIGHT Protocal Table	54
5.5 การต่อ All LIGHT Controller ระหว่างกล่อง (Inter port)	57
5.6 บทนำการเขียนโปรแกรม	58
5.7 โปรแกรมระบบควบคุมระบบโดยคอมพิวเตอร์	61
บทที่ 6 การจำลองแบบร้านอาหาร	63
6.1 บทนำการใช้ 3D Max ในการจำลองร้านอาหาร	63
6.2 ปัญหาต่าง ๆ ที่พบในการใช้โปรแกรมจำลอง 3D และ ข้อแนะนำ	67
6.3 รูปแสดงโมเดลของร้านในมุมมองต่าง ๆ	68
บทที่ 7 บทวิจารณ์และบทสรุป	72
บรรณานุกรม	73
ภาคผนวก	74

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

		หน้าที่
รูปที่ 1-1	Flowchart การทำงานของกลุ่ม	3
รูปที่ 2-1	อุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดไอโอไนเซชั่น	24
รูปที่ 2-2	อุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดโฟโตอิเลคตริกแบบควันบังแสง	24
รูปที่ 2-3	อุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดโฟโตอิเลคตริกแบบควันหักเหแสง	25
รูปที่ 2-4	ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดจุดสำหรับเพดานและพื้นผิวแนวราบ	25
รูปที่ 2-5	ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดจุดสำหรับเพดานและพื้นผิวแนวราบ	26
รูปที่ 2-6	ความสูงในการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดจุด	26
รูปที่ 3-1	มุมป้องกันฟ้าผ่าด้านหน้า	37
รูปที่ 3-2	มุมป้องกันฟ้าผ่าด้านหน้า	38
รูปที่ 3-3	รายละเอียดในการติดตั้ง	38
รูปที่ 5-1	ตำแหน่งของ JUMPER	51
รูปที่ 5-2	ค่าตำแหน่งของ JUMPER	51
รูปที่ 5-3	สัญลักษณ์การ open jumper หรือไม่มีการ set jumper(รูปบน) สัญลักษณ์การ close jumper หรือมีการ set jumper(รูปล่าง)	52
รูปที่ 5-4	เป็น set jumper ID เป็น 1	52
รูปที่ 5-5	เป็นการ set jumper ID เป็น 2+8+20 = 30	52
รูปที่ 5-6	การต่อ All LIGHT Computer Control เข้ากับ Port RS-232 (Serial Port)	55
รูปที่ 5-7	ช่องสัญญาณ Inter Port ของ All LIGHT BOX	56
รูปที่ 5-8	การต่อ All LIGHT Controller ระหว่างกล่อง (Inter Port)	57
รูปที่ 5-9	การเข้าโปรแกรม Visual Basic	58
รูปที่ 5-10	รูปแถบเครื่องมือ	59
รูปที่ 5-11	ตัวอย่างรูปแบบของโปรแกรมสั่งอาหาร	59
รูปที่ 5-12	รูปของตางรางฐานข้อมูล	60
รูปที่ 5-13	ตัวอย่างการควบคุมหลอดไฟผ่านโปรแกรมคอมพิวเตอร์	61
รูปที่ 5-14	ตัวอย่างโปรแกรมสั่งอาหาร	62
รูปที่ 6-1	หน้าจอ View port และมุมมองที่แตกต่างกันทั้ง 4 ช่อง	63
รูปที่ 6-2	การเลือกใช้ Command Panel ทางขวามือ ในการสร้างเป็นรูปทรงต่าง ๆ	64
รูปที่ 6-3	การ Render กรณีดูเป็นรูปภาพ โดยคลิก view port ที่ต้องการ แล้วกด **Ctrl + Q**	65
รูปที่ 6-4	การกด save file ตรงรูปแผ่นดิสก์ด้านซ้ายบนของหน้าต่าง เพื่อให้ขึ้นหน้าจอ save file	65
รูปที่ 6-5	การพิมพ์ชื่อ file ที่จะ save ตรงช่อง file name	66
รูปที่ 6-6	การเปลี่ยนนามสกุลไฟล์ตามที่ต้องการ ในช่อง Save as type	66
รูปที่ 6-7	คลิกปุ่ม save ก็จะเสร็จขั้นตอนการ save file เป็นรูปภาพ	67
รูปที่ 6-8	โมเดลอาคารร้านทั้งหมด	68
รูปที่ 6-9	โมเดลร้านในชั้นที่ 1	69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

	หน้าที่
รูปที่ 6-10 โมเดลร้านในชั้นที่ 2	70
รูปที่ 6-11 โมเดลร้านในชั้นที่ 3	71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้าที่
ตารางที่ 2-1 ดีมานด์แฟกเตอร์สำหรับโหลดแสงสว่าง	16
ตารางที่ 2-2 ดีมานด์แฟกเตอร์สำหรับโหลดของเต้ารับในสถานที่ไม่ใช่ที่อยู่อาศัย	16
ตารางที่ 2-3 ดีมานด์แฟกเตอร์สำหรับเครื่องใช้ไฟฟ้าทั่วไป	17
ตารางที่ 4-1 ตารางโหลด MDB	47
ตารางที่ 5-1 รูปแบบของ Output data	52
ตารางที่ 5-2 การทำงานของคำสั่งที่เป็นเลขฐาน 16	53
ตารางที่ 5-3 ค่าของ Channel ที่ทำงาน	53
ตารางที่ 5-4 byte ของ **CRC**	54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ
Introduction

1.1 ความสำคัญและที่มา

ในปัจจุบันในประเทศไทยนั้น มีร้านอาหารเปิดบริการขายอาหารจำนวนมาก แต่ละร้านก็มีจุดขายที่แตกต่างกันไป เนื่องจากมีร้านอาหารเปิดใหม่จำนวนมากขึ้น การแข่งขันทางการตลาดจึงสูงขึ้นเป็นเงาตามตัว

ทางกลุ่มของเรามีความรู้สึกว่าอยากนำเทคโนโลยีต่างๆในปัจจุบันมาปรับใช้กับร้านอาหาร เพื่อพัฒนาข้อบกพร่องต่างๆที่พวกเราเล็งเห็น อาทิเช่น ส่งอาหารผิดโต๊ะ จดรายการอาหารไม่ครบ จดรายการอาหารผิด อาหารเสร็จไม่ตามลำดับก่อนหลัง เป็นต้น ทางกลุ่มคิดว่าปัญหาเหล่านี้เกิดจากความผิดพลาดของมนุษย์ (Human error) ทางกลุ่มจึงคิดจะนำเอาคอมพิวเตอร์มาปรับใช้กับร้านอาหารของเรา

ทางกลุ่มจะทำการออกแบบร้านอาหารในจินตนาการของพวกเรา เน้นที่ความทันสมัยและสะดวกสบาย โดยจะออกแบบทั้งโครงสร้างภายนอกภายในของร้าน ระบบไฟฟ้า และออกแบบให้ใช้ระบบคอมพิวเตอร์ควบคุมระบบไฟฟ้าทั้งหมด และยังใช้คอมพิวเตอร์ในการสั่งอาหารของลูกค้าเพื่อลดความผิดพลาดต่างๆที่กล่าวมา

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.เป็นการนำเทคโนโลยีที่มีและความรู้ทางด้านวิศวกรรมควบคู่กับสถาปัตยกรรมมาใช้ในการออกแบบควบคุม วางระบบต่างๆ เพื่อพัฒนาให้ร้านอาหารมีความทันสมัย และมีประสิทธิภาพสูง

2. เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ควบคุมระบบต่างๆภายในร้านอาหาร ให้สอดคล้องกับยุคโลกาภิวัฒน์

3. เพื่อให้เกิดความปลอดภัยในการใช้งานอุปกรณ์ทางไฟฟ้า

4. เพื่อฝึกให้นักศึกษาได้รู้จักการทำงานเป็นทีม และการติดต่อประสานงานกับหน่วยงาน ทั้งภายในและภายนอกสถาบัน

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

โครงงานนี้เป็นการศึกษาและจัดรูปแบบการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า การคิดค่าไฟฟ้า และการสั่งอาหารผ่านทางคอมพิวเตอร์ ภายในภัตตาคาร เพื่อให้เกิดความสะดวกสบายสูงสุด

จากแนวคิดและหลักการในการควบคุมระบบที่ทางกลุ่มได้ทำการศึกษาและค้นคว้าทำให้เกิดแนวทางในการประยุกต์ใช้อุปกรณ์ไฟฟ้า ซึ่งนับเป็นจุดเริ่มต้นที่ดีของการนำมาปรับใช้กับภัตตาคารในปัจจุบัน โดยเราจะนำอุปกรณ์ที่มีอยู่คือ คอมพิวเตอร์ และระบบควบคุมดีซีเอ็มเอส มาประยุกต์ใช้เพื่อให้เกิดการทำงานในระบบที่ทันสมัย

เราจึงได้นำเสนอแนวความคิดที่ได้ออกแบบไว้โดยจำลองโครงงานผ่านทางคอมพิวเตอร์ ด้วยโปรแกรม และแสดงผลระบบควบคุมไฟฟ้าด้วยคอมพิวเตอร์ผ่านแบบจำลองของร้านอาหาร

โครงงานนี้ได้นำเสนอการประยุกต์การใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าภายใต้ขอบเขตดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ควบคุมระบบไฟฟ้าผ่านทางคอมพิวเตอร์ โดยโครงงานจะจำลองการควบคุมการเปิด-ปิดหลอดไฟแสงสว่างโดยใช้ระบบดีซีเอ็มเอส เป็นตัวกลางในการติดต่อวงจรของหลอดไฟ

2. การคำนวณค่าไฟฟ้าคร่าวๆ โดยเขียนโปรแกรมวิชวลเบสิก 6 ขึ้นมาเพื่อคำนวณค่าไฟฟ้าที่ใช้ในแต่ละเดือน

3. โปรแกรมการสั่งอาหารผ่านทางหน้าจอคอมพิวเตอร์เพื่อให้เกิดความสะดวกสบายแก่ลูกค้า อีกทั้งยังเป็นการช่วยให้การจัดการบุคลากรเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

การควบคุมระบบและการวางแผนงานข้างต้น เราต้องศึกษาทฤษฎีต่างๆดังนี้

- ศึกษาถึงการออกแบบและเลือกใช้อุปกรณ์ที่จะนำมาสร้างร้านอาหารที่ทันสมัย
- ศึกษาถึงการเขียนโปรแกรม เพื่อนำมาใช้สร้างโปรแกรมเพื่อให้สัมพันธ์กับการควบคุมอุปกรณ์
- ศึกษาการติดต่อระหว่างพอร์ตคอมพิวเตอร์ ในการเชื่อมโยงคอมพิวเตอร์ในระบบเข้าด้วยกัน
- ศึกษาการทำงานของระบบดีซีเอ็มเอส เพื่อควบคุมและเชื่อมโยงผ่านทางคอมพิวเตอร์

1.4 วิธีการดำเนินงาน

สิ่งที่ดำเนินงานในภาคเรียนที่ 1

ในการศึกษาภาคเรียนที่ 1 ทางกลุ่มได้ศึกษาค้นคว้าข้อมูลต่างๆที่จะนำมาใช้ในการออกแบบภัตตาคาร อาทิ การออกแบบแปลนของภัตตาคาร ซึ่งได้รับการช่วยเหลือจากนักศึกษาคณะสถาปัตยกรรม ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับอุปกรณ์ที่ใช้ในภัตตาคาร ศึกษามาตรฐานและข้อกำหนดต่างๆเกี่ยวกับการติดตั้งระบบงานทางไฟฟ้า ศึกษาเกี่ยวกับโปรแกรมเพื่อนำมาใช้สร้างโปรแกรมควบคุมอุปกรณ์ ศึกษาการทำงานของระบบดีซีเอ็มเอส เพื่อควบคุมและเชื่อมโยงผ่านทางระบบคอมพิวเตอร์

สิ่งที่จะดำเนินการในภาคเรียนที่ 2

ในการศึกษาภาคเรียนที่ 2 จะเป็นการเขียนโปรแกรม เพื่อควบคุมระบบไฟฟ้า และระบบการสั่งอาหาร ซึ่งการเขียนโปรแกรมในส่วนของการสั่งอาหารแบ่งเป็น 4 ส่วน คือ

1.การจองโต๊ะโดยคอมพิวเตอร์ที่ทางเข้า

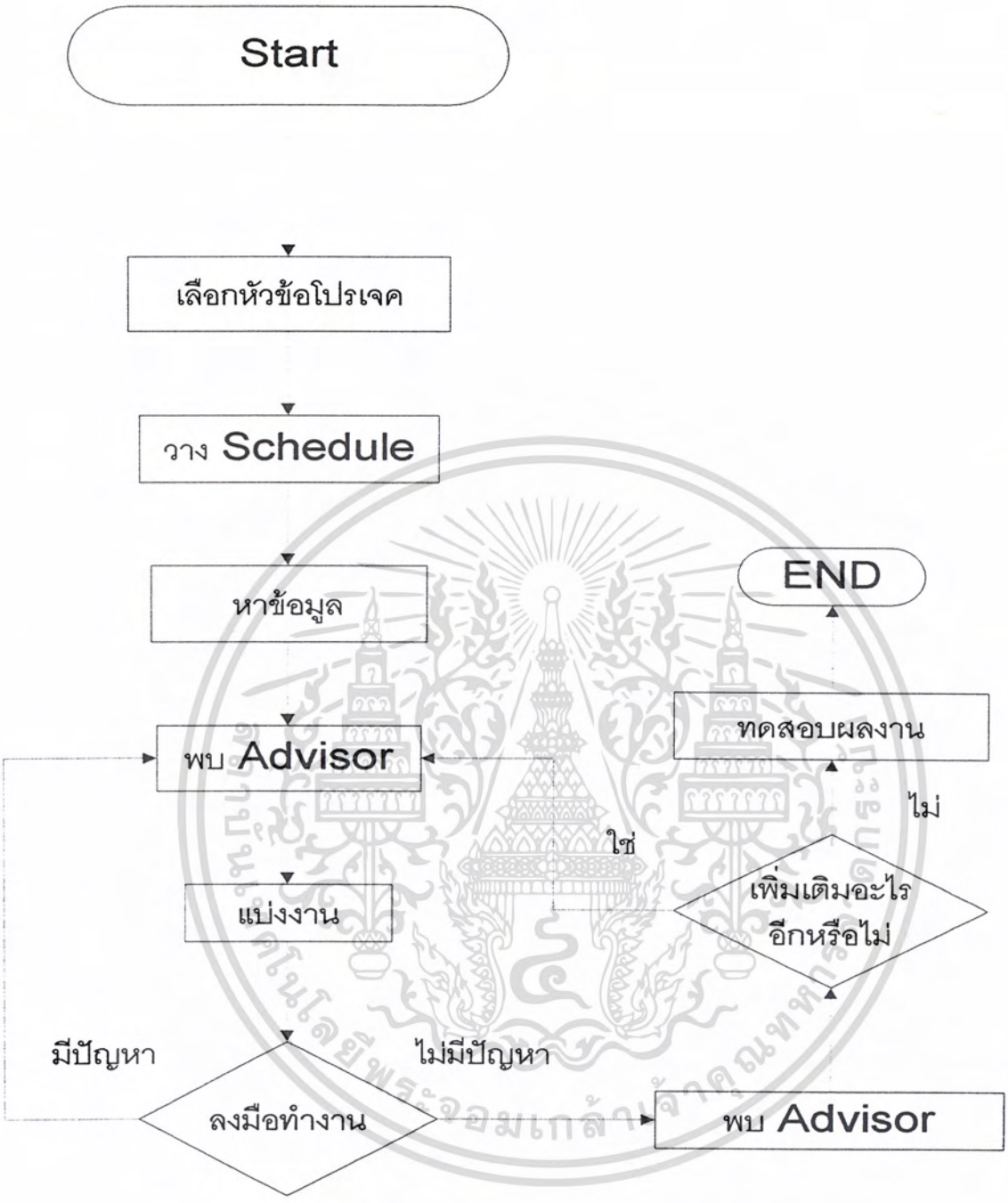
2.การสั่งอาหาร โดยคอมพิวเตอร์ที่โต๊ะ

3.การรับข้อมูล (เมนูอาหาร) ของห้องครัว

4.การคิดเงินที่เคาน์เตอร์

เมื่อทำการเขียนโปรแกรมควบคุมระบบการสั่งอาหารทั้งหมดแล้ว จึงจะทำการเขียนโปรแกรมที่ใช้กับระบบดีซีเอ็มเอส จากนั้นจะจำลองระบบเพื่อดูว่าใช้งานได้จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1-1 Flowchart การทำงานของกลุ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

การออกแบบระบบไฟฟ้า

2.1 บทนำ

การออกแบบระบบไฟฟ้า หมายถึง การพัฒนาแบบแปลน หรือ วิธีการเพื่อจ่ายกำลังไฟฟ้าจากจุดจ่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้าไปยังอุปกรณ์ใช้กำลังไฟฟ้าต่าง ๆ หรือว่าจ่ายสัญญาณไฟฟ้า จากจุดรับสัญญาณไฟฟ้านั้น ๆ ไปยังอุปกรณ์การใช้งาน

การออกแบบระบบไฟฟ้าเป็นงานที่กว้างขวาง ต้องการข้อมูลมากมายเพื่อประกอบการตัดสินใจเลือกใช้ระบบและอุปกรณ์ที่เหมาะสม เนื่องจากงานการออกแบบระบบไฟฟ้านั้นผู้ออกแบบจะต้องมีความรับผิดชอบงานด้านต่าง ๆ เพื่อให้ได้แบบระบบไฟฟ้าที่ดี มีความถูกต้อง และ ปลอดภัยในการใช้งาน

2.2 การออกแบบระบบไฟฟ้า

ระบบไฟฟ้าที่ผู้ออกแบบระบบไฟฟ้าจะต้องรับผิดชอบ อาจแยกได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ

1.ระบบไฟฟ้ากำลัง

2.ระบบไฟฟ้าสื่อสาร

งานของระบบไฟฟ้ากำลังที่ผู้ออกแบบจะต้องรับผิดชอบได้แก่

1. ระบบการจ่ายกำลังไฟฟ้า(Power Distribution System)
2. ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง(Lighting System)
3. ระบบไฟฟ้าสำรอง(Standby Power System)
4. ระบบป้องกันฟ้าผ่า(Lightning Protection System)
5. ระบบการขนส่งแนวดิ่ง(Vertical Transportation System)

งานของระบบไฟฟ้าสื่อสารที่ผู้ออกแบบจะต้องรับผิดชอบในการออกแบบ ได้แก่

1.ระบบโทรศัพท์ (Telephone System)

2.ระบบสัญญาณเตือนอัคคีภัย (Fire Alarm System)

3.ระบบเสาอากาศโทรทัศน์รวม (Master Antenna TV System)

4.ระบบรักษาความปลอดภัย (Security System)

5.ระบบโทรทัศน์วงจรปิด (Closed Circuit TV System)

6.ระบบเสียง (Sound System)

7.ระบบควบคุมอาคารอัตโนมัติ (Digital Control and Managemaent System)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบระบบไฟฟ้าที่ดี

แบบของระบบไฟฟ้าที่ดีนั้นจะต้องได้ตามข้อกำหนดดังต่อไปนี้

1.ความปลอดภัย (Safety)

ระบบไฟฟ้ากำลังที่ออกแบบต้องให้ความปลอดภัยอย่างสูงต่อผู้ปฏิบัติงาน ต่ออุปกรณ์ไฟฟ้า และต่อสถานที่ โดยผู้ออกแบบต้องปฏิบัติตามมาตรฐานของประเทศ และข้อกำหนดการออกแบบของท้องถิ่นด้วย ในด้านการออกแบบ การติดตั้งวัสดุ การเลือกอุปกรณ์ที่ใช้และการจัดอุปกรณ์ป้องกัน โดยวิศวกรผู้ออกแบบจะต้องรู้ถึงสถานที่ ที่จะออกแบบ กระบวนการผลิต ขั้นตอนการปฏิบัติงาน เพื่อที่จะสามารถออกแบบระบบไฟฟ้า ให้มีความปลอดภัย

2.ค่าลงทุนเริ่มแรกที่ต่ำที่สุด (Minimum Initial Investment)

งบประมาณที่เจ้าของโครงการให้จะเป็นตัวกำหนดที่สำคัญว่า ผู้ออกแบบจะเลือกระบบใด แต่ต้องคำนึงถึงความปลอดภัยเป็นสำคัญ

3.ระบบไฟฟ้าต้องสามารถจ่ายไฟฟ้าอย่างต่อเนื่อง (Maximum Service Continuity)

ระดับของความต้องการไฟฟ้าอย่างต่อเนื่องและความเชื่อถือของระบบนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของโหลด สถานประกอบการ และกระบวนการผลิตเราสามารถทำให้มีการจ่ายไฟฟ้าอย่างต่อเนื่องได้ดีขึ้นและมีความเชื่อถือได้สูงขึ้นโดย

- จัดให้มีแหล่งจ่ายไฟฟ้ากำลังจากหลายแหล่ง
- จัดให้มีเส้นทางการต่อ ไปยังโหลด ไฟฟ้าได้หลายทางมากขึ้น
- จัดหาแหล่งที่มีแหล่งกำเนิดไฟฟ้าของตนเอง เช่น มีชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรอง แบตเตอรี่สำหรับจ่ายระบบไฟฟ้า ระบบ UPS
- เลือกอุปกรณ์ไฟฟ้าและตัวนำไฟฟ้าที่มีคุณภาพสูง
- เลือกใช้วิธีการติดตั้งที่ดีที่สุด เช่น สายไฟควรอยู่ในท่อสาย(Raceway)

4.ระบบไฟฟ้าจะต้องมีความคล่องตัวสูงและสามารถขยายโหลดได้ (Maximum Flexibility and Expandability)

เนื่องจากสถานประกอบการส่วนมากจะมีการใช้ไฟฟ้าอย่างต่อเนื่องไปเรื่อยๆ ระบบการจ่ายไฟฟ้าจะต้องสามารถรองรับการเปลี่ยนแปลงนี้ได้นอกจากนี้ผู้ออกแบบจะต้องระบบไฟฟ้าจะต้องเผื่อระบบการจ่ายไฟฟ้าสำรองรองรับการขยายโหลดในอนาคต โดยอาจจะเพิ่มขนาดของหม้อแปลงและสายต่างๆ รวมทั้งอุปกรณ์ป้องกันด้วย

5.ประสิทธิภาพทางไฟฟ้าสูงสุด (Maximum Electrical Efficiency)

ระบบไฟฟ้าที่จะทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพนั้นอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ ในระบบจะต้องมีกำลังสูญเสียน้อยที่สุด ดังนั้นผู้ออกแบบจะต้องเลือกใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ดี แม้ว่าอุปกรณ์ดังกล่าวจะมีค่าเริ่มต้นสูง แต่ค่าปฏิบัติการจะต่ำซึ่งจะคุ้มทุนเมื่อเวลาผ่านไประยะหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.ค่าบำรุงรักษาที่ต่ำที่สุด (Minimum Maintenance Cost)

ในระบบไฟฟ้านั้นยิ่งระบบมีการจ่ายไฟฟ้าอย่างต่อเนื่อง และสามารถปรับสภาพต่าง ๆ ได้มากเท่าไร ราคาในการบำรุงรักษาก็จะมากตามไปด้วย ดังนั้นในระบบไฟฟ้าจึงควรออกแบบให้มีวงจรไฟฟ้าช่วยหมุนเวียนกันจ่ายกำลังให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ เพื่อที่จะสามารถทำการ
บำรุงรักษาเครื่องหนึ่งในขณะที่ใช้งานอีกเครื่องหนึ่งได้

7.คุณภาพกำลังไฟฟ้าสูงสุด (Maximum Power Quality)

เช่น แรงดันไฟฟ้าต้องมีค่าสม่ำเสมอ กระแสและแรงดันมีฮาร์โมนิกน้อย ผู้ออกแบบต้องคำนึงถึงข้อนี้เสมอในขณะที่ออกแบบระบบไฟฟ้าวัตถุประสงค์ต่าง ๆ เหล่านี้อาจจะมีความสัมพันธ์กันหรืออาจขัดแย้งกันในบางหัวข้อ ยิ่งเราออกแบบให้มีอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีคุณภาพ ค่าการลงทุนเริ่มแรกหรือค่าการบำรุงรักษาก็จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ดังนั้นผู้ออกแบบจึงควรพิจารณาถึงปัจจัยพื้นฐาน ชนิดของอุปกรณ์ที่ใช้และโหลด ต่าง ๆ ว่าควรจะใช้ขนาดเท่าไร ชนิดใดจึงจะเหมาะสม

มาตรฐานทางไฟฟ้า

ในการออกแบบระบบไฟฟ้านั้น จะต้องออกแบบตามมาตรฐานและข้อกำหนดต่าง ๆ ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 อย่าง คือ

-มาตรฐานอุปกรณ์ไฟฟ้า

-มาตรฐานการติดตั้งระบบและอุปกรณ์ไฟฟ้า

ซึ่งมาตรฐานแต่ละอย่างยังแบ่งออกได้เป็นอีก 2 อย่าง คือ

-มาตรฐานประจำชาติ (National Standards)

-มาตรฐานสากล (International Standards)

1. **มาตรฐานประจำชาติ**

มาตรฐานประจำ ชาติของแต่ละประเทศต่างร่างขึ้นมาใช้ในประเทศของตนเอง เพื่อให้ตรงกับ อุตสาหกรรมภายในประเทศและตรงกับวิธีปฏิบัติของตนเอง

มาตรฐานประจำชาติที่สำคัญ ได้แก่

-ANSI (American National Standard Institute)

-JIS (Japanese Industrial Standard)

-มอก. (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม)ของประเทศไทย

2. **มาตรฐานสากล**

มาตรฐานสากลเป็นมาตรฐานที่มีสมาชิกอยู่หลายประเทศ เช่น มาตรฐาน

-ISO(International Oganization for Standard)

มีหน้าที่กำหนดมาตรฐานทั่วไปทางวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี

-IEC (International Electrotechnical Commission)

เป็นองค์กรความร่วมมือระหว่างประเทศที่ร่างมาตรฐานทางไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-EN (European Standard)

มีหน้าที่กำหนดมาตรฐานทางไฟฟ้าของยุโรป

สำหรับประเทศไทยในอดีตใช้วิธีแปลและเรียบเรียงตามมาตรฐาน IEC แต่ในขณะนี้ได้นำมาตรฐาน IEC ทั้งฉบับซึ่งเขียนเป็นภาษาอังกฤษมาเป็นมาตรฐานไทยเลย

มาตรฐานอุปกรณ์ไฟฟ้า

อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้มีมากมาย ส่วนมากจะมีมาตรฐานควบคุมคุณภาพอยู่แล้ว โดยมาตรฐานอุปกรณ์ทางไฟฟ้าที่นิยมใช้มากคือมาตรฐาน ของ IEC

ดังนั้นผู้ออกแบบระบบไฟฟ้าในประเทศไทย ในการเขียนข้อกำหนด(Specification) ของอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ ควรใช้มาตรฐานไทย (มอก.) และมาตรฐานIEC เป็นหลัก ไม่ควรใช้มาตรฐานของชาติอื่น ยกเว้นอุปกรณ์ดังกล่าวไม่มีในมาตรฐานไทย (มอก.) และมาตรฐาน IEC

มาตรฐานการติดตั้งระบบและอุปกรณ์ไฟฟ้า

มาตรฐานการติดตั้งระบบและอุปกรณ์ไฟฟ้า อาจแบ่งเป็น

-มาตรฐานต่างประเทศ

-มาตรฐานสากล

-มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย

1.มาตรฐานต่างประเทศในการติดตั้งระบบและอุปกรณ์ไฟฟ้า

มาตรฐานต่างประเทศที่นิยมใช้กันมากในประเทศไทย คือ NEC (National Electrical Code) ซึ่งเป็นมาตรฐานการติดตั้งระบบและอุปกรณ์ไฟฟ้าของอเมริกา
ถึงแม้ว่าจะเป็นมาตรฐานที่ดีมาก แต่เนื่องจากระบบและมิติ แตกต่างจากของประเทศไทย จึงใช้ในประเทศไทยไม่ได้

2.มาตรฐานสากลในการติดตั้งระบบและอุปกรณ์ไฟฟ้า

เป็นมาตรฐานที่เป็นสากล เพราะได้มีการรวมทั้งมาตรฐาน NEC และมาตรฐานของยุโรปมาเป็นตัวอย่างในการร่าง และได้มีการปรับปรุงตลอดเวลาเพื่อให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้นเราเรียกมาตรฐานนี้ว่า IEC (International Electrotechnical Commission)

3.มาตรฐานการติดตั้งระบบและอุปกรณ์ไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย

การติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทยนั้น ในอดีตการไฟฟ้านครหลวง(กฟน.)และการไฟฟ้าภูมิภาค(กฟภ.)ทางมาตรฐานเป็นของตนเอง ทำให้ผู้ออกแบบระบบไฟฟ้า และ ผู้ติดตั้งระบบและอุปกรณ์เกิดความสับสน ด้วยเหตุนี้สมาวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย(ว.ส.ท.) จัดทำ มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย เพื่อให้ทั้งประเทศมีมาตรฐานเรื่องการติดตั้งทางไฟฟ้าเพียงฉบับเดียว

มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทยฉบับใหม่นี้ เนื้อหาส่วนมากจะแปลและเรียบเรียงจาก National Electrical Code (NEC) และก็มีความพยายามที่จะนำมาตรฐานของ IEC มาใช้ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยเฉพาะส่วนที่เกี่ยวกับอุปกรณ์ไฟฟ้า เช่น เซอร์กิตเบรกเกอร์ ใช้จะต้องได้มาตรฐาน IEC 60898 และ IEC 60947-2 เป็นต้น

ระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้า

ในการผลิตและการส่งจ่ายกำลังไฟฟ้านั้นเริ่มต้นจากการผลิตกำลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซึ่งสามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้ที่ ระดับแรงดันประมาณ 10-20 kV
ด้วยปัญหาด้านการฉนวนจึงไม่สามารถที่จะสร้างแรงดันให้สูงกว่านี้ได้ แต่การส่งกำลังไฟฟ้าในระยะทางไกลให้ได้ประสิทธิภาพสูงนั้น จะต้องทำการแปลงระดับแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าให้สูงขึ้นที่สถานีแปลงแรงดัน จากนั้นกำลังไฟฟ้าจะถูกส่งไปตามสายส่งไฟฟ้าแรงสูง เมื่อเข้าสู่บริเวณชุมชนจะทำการลดระดับแรงดันลงให้เป็นระดับแรงดันปานกลางที่สถานีจำหน่ายไฟฟ้าย่อย ทั้งนี้เพื่อความปลอดภัย และเมื่อกำลังไฟฟ้าถูกส่งไปยังผู้ใช้ไฟฟ้าจะต้องทำการแปลงระดับแรงดันลงที่หม้อแปลงจำหน่ายให้เป็นระบบแรงดันต่ำ เพื่อจ่ายไฟฟ้าให้กับบริภัณฑ์ไฟฟ้าต่างๆ

ระบบไฟฟ้ากำลัง

ระบบไฟฟ้ากำลังหมายถึง ระบบไฟฟ้าที่ประกอบด้วย ระบบการผลิต ระบบการส่ง ระบบการจำหน่าย และระบบการใช้กำลังไฟฟ้า

1. ระบบการผลิต(Generating System) หมายถึง ระบบที่มีการเปลี่ยนแปลงพลังงานรูปอื่นๆ มาเป็นพลังงานไฟฟ้า เช่น เปลี่ยนจากพลังงานศักย์ของน้ำ
2. ระบบการส่ง(Transmission System) หมายถึง ระบบการส่งพลังงานไฟฟ้าจากระบบการผลิตไปยังระบบการจำหน่ายเพื่อจำหน่ายกำลังไฟฟ้าให้แก่ผู้ใช้ไฟฟ้าต่อไป โดยจะทำการส่งกำลังไฟฟ้าในระดับกำลังไฟฟ้าแรงดันสูง ได้แก่ สถานีไฟฟ้าย่อยต้นทาง สายส่งไฟฟ้าแรงสูง
3. ระบบการจำหน่าย(Distribution System) หมายถึง ระบบไฟฟ้าที่รับกำลังไฟฟ้าจากระบบการส่งแล้วทำการลดระดับแรงดันลงจากแรงดันสูงให้เป็นแรงดันปานกลางที่สถานีจำหน่ายไฟฟ้าย่อย เพื่อที่จะส่งกำลังไฟฟ้าให้กับระบบการใช้ไฟฟ้ากำลังต่อไป

4. ระบบการใช้กำลังไฟฟ้า(Utilization System) หมายถึง ระบบไฟฟ้าที่รับกำลังจากระบบการจำหน่ายที่มีระดับแรงดันสูงเป็นแรงดันปานกลางแล้วทำการลดระดับแรงดันลงให้เป็นระบบแรงดันต่ำ เพื่อจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับบริภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้า

การส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าในประเทศไทย

สำหรับประเทศไทยในขณะนี้ การผลิตและการส่งจ่ายกำลังไฟฟ้านั้น ดำเนินงานโดยหน่วยงานซึ่งเป็นรัฐวิสาหกิจ 3 แห่งซึ่งแต่ละแห่งก็รับผิดชอบแตกต่างกันไป ดังนี้คือ

1. การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.)
2. การไฟฟ้านครหลวง (กฟน.)
3. การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การไฟฟ้านครหลวง

การไฟฟ้านครหลวง มีหน้าที่บริการจำหน่ายกระแสไฟฟ้าในเขต 3จังหวัด ได้แก่ กรุงเทพมหานคร สมุทรปราการ และ นนทบุรี โดย การไฟฟ้านครหลวงจะรับซื้อมาจาก การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย การไฟฟ้านครหลวง มีการใช้ไฟฟ้ามากจึงจำเป็นต้องมีการส่งกำลังไฟฟ้าอย่างมีระบบ จึงจำแนกการส่งกำลังไฟฟ้าออกเป็น 3 ระบบ ดังนี้คือ

-ระบบการส่งกำลังแรงดันสูง 230 kV, 115kv, และ 69 kV

-ระบบการจำหน่าย 24 kv,12 kv โดยในอนาคต จะมีการเปลี่ยนเป็น 22 kv ทั้งหมด

-ระบบการใช้กำลังไฟฟ้า โดยหม้อแปลงจะแปลง จาก 24kv,12kv ไปเป็นแรงดัน416/240 3เฟส 4สาย

-แต่การไฟฟ้านครหลวงให้ใช้แรงดันพิกัดระบุของด้านแรงต่ำเป็น 380/220 V 3 เฟส 4 สาย

การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคมีหน้าที่ในการจัดหา และจำหน่ายไฟฟ้าให้ทุกจังหวัดของประเทศไทย โดยไม่รวม กรุงเทพ นนทบุรี และ สมุทรปราการ

-แหล่งพลังงาน มีทั้ง ผลิตเอง ซื้อจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิต ซื้อจากการไฟฟ้านครหลวง ซื้อจากการพลังงานแห่งชาติ

ระบบการจำหน่ายแรงดันปานกลาง

การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคมีระบบแรงดันอยู่ 2 ระบบ ได้แก่

-ระบบแรงดัน 22 kV จังหวัดส่วนใหญ่จะใช้ระบบนี้ ยกเว้น ภาคใต้

-ระบบแรงดัน 33 kV ใช้ในภาคใต้ตั้งแต่ ระนองลงไป

ระบบการจำหน่ายแรงดันแรงดันต่ำ

การจำหน่ายระบบแรงดันแรงดันต่ำก็มีอยู่ด้วยกัน 2 ระบบดังนี้

-ระบบการจำหน่ายแรงต่ำ 1 เฟส มีทั้งระบบ 1 เฟส 2 สาย 230 V และ 1 เฟส 3 สาย 460/230V

-ระบบการจำหน่ายแรงต่ำ 3เฟส 4 สาย ระบบนี้มีแรงดันมาตรฐานคือ 400/230V

การจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับผู้ใช้ไฟฟ้า

ในการจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับผู้ใช้ไฟฟ้าจะพิจารณาสถานประกอบการถ้าใช้โหลดน้อยกว่า 300 KVA ก็จะจ่ายไฟฟ้าแรงต่ำ (Low Voltage) โหลดตั้งแต่300 KVA ขึ้นไป การไฟฟ้าจะจ่ายระบบแรงดันปานกลาง (MediumVoltage) สำหรับสถานประกอบการ ที่ใช้ปริมาณการใช้ไฟฟ้าสูงมาก ๆ การไฟฟ้าก็จะจ่ายกำลังไฟฟ้าแรงดันสูง (High Voltage) ให้ ลักษณะการจ่ายไฟฟ้าระหว่างการไฟฟ้า กับผู้ใช้ไฟฟ้า

-แรงดันต่ำ ในกรณีที่การไฟฟ้าจ่ายไฟฟ้าให้กับผู้ใช้ไฟฟ้าในระบบแรงดันต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยจะมีมิเตอร์เป็นตัวแบ่งแยกทรัพย์สินระหว่างการไฟฟ้า กับ ผู้ใช้ไฟฟ้า

-แรงดันปานกลาง ในกรณีการไฟฟ้าจ่ายไฟฟ้าให้กับผู้ใช้ไฟในระบบแรงดันปานกลางนั้น ระบบการจ่ายไฟฟ้าให้กับผู้ใช้ไฟฟ้าจะขึ้นอยู่กับการไฟฟ้าของแต่ละพื้นที่ และระบบของสถานประกอบการสามารถแบ่งเป็น 3 กรณี

-ผู้ใช้ไฟฟ้ารับไฟฟ้าด้วยสายอากาศ จากสายป้อนอากาศของการไฟฟ้า

-ผู้ใช้ไฟฟ้ารับไฟฟ้าด้วยสายไฟฟ้าใต้ดิน จากสายป้อนอากาศของการไฟฟ้า

-ผู้ใช้ไฟฟ้ารับไฟฟ้าด้วยสายไฟฟ้าใต้ดิน จากสายป้อนใต้ดินของการไฟฟ้า

กรณีที่ผู้ใช้ไฟฟ้ารับไฟฟ้าด้วยสายอากาศ จากสายป้อนอากาศของการไฟฟ้า ทางการไฟฟ้าจะจ่ายสายป้อนให้เพียง 1สายป้อน เท่านั้น ยกเว้นอาคารที่มีความสำคัญจะจ่ายให้ 2 สายป้อน

สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้ารับไฟฟ้าด้วยสายไฟฟ้าใต้ดิน จากสายป้อนอากาศของการไฟฟ้า การจ่ายระบบนี้การไฟฟ้าจะเป็นเหนือดิน ส่วนสถานประกอบการจะใช้สายเคเบิลใต้ดินเพื่อไปยังสถานีไฟฟ้าย่อยที่ติดตั้งภายในอาคาร

สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้ารับไฟฟ้าด้วยสายไฟฟ้าใต้ดิน จากสายป้อนใต้ดินของการไฟฟ้า การจ่ายไฟฟ้าแบบนี้จะใช้เมื่อได้รับไฟฟ้ามาจากสายป้อนใต้ดินของการไฟฟ้า

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรอง(Standby Generator)

ชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า คือ บริภัณฑ์ทางด้านเครื่องกล – ไฟฟ้า ที่แปลงพลังงานเครื่องกล เป็นพลังงานไฟฟ้า เพื่อจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้โหลดเมื่อระบบไฟฟ้าของทางการไฟฟ้าเกิดขัดข้อง
หรือต่อขนานเข้ากับระบบไฟฟ้า เพื่อจ่ายโหลดร่วมกันกับระบบการไฟฟ้าฯ

ชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีส่วนประกอบที่สำคัญคือ

1. เครื่องต้นกำลัง(Engine Prime Mover)
2. เครื่องกำเนิดไฟฟ้า(Alternator)
3. สวิตช์สับเปลี่ยน(Transfer Switch)
4. แผงควบคุม(Control Panel)

1. เครื่องต้นกำลัง (Engine Prime Mover)

เครื่องต้นกำลัง คือ เครื่องยนต์ที่ผลิตพลังงานกลเพื่อนำไปฉุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ให้สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าจ่ายไปยังโหลดที่ต้องการได้

เครื่องต้นกำลังที่ใช้ในชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรองมีอยู่หลายชนิด

- เครื่องยนต์ดีเซล(Diesel Engine)
- เครื่องกังหันแก๊ส(Gas Turbine)
- เครื่องกังหันไอน้ำ(Steam Turbine)
- เครื่องกังหันน้ำ(Water Turbine)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Alternator)

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้ทั่วไปเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับซึ่งมีส่วนประกอบที่สำคัญดังนี้

- ส่วนที่หมุน(Rotor)
- ส่วนที่อยู่กับที่ (Stator)
- ส่วนควบคุมแรงดัน(Voltage Regulator)
- ส่วน Brushless Rotating Exciter with a Rotating Rectifier

3.สวิตช์สับเปลี่ยน (Transfer Switch)

สวิตช์สับเปลี่ยนใช้สำหรับการสับเปลี่ยนโหลดจากแหล่งจ่ายไฟปกติ (Normal Source) ไปยังชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหรือกลับกัน สวิตช์สับเปลี่ยนอาจแบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ

- สวิตช์สับเปลี่ยนไม่อัตโนมัติ(Non-Automatic Transfer Switch)
- สวิตช์สับเปลี่ยนอัตโนมัติ (Automatic Transfer Switch, ATS)

2.3 Circuit Breaker

เซอร์กิตเบรกเกอร์แรงดันต่ำ (Low Voltage Circuit Breaker)

เซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit Breaker: CB) เป็นบริภัณฑ์ไฟฟ้าที่ทำหน้าที่เป็นสวิตซ์สำหรับเปิดปิดวงจรไฟฟ้าแรงดันต่ำในภาวะปกติและจะเปิดวงจรโดยอัตโนมัติ เมื่อเกิดภาวะผิดปกติขึ้นอันเนื่องมาจากการใช้กำลังเกิน หรือการลัดวงจร หลังจากทำการแก้ไขสิ่งผิดปกติแล้วก็สามารถสัลไฟเข้าใช้งานต่อได้อีก

1. **Ampere Frame (AF)** คือ พิกัดขนาดกระแสสูงสุดที่สามารถใช้ได้กับโครงสร้างของ CB
2. **Ampere Trip (AT)** คือ พิกัขนาดกระแสที่ปรับตั้งให้ CB ทำงาน

พิกัดการตัดกระแสลัดวงจร

พิกัดการตัดกระแสลัดวงจร (Interrupting Capacity: IC , Breakeing Capacity) คือการตัดกระแสลัดวงจรสูงสุดที่ CB สามารถตัดได้โดยไม่เกิดความเสียหาย

ค่า CB ของ IC ได้จากการทดสอบ และขึ้นกับตัวแปรหลายตัว เช่น แรงดัน ตัวประกอบกำลัง เป็นต้น ดังนั้น CB ที่สามารถใช้กับหลายแรงดันจะต้องมีค่า IC ที่เหมาะสม

ประเภทของ CB

CB อาจแบ่งตามลักษณะภายนอก และการใช้งานได้เป็น 2 ชนิด คือ

1. **Molded Case Circuit Breaker (MCCB)**
2. **Air Circuit Breaker (ACB)**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Molded Case Circuit Breaker (MCCB)

เป็น CB ที่บริภัณฑ์ตรวจจับและบริภัณฑ์ตัดต่ออยู่ในวัสดุฉนวน ทำด้วยสารประเภทพลาสติกแข็ง MCCB มีขนาดเล็กจนถึงใหญ่ ใช้สำหรับป้องกันกระแสตั้งแต่วงจรย่อยปลีกลงถึงสายประทานและบริภัณฑ์ไฟฟ้า

MCCB ขนาดมาตรฐาน (Standard CB)

MCCB ชนิดนี้ขนาดตั้งแต่ 100 AF ถึง 2500 AF และมี IC หลายระดับไม่สูงมาก เหมาะสำหรับงานระบบไฟฟ้าที่มีขนาดเล็ก

MCCB แบบ IC สูง (High Interrupting Capacity Circuit Breaker)

เป็น MCCB ที่มี IC สูงกว่าแบบ Standard CB มีขนาดของ IC หลายระดับ มักใช้ในที่ๆมีกระแสลัดวงจรสูงเกินกว่าที่จะใช้แบบมาตรฐาน

MCCB แบบจำกัดกระแสลัดวงจร

(Current Limiting Circuit Breaker : CLCB)

เป็น CB ที่มี IC สูงมาก เนื่องจากสามารถตัดกระแสลัดวงจรได้เร็วมาก

Air Circuit Breaker (ACB)

เป็น CB แรงดันต่ำที่สามารถดับอาร์กไฟฟ้าในอากาศได้จึงเรียกว่า Air Circuit Breaker (ความจริง MCCB ก็สามารถดับอาร์กในอากาศได้ แต่ ACB จะหมายถึง CB ขนาดใหญ่) มีพิกัดกระแสสูง และเป็นแบบเปิดโล่ง

ACB สามารถแบ่งเป็น 2 ชนิด

แบบติดตั้งอยู่กับที่(Fixed Type)

ตัวโคลงของ ACB จะติดตั้งให้ติดกับ Main circuiyt โดยยึดติดกับสกรู เวลาถอดซ่อมบำรุงจะต้องดับไฟและเสียเวลามาก

แบบดึงออกได้ (Drawout Type)

ตัวโคลงของ ACB จะติดตั้งบนโคลงล้อเลื่อนจะเลื่อนไปตามรางส่วนสัมผัสของ ACB กับ Main Circuit จะต้องแนบแน่นให้กระแสไหลง่าย และซ่อมบำรุงง่าย

ข้อเปรียบเทียบ MCCB กับ ACB

1. ACB เป็นแบบเปิดสามารถเพิ่มเติมบริภัณฑ์ต่างๆได้ แต่ ชิ้นส่วน MCCB อยู่ภายในไม่สามารถเพิ่มเติมภายหลังได้

2. MCCB ไม่ต้องบำรุงรักษา แต่ACB ต้องบำรุงรักษาบ่อย

3. ACB ถูกออกแบบให้แข็งแรง ทนกระแสลัดวงจรได้สูงและนานกว่า MCCB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 การคำนวณโหลด

การออกแบบระบบไฟฟ้าคือ การคำนวณโหลดเพื่อกำหนดขนาดของวงจรไฟฟ้า เครื่องป้องกันกระแสเกิน และสายไฟฟ้ารวมทั้งข้อกำหนดการติดตั้งที่เกี่ยวข้อง

วงจรย่อย

วงจรย่อย หมายถึง ตัวนำของวงจรระหว่างเครื่องป้องกันกระแสเกินตัวสุดท้ายหับจุดที่ต่อไฟฟ้า คือส่วนที่ต่ออยู่กับโหลด

โหลดในวงจรย่อย

1. โหลดแสงสว่าง คือ หลอดไฟฟ้าที่ติดตั้งใช้งานอยู่ทั่วไป เช่น

1.1 หลอดไส้ (Incandescent) ภายในหลอดจะมีไส้หลอด และบรรจุไว้ด้วยก๊าซเฉื่อยหรือสุญญากาศ เพื่อป้องกันไส้หลอดไหม้ มีข้อดีคือ คุณภาพของแสงดี และให้ความสว่างได้ในขณะที่แรงดันต่ำกว่าพิกัดแรงดันของหลอดมากๆแต่ความสว่างจะลดลง

1.2 หลอดฮาโลเจน(Tungsten Halogen) เป็นหลอดไส้ภายในหลอดบรรจุก๊าซฮาโลเจน ไส้หลอดจะไม่สลายตัวไปตามอายุการใช้งานของหลอด จึงเป็นผลให้ความสว่างไม่เปลี่ยนแปลงมากตามอายุการใช้งาน

1.3 หลอดฟลูออเรสเซนต์(Fluorescent) หลอดชนิดนี้จัดเป็นหลอดไฟประเภทปล่อยประจุภายในหลอดเคลือบด้วยสารเรืองแสง

2. โหลดเต้ารับ เต้ารับแบ่งตามการใช้งานออกเป็น 2 ชนิด

1. เต้ารับใช้งานทั่วไป คือเต้ารับที่ติดตั้งทั่วไปตามอาคาร ไม่ทราบโหลดที่จะใช้งานแน่นอน โหลดจะเปลี่ยนแปลงตามความต้องการใช้งาน การคิดโหลดเต้ารับคิดจุดละ 180 เวเอ ตามมาตรฐาน ว.ส.ท. ข้อ 3.1.6.3

2. เต้ารับที่ทราบโหลดแน่นอนแล้ว คิดจากขนาดของโหลดที่ใช้เต้ารับ เช่น ตู้เย็น เครื่องซักผ้า

ตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทยกำหนดไว้ว่า

ข้อที่ 3.1.7.1 เต้ารับที่อยู่ในวงจรย่อยต้องเป็นแบบมีขั้วสายดิน และต้องต่อสายลงดิน

ข้อที่ 3.1.7.2 เต้ารับในสถานที่เดียวกันแต่ใช้แรงดันต่างกัน หรือเพื่อวัตถุประสงค์ในการใช้งานต่างกัน ต้องจัดทำเพื่อให้เต้าเสียบไม่สามารถสลับกันได้

3. โหลดอื่นๆ หมายถึงโหลดติดตั้งถาวรที่ต่อใช้งานอยู่ในวงจรไฟฟ้านอกเหนือจากโหลดแสงสว่างและโหลดเต้ารับ เช่น เครื่องทำน้ำอุ่น เครื่องปรับอากาศ และเครื่องจักรต่างๆ

การคำนวณโหลดของวงจรย่อย

การคำนวณโหลดของวงจรย่อย คือการนำโหลดทั้งหมดที่ต่อในวงจรย่อยมารวมกัน

ตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทยกำหนดไว้ว่า

ข้อที่ 3.1.6.1 วงจรย่อยต้องมีขนาดไม่น้อยกว่าผลรวมของโหลดทั้งหมดที่ต่ออยู่ในวงจรนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อที่ 3.1.6.2 โหลดแสงสว่างและโหลดของเครื่องใช้ไฟฟ้าอื่นที่ทราบแน่นอนให้คำนวณตามที่ติดตั้งจริง

ข้อที่ 3.1.6.3 โหลดของเต้ารับใช้งานทั่วไป ให้คำนวณโหลดจุดละ 180 โวลต์แอมแปร์ ทั้งชนิดเดี่ยว(Single) เต้าคู่(Duplex) และชนิดสามเต้า(Triplex)

ข้อที่ 3.1.6.4 โหลดของเต้ารับอื่นที่ไม่ได้ใช้งานทั่วไป ให้คำนวณโหลดตามขนาดของเครื่องใช้ไฟฟ้านั้นๆ

การกำหนดพิกัดเครื่องป้องกันกระแสเกินของวงจรย่อย

การกำหนดพิกัดเครื่องป้องกันกระแสเกินจะต้องทราบลักษณะสมบัติ(Characteristics) ของเครื่องป้องกันกระแสเกินว่าปลดวงจรตามขนาดที่ระบุหรือไม่ ปกติเครื่องป้องกันกระแสเกินเมื่อนำมาติดตั้งใช้งานอาจมีตัวคูณลดเนื่องจากสภาพการใช้งานต่างจากสภาพที่ทำการทดสอบ ไม่ว่าจะเป็นอุณหภูมิโดยรอบและการระบายอากาศ ค่านี้แตกต่างกันตามมาตรฐานการผลิต ดังนั้นในการกำหนดขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกินจึงควรเผื่อขนาดไว้บ้างประมาณ 25 % เมื่อคำนวณแล้วได้ขนาดไม่ตรงกับขนาดมาตรฐานที่มีขายในท้องตลาด ให้เลือกใช้ขนาดใกล้เคียงที่ตรงกับขนาดตามท้องตลาด

พิกัดเครื่องป้องกันกระแสเกิน = 1.25 × โหลดในวงจรย่อย

การกำหนดขนาดสายไฟฟ้าของวงจรย่อย

สายไฟฟ้าของวงจรย่อยต้องมีขนาดกระแสไม่ต่ำกว่าพิกัดของเครื่องป้องกันกระแสเกินที่ใช้งาน และต้องไม่เล็กกว่า 2.5 ตร.มม. (ตามข้อ 3.1.3 ของ ว.ส.ท.)

การคำนวณ เช่น วงจรย่อยขนาด 12.8 A

จะได้ขนาด Circuitbreaker =1.25 × 12.8 = 16 A

จะได้ขนาดสายตามตารางที่ 5-11 ของ ว.ส.ท. = 2.5 mm^2 THW

ชนิดและขนาดของโหลดในวงจรย่อย

วงจรย่อยที่จ่ายไฟให้เครื่องใช้ไฟฟ้าเพียงจุดเดียว

ขนาดวงจรย่อยเรียกตามขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกินที่ใช้เช่นวงจรย่อยที่ใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาด 15 แอมแปร์ จะเรียกว่าเป็นวงจรย่อยขนาด 15 แอมแปร์

วงจรย่อยที่จ่ายไฟให้โหลดตั้งแต่ 2 จุดขึ้นไป

ลักษณะของโหลดต้องเป็นไปตามข้อกำหนดต่อไปนี้

1. วงจรย่อยขนาดไม่เกิน 20 แอมแปร์ โหลดของเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้เต้าเสียบแต่ละเครื่องจะต้องไม่เกินร้อยละ 80 ของขนาดพิกัดวงจรย่อย กรณีมีเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้เต้าเสียบรวมอยู่ด้วยโหลดที่ติดตั้งถาวรรวมกันแล้วจะต้องไม่เกินร้อยละ 50 ของขนาดพิกัดวงจรย่อย

2. วงจรย่อยขนาด 25 ถึง 32 แอมแปร์ ให้ใช้กับดวงโคมไฟฟ้าที่ติดตั้งถาวรขนาดดวงโคมละไม่ต่ำกว่า 250 วัตต์ หรือใช้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ไม่ใช่ดวงโคม ขนาดของเครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดใช้เต้าเสียบแต่ละเครื่องจะต้องมีขนาดไม่เกินร้อยละ 80 ของขนาดพิกัดวงจรย่อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. วงจรย่อยขนาดเน 32 ถึง 50 แอมแปร์ ให้ใช้กับดวงโคมไฟฟ้าที่ติดตั้งถาวรขนาดดวงโคมละไม่ต่ำกว่า 250 วัตต์หรือใช้กับเคครื่องใช้ไฟฟ้าที่ติดตั้งถาวร

4. วงจรย่อยขนาดเกินกว่า 50 แอมแปร์ ให้ใช้กับโหลดที่ไม่ใช่แสงสว่างเท่านั้น

2.5 สายป้อน

สายป้อน หมายถึงตัวนำของวงจรระหว่างเมนสวิตช์กับเครื่องป้องกันกระแสเกินของวงจรย่อย สายป้อนจึงเป็นสายไฟฟ้าที่จ่ายไฟให้วงจรย่อยตั้งแต่ 2 วงจรขึ้นไป หรือจ่ายไฟให้กับสายป้อนด้วยกัน การกำหนดขนาดสายป้อนจึงเป็นการกำหนดขนาดสายไฟฟ้าและเครื่องป้องกันกระแสเกินของวงจรสายป้อน

การกำหนดพิกัดเครื่องป้องกันกระแสเกินของสายป้อน

การกำหนดขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกินควรพิจารณาการทำงานที่ต่ำกว่าพิกัดของเครื่องป้องกันกระแสเกินเช่นเดียวกับวงจรย่อย เมื่อคำนวณแล้วได้ขนาดไม่ตรงกับขนาดมาตรฐานที่มีขายในท้องตลาด ให้เลือกใช้ขนาดใกล้เคียงที่ตรงกับขนาดตามท้องตลาด

พิกัดเครื่องป้องกันกระแสเกิน = 1.25 × โหลดของสายป้อน

การกำหนดขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกินของวงจร 3 เฟส ทำได้ 2 วิธีคือ การกำหนดจากโหลดรวมของวงจรเมื่อใช้ดีมานด์แฟกเตอร์แล้ว เป็นกระแสของวงจร 3 เฟส ใช้ได้ดีเมื่อกระแสของวงจรแต่ละเฟสต่างกันไม่มากนักและเป็นวิธีที่สะดวก แต่อาจมีปัญหาเรื่องเครื่องป้องกันกระแสเกินอาจเล็กเกินไป เนื่องจากมีโหลดบางเฟสมาก จึงควรพยายามสมดุลโหลดในแต่ละเฟสให้ดีที่สุด อีกวิธีหนึ่งเป็นการกำหนดจากกระแสโหลดเฟสที่สูงที่สุด ใช้ได้ดีกับวงจรที่โหลดแต่ละเฟสต่างกันมากๆ การคำนวณอาจเพิ่มความยุ่งยากขึ้นบ้างแต่จะไม่มีปัญหาเรื่องเครื่องป้องกันกระแสเกินเล็กเกินไป จึงควรเลือกใช้ให้เหมาะสม

การคำนวณโหลดของสายป้อน คือการนำโหลดทั้งหมดที่ต่ออยู่ในวงจรสายป้อนเดียวกันมารวมกัน ในการคำนวณยอมให้ใช้ค่าดีมานด์แฟกเตอร์ได้ ซึ่งการใช้ค่าดีมานด์แฟกเตอร์มีข้อกำหนดดังนี้

1. โหลดแสงสว่าง ใช้ค่าดีมานด์แฟกเตอร์ตามตารางที่2-1 แต่ห้ามใช้กับสายป้อนในสถานที่บางแห่งของโรงพยาบาล หรือโรงแรม ซึ่งบางขณะไฟฟ้าแสงสว่างจะต้องใช้พร้อมกัน เช่น ในห้องผ่าตัด ห้องอาหาร หรือห้องโถง

2. โหลดเต้ารับใช้งานทั่วไปที่คิดโหลดไว้เต้ารับละไม่เกิน 180 วีเอ ใช้ในสถานที่อื่นที่ไม่ใช่ที่อยู่อาศัยใช้ค่าดีมานด์แฟกเตอร์ตามตารางที่2-2

3. โหลดเต้ารับอื่นที่ไม่ใช่เต้ารับใช้งานทั่วไปตามข้อ 2 ให้คิดโหลดจากเต้ารับตัวแรกที่มีขนาดโหลดสูงสุดบวกกับ 40% ของโหลดเต้ารับที่เหลือ

4. โหลดเครื่องใช้ไฟฟ้าทั่วไป ใช้ค่าดีมานด์แฟกเตอร์ตามตารางที่2-3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดของอาหาร	ขนาดของไฟแสงสว่าง (โวลต์-แอมแปร์)	ดีมานด์แฟกเตอร์ (ร้อยละ)
ที่พักอาศัย	ไม่เกิน 2000 ส่วนเกิน 2000	100 35
โรงพยาบาล	ไม่เกิน50000 ส่วนเกิน50000	40 20
โรงแรม รวมถึง ห้องชุดที่ไม่มีส่วนให้ผู้อยู่อาศัยประกอบอาหารได้*	ไม่เกิน 20000 20001-100000 ส่วนเกิน 100000	50 40 30
โรงเก็บพัสดุ	ไม่เกิน 12500 ส่วนเกิน 12500	100 50
อาคารประเภทอื่น	ทุกขนาด	100

ตารางที่ 2-1 ดีมานด์แฟกเตอร์สำหรับโหลดแสงสว่าง

โหลดของเต้ารับรวม (คำนวณโหลดเต้ารับละ 180 VA)	ดีมานด์แฟกเตอร์ (ร้อยละ)
10 KVA แรก	100
ส่วนที่เกิน 10KVA	50

ตารางที่ 2-2 ดีมานด์แฟกเตอร์สำหรับโหลดของเต้ารับในสถานที่ไม่ใช่ที่อยู่อาศัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ชนิดของอาคาร	ประเภทของโหลด	ดีมานด์แฟกเตอร์
1.อาคารที่อยู่อาศัย	เครื่องหุงต้ม	10 แอมแปร์+ร้อยละ30ของส่วนที่เกิน 10 แอมแปร์
	เครื่องทำน้ำร้อน	กระแสใช้งานจริงของสองตัวแรกที่ใช้งาน+ ร้อยละ 25 ของตัวที่เหลือทั้งหมด
	เครื่องปรับอากาศ	ร้อยละ 100
2. อาคารสำนักงาน และร้านค้ารวมถึงห้างสรรพสินค้า	เครื่องหุงต้มอาหาร	กระแสใช้งานจริงของตัวที่ใหญ่ที่สุด +ร้อยละ 80 ของตัวที่ใหญ่รองลงมา +ร้อยละ 60 ของตัวที่เหลือทั้งหมด
	เครื่องทำน้ำร้อน	ร้อยละร้อยของสองตัวแรกที่ใหญ่ที่สุด +ร้อยละ 25 ของตัวที่เหลือทั้งหมด
	เครื่องปรับอากาศ	ร้อยละ 100
3.โรงแรมและอาคารประเภทอื่น	เครื่องหุงต้มอาหาร	เหมือนข้อ 2
	เครื่องทำน้ำร้อน	เหมือนข้อ 2
	เครื่องปรับอากาศ ประเภทแยกแต่ละห้อง	ร้อยละ 75

ตารางที่ 2-3 ดีมานด์แฟกเตอร์สำหรับเครื่องใช้ไฟฟ้าทั่วไป

การกำหนดขนาดสายไฟฟ้าของสายป้อน

สายไฟฟ้าของสายป้อนต้องมีขนาดกระแสไม่ต่ำกว่าพิกัดเครื่องป้องกันกระแสเกิน แต่ต้องมีขนาดไม่เล็กกว่า 4 ตร.มม.

การกำหนดขนาดสายนิวทรัล

ในวงจร 3 เฟส 4 สาย กระแสที่ไหลในสายนิวทรัลปกติจะไม่เท่ากับในสายเฟส การกำหนดขนาดสายนิวทรัลจึงต่างไปจากสายเฟส โดยกำหนดจากปริมาณกระแสที่คาดว่าจะไหลในสายนิวทรัลเนื่องจากโหลดไม่สมดุล โหลดที่ทำมีกระแสไหลในสายนิวทรัลคือโหลด 1-เฟสที่ต่ออยู่ในวงจร 3-เฟส เลือกใช้เฟสที่มากที่สุด และดำเนินการดังนี้

1. กรณีกระแสโหลดไม่สมดุลสูงสุดไม่เกิน 200 แอมแปร์ ขนาดกระแสของสายนิวทรัลต้องไม่น้อยกว่ากระแสโหลดสูงสุดนั้น

2. กรณีกระแสโหลดไม่สมดุลสูงสุดเกิน 200 แอมแปร์ ขนาดกระแสของสายนิวทรัล ต้องไม่ต่ำกว่า 200 แอมแปร์ บวกด้วย 70 % ของส่วนที่เกิน 200 แอมแปร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
61366

3. ไม่อนุญาตให้คำนวณลดขนาดกระแสในตัวนำนิวทรัลในส่วนของโหลดไม่สมดุลที่ประกอบด้วยหลอดชนิดปล่อยประจุ เช่น หลอดฟลูออเรสเซนต์ อุปกรณ์เกี่ยวกับการประมวลผลข้อมูลหรืออุปกรณ์อื่นที่มีลักษณะคล้ายกันที่ทำให้เกิดกระแสฮาร์มอนิกในตัวนำนิวทรัล

หมายเหตุ 1. กระแสของโหลดไม่สมดุลสูงสุดคือค่าสูงสุดที่คำนวณได้จากโหลด 1 เฟส ที่ต่อระหว่างตัวนำนิวทรัลและสายเส้นไฟเส้นใดเส้นหนึ่ง

2. ในระบบไฟ 3 เฟส 4 สายที่จ่ายให้กับระบบคอมพิวเตอร์หรือโหลดอิเล็กทรอนิกส์จะต้องเผื่อตัวนำนิวทรัลอาจมีขนาดใหญ่กว่าสายเส้นไฟ

2.6 เมนสวิตช์และสายเมนเข้าอาคาร

เมนสวิตช์(Service Equipment) หมายถึงอุปกรณ์สำหรับสับปลดวงจรที่อยู่ระหว่างสายเมนเข้าอาคารกับสายภายใน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อตัดวงจรสายภายในทั้งหมดออกจากระบบ และป้องกันการใช้กระแสเกิน

สายเมนเข้าอาคาร(Service Conductor) หมายถึงสายไฟฟ้าที่ต่ออยู่ระหว่างเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าของการไฟฟ้าฯกับเมนสวิตช์ หรือระหว่างหม้อแปลงไฟฟ้ากับเมนสวิตช์

เมนสวิตช์

เมนสวิตช์ เป็นสวิตช์ที่ทำหน้าที่ปลดสายภายในอาคารทั้งหมดออกจากระบบจ่ายไฟ โหลดของสายเมนและเมนสวิตช์คำนวณเช่นเดียวกับสายป้อน ถ้าวงจรไฟฟ้าเป็นวงจรขนาดเล็กมีสายป้อนเพียงชุดเดียวโหลดที่คำนวณได้สำหรับสายป้อนก็คือโหลดของเมนสวิตช์นั่นเอง แต่ถ้าในวงจรมีสายป้อนหลายชุดการคำนวณโหลดของเมนสวิตช์ก็คือรวมโหลดทั้งหมดทุกสายป้อนเข้าด้วยกัน และใช้ดีมานแฟกเตอร์ตารางเดียวกับการคำนวณสายป้อน

เมนสวิตช์แบ่งออกเป็น เมนสวิตช์แรงต่ำและเมนสวิตช์แรงสูง มีรายละเอียดดังนี้

1. เมนสวิตช์แรงต่ำ เมนสวิตช์แรงต่ำระบบ 3 เฟส ที่สายนิวทรัลมีการต่อลงดินโดยตรงขนาดตั้งแต่ 1000 แอมแปร์ขึ้นไป ต้องติดตั้งเครื่องป้องกันกระแสรั่วลงดิน เมนสวิตช์ประกอบด้วยเครื่องปลดวงจรและเครื่องป้องกันกระแสเกิน มีรายละเอียดดังนี้

1)เครื่องปลดวงจร มีรายละเอียดและข้อกำหนดการติดตั้งดังนี้

ก.เครื่องปลดวงจรชนิด 1 เฟส ที่มีขนาดตั้งแต่ 50 แอมแปร์ขึ้นไปและชนิด 3 เฟสทุกขนาด ต้องเป็นชนิดที่ปลด-สับได้ขณะที่มีโหลด

ข.เครื่องปลดวงจรต้องสามารถปลดวงจรทุกสายเส้นไฟได้พร้อมกันอย่างจงใจ และต้องมีเครื่องหมายแสดงให้เห็นว่าอยู่ในตำแหน่งปลดหรือสับ หรือถ้าตำแหน่งที่ปลดหรือสับนั้นสามารถเห็นได้อย่างชัดเจนก็ไม่ต้องมีเครื่องหมาย

ค.เครื่องปลดวงจรต้องมีพิกัดไม่ต่ำกว่าพิกัดของเครื่องป้องกันกระแสเกินขนาดมากที่สุดที่ใส่ได้หรือปรับตั้งได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง.ห้ามต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าทางด้านเข้าของเครื่องปลดวงจร นอกจากจะเป็นการต่อเข้าเครื่องวัด คาปาซิเตอร์ สัญญาณต่างๆ อุปกรณ์ป้องกันเสิร์จ วงจรระบบไฟฉุกเฉิน ระบบเตือนและป้องกันอัคคีภัย และระบบป้องกันกระแสรั่วลงดิน หรือเพื่อใช้ในวงจรควบคุมของเมนสวิตช์ที่ต้องมีไฟเมื่อเครื่องปลดวงจรอยู่ในตำแหน่งปลด

จ.ต้องจัดให้มีที่ว่างเพื่อปฏิบัติงานที่เครื่องปลดวงจรได้อย่างพอเพียง

2)สายเส้นไฟทุกเส้นที่ต่อออกจากเครื่องปลดวงจรของเมนสวิตช์ต้องมีเครื่องป้องกันกระแสเกิน กรณีเป็นเครื่องวัดแรงต่ำพิกัดสูงสุดของเครื่องป้องกันกระแสเกินของเมนสวิตช์ต้องไม่เกินที่กำหนด ห้ามติดตั้งเครื่องป้องกันกระแสเกินในสายเส้นที่มีการต่อลงดินหรือสายนิวทรัลเพราะเมื่อเครื่องป้องกันกระแสเกินในสายนิวทรัลปลดวงจรแต่สายเส้นไฟยังต่ออยู่จะยังคงมีแรงดันไฟฟ้าอยู่ในวงจรโดยผู้ใช้ไม่ทราบอาจเกิดอันตรายได้เนื่องจากขาดความระมัดระวังโดยคิดว่าไม่มีไฟ แต่ถ้าเป็นเครื่องป้องกันกระแสเกินที่เป็นเซอร์กิตเบรกเกอร์ซึ่งตัดวงจรทุกสายของวงจรออกพร้อมกันเมื่อกระแสเกินยอมให้ติดตั้งในสายนิวทรัลได้และเครื่องป้องกันกระแสเกินต้องสามารถตัดกระแสลัดวงจรค่ามากที่สุดที่อาจเกิดขึ้นที่จุดต่อไฟด้านไฟออกของเครื่องป้องกันกระแสเกินได้ และต้องไม่ต่ำกว่า 10 กิโลแอมแปร์

2. **เมนสวิตช์แรงสูง** เมนสวิตช์แรงสูงต้องสอดคล้องกับข้อกำหนดของเมนสวิตช์แรงต่ำและมีข้อกำหนดเพิ่มเติมดังนี้

1) **สวิตช์แยกวงจร** เมื่อใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ทำหน้าที่เป็นเครื่องปลดวงจรของเมนสวิตช์ต้องติดตั้งสวิตช์แยกวงจรทางด้านไฟเข้าของเครื่องปลดวงจรเพื่อความปลอดภัย เพราะเมื่อสั่งเซอร์กิตเบรกเกอร์ให้ปลดวงจรแล้วจะไม่สามารถมองเห็นหน้าสัมผัสได้ อาจเกิดอันตรายเนื่องจากหน้าสัมผัสของเซอร์กิตเบรกเกอร์อาจหลอมละลายติดกันและไม่เปิดวงจรจริง

ทางด้านโหลดของสวิตช์แยกวงจร ต้องมีอุปกรณ์สำหรับต่อลงดินเมื่อปลดวงจรออกจากแหล่งจ่ายไฟฟ้า เซอร์กิตเบรกเกอร์ชนิดดึงออกได้ ถือว่ามีสวิตช์แยกวงจรอยู่แล้ว สวิตช์แยกวงจรต้องอินเตอร์ล็อกให้สับปลดได้เฉพาะเมื่อเมนสวิตช์อยู่ในตำแหน่งปลด หรือต้องมีป้ายเตือนที่เห็นได้ชัดเจนไม่ให้สับปลดวงจรเพื่อเมนสวิตช์อยู่ในตำแหน่งสับ

2) **เครื่องปลดวงจรของเมนสวิตช์** เครื่องปลดวงจรต้องปลดสายเส้นไฟทั้งหมดพร้อมกันได้และต้องสับวงจรได้ขณะที่เกิดกระแสลัดวงจรค่ามากที่สุด เมื่อติดตั้งฟิวส์หรือฟิวส์ประกอบกัน ฟิวส์นั้นจะต้องมีคุณสมบัติที่สามารถตัดกระแสลัดวงจรขณะที่สับเครื่องปลดวงจรได้โดยเครื่องปลดวงจรนี้ไม่เสียหาย

กรณีที่เครื่องปลดวงจรเป็นฟิวส์คัตเอาต์ติดตั้งบนเสาไฟฟ้าหรือโครงสร้างอื่นที่ทำหน้าที่เช่นเดียวกับเสาไฟฟ้าไม่บังคับให้ปลดวงจรทุกสายเส้นไฟได้พร้อมกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) **เครื่องป้องกันกระแสเกิน** ต้องติดตั้งในทุกสายเส้นไฟ และเลือกใช้แบบใดแบบหนึ่งดังต่อไปนี้

ก) เมื่อเมนสวิตช์ติดตั้งในห้องสวิตช์เกียร์หรือตู้สวิตช์เกียร์โลหะ เครื่องป้องกันกระแสเกินและเครื่องปลดวงจรต้องเป็นดังต่อไปนี้

- สวิตช์สำหรับตัดโหลดชนิดใช้อากาศ ต้องใช้งานร่วมกับฟิวส์ และความสามารถในการปลดวงจรของสวิตช์ต้องไม่น้อยกว่าพิกัดกระแสใช้งานต่อเนื่องของฟิวส์
- เซอร์กิตเบรกเกอร์ ซึ่งมีพิกัดกระแสและความสามารถในการตัดไฟที่เหมาะสมกับการใช้งาน

ข)เมื่อเมนสวิตช์ไม่ติดตั้งให้ห้องสวิตช์เกียร์หรือไม่ได้เป็นตู้สวิตช์เกียร์โลหะ เครื่องป้องกันกระแสเกินและเครื่องปลดวงจรต้องเป็นดังนี้

- สวิตช์สำหรับตัดโหลดชนิดใช้อากาศ หรือสวิตช์อื่นที่สามารถตัดกระแสโหลดที่กำหนดของวงจรได้ ต้องใช้ร่วมกับฟิวส์ที่ติดอยู่บนเสาหรือบนโครงสร้างที่ยกขึ้นให้สูงและอยู่ภายนอกอาคารและสวิตช์ที่สามารถสับ-ปลด โดยบุคคลที่มีหน้าที่เกี่ยวข้องในอาคารนั้น
- เซอร์กิตเบรกเกอร์ ซึ่งมีพิกัดกระแสและความสามารถในการตัดไฟที่หมาะสมต้องติดตั้งไว้ภายนอกอาคารให้ใกล้จุดที่เข้าสายเมนเข้าอาคารมากที่สุดเท่าที่จะทำได้

ค) เมื่อใช้ฟิวส์ ต้องมีความสามารถในการตัดกระแสลัดวงจรไม่น้อยกว่าค่ามากที่สุดของกระแสลัดวงจรที่อาจเกิดขึ้นในวงจรที่จุดต่อสายด้านไฟออก

ง)เมื่อใช้ เซอร์กิตเบรกเกอร์ ต้องเป็นแบบปลดได้โดยอิสระ เซอร์กิตเบรกเกอร์ที่ทำหน้าที่เป็นเมนสวิตช์ต้องมีเครื่องหมายที่แสดงให้เห็นชัดเจนว่าอยู่ในตำแหน่งสับหรือปลด และต้องมีความสามารถในการตัดไฟไม่น้อยกว่ากระแสลัดวงจรค่ามากที่สุดอาจจะเกิดขึ้นที่จุดต่อสายด้านไฟออก

หมายเหตุ เซอร์กิตเบรกเกอร์แบบปลดได้โดยอิสระ หมายถึง สามารถปลดวงจรได้ถึงแม้มือจับด้าม หรือปุ่มบังคับของ เซอร์กิตเบรกเกอร์ยังอยู่ในตำแหน่งสับ จุดประสงค์เพื่อป้องกันอันตรายที่เกิดกับบุคคลที่สับเซอร์กิตเบรกเกอร์ขณะที่เกิดลัดวงจร ซึ่ง เซอร์กิตเบรกเกอร์จะปลดวงจรทันทีขณะที่สับและมือยังจับอยู่

2.7 สายเมนเข้าอาคาร

สายเมนเข้าอาคาร แยกเป็นสายเมนสำหรับระบบแรงต่ำ และสายเมนสำหรับระบบแรงสูง มีรายละเอียดดังนี้

1.สายเมนสำหรับระบบแรงต่ำ แบ่งเป็นสายอากาศและสายใต้ดิน มีรายละเอียดดังนี้

1)สายเมนเข้าอาคารชนิดสายอากาศ การไฟฟ้านครหลวงกำหนดให้สายไฟฟ้าต้องเป็นสายทองแดงหุ้มฉนวนชนิดที่เหมาะสมกับลักษณะการติดตั้ง มีขนาดกระแสไม่ต่ำกว่าขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกินตามที่กำหนดในตารางที่3-4 แต่ต้องไม่เล็กกว่า 4.0 ตร.มม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคอนุญาตให้ใช้สายอะลูมิเนียมได้เฉพาะส่วนที่อยู่ภายนอกอาคาร ขนาดสายเมนเข้าอาคารเป็นไปตามที่กำหนดในวสท. กรณีเดินสายร้อยท่อโลหะสายไฟฟ้าต้องมีขนาดกระแสไม่ต่ำกว่า 1.25 เท่าของโหลดตามตาราง

2)สายเมนเข้าอาคารชนิดสายใต้ดิน ต้องเป็นสายทองแดงหุ้มฉนวนชนิดที่เหมาะสมกับลักษณะการติดตั้ง มีขนาดไม่ต่ำกว่าขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกิน แต่ต้องไม่เล็กกว่า 10 ตร.มม. เนื่องจากต้องการความแข็งแรงทางกลด้วย

ขนาดสายนิวทรัล ในระบบ 3เฟส 4 สาย การกำหนดขนาดสายนิวทรัลจะกำหนดจากกระแสที่ไหลในสายนิวทรัลเช่นเดียวกับสายป้อน แต่ขนาดสายนิวทรัลเล็กสุดต้องไม่เล็กกว่าขนาดสายต่อหลักดินที่คิดจากขนาดสายเมนเส้นเฟสและต้องมีพื้นที่หน้าตัดไม่เล็กกว่า 12.5 % ของเส้นสายเฟส กรณีที่สายเส้นเฟสเดินเป็นแบบเฟสละหลายเส้นการคิดขนาดสายเส้นเฟสให้รวมพื้นที่หน้าตัดของสายทุกเส้นในเฟสเดียวกันเข้าด้วยกัน

2 . สายเมนสำหรับระบบแรงสูง

1)สายเมนเข้าอาคารชนิดสายอากาศ เป็นสายทองแดงหรืออะลูมิเนียม มีขนาดเพียงพอที่จะรับกระแสโหลดได้ ปัจจุบันนิยมใช้เป็นสายหุ้มฉนวนไม่เต็มพิกัดเช่นสาย สเปซแอเรียลเคเบิล

2)สายเมนเข้าอาคารชนิดสายใต้ดิน ต้องเป็นสายทองแดงหุ้มฉนวนชนิดที่เหมาะสมกับลักษณะการติดตั้ง มีขนาดเพียงพอที่จะรับกระแสโหลดได้ การติดตั้งจะต้องทำป้ายระบุแนวของสายใต้ดินและบอกความลึกของสายบนสุดไว้ ป้ายต้องเห็นได้ชัดเจน ระยะห่างระหว่างป้ายไม่เกิน 50 เมตร เพื่อป้องกันการขุดเจาะไปถูกสายไฟฟ้าเสียหาย และควรมีแผนผังแสดงแนวสายใต้ดินเก็บรักษาไว้พร้อมที่จะตรวจสอบได้ และใช้ประโยชน์ในการบำรุงรักษาในวันหน้าด้วย

2.8 การต่อลงดิน

การต่อลงดินมีประโยชน์ 2 ประการ คือ

1.เพื่อป้องกันอันตราย ที่จะเกิดกับบุคคล ที่บังเอิญไปสัมผัสกับส่วนที่เป็นโลหะ ของเครื่องบริภัณฑ์ไฟฟ้าและส่วนประกอบอื่นๆที่มีแรงดันไฟฟ้า เนื่องจากการรั่วไหล หรือการเหนี่ยวนำทางไฟฟ้า

เพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดกับอุปกรณ์ หรือ ระบบไฟฟ้าเมื่อเกิดการลัดวงจรลงดิน

ชนิดของการต่อลงดินและส่วนประกอบต่างๆ

การต่อลงดินของระบบไฟฟ้า หมายถึง การต่อส่วนใดส่วนหนึ่งของระบบไฟฟ้าที่มีกระแสไหลผ่านลงดิน เช่น การต่อจุดนิวทรัล

การต่อลงดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า หมายถึง การต่อส่วนที่เป็นโลหะ ที่ไม่มีกระแสไหลผ่านของอุปกรณ์ต่างๆลงดิน

การต่อลงดินมีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ

1. หลักดิน หรือ ระบบหลักดิน
2. สายต่อหลักดิน
3. สายที่มีการต่อลงดิน
4. สายต่อฝากหลัก
5. สายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุดประสงค์ของการต่อลงดินของระบบไฟฟ้า(System Grounding)

1. เพื่อจำกัดแรงดันเกินที่ส่วนต่างของระบบไฟฟ้า ซึ่งอาจเกิดจากฟ้าผ่าเสิร์จในสาย หรือสัมผัสกับสายแรงสูง
2. เพื่อให้ค่าแรงดันเทียบกับดินขณะระบบทำงานปกติมีค่าอยู่ตัว
3. เพื่อช่วยให้อุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินทำงานได้รวดเร็วขึ้น เมื่อเกิดการลัดวงจรลงดิน

สายต่อหลักดิน(Grounding Electrode Conductor) หมายถึง ตัวนำที่ใช้ต่อระหว่างหลักดินกับส่วนทั้งสามต่อไปนี้คือ

- สายที่มีการต่อลงดิน
- สายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า
- สายต่อฝากที่บริภัณฑ์ไฟฟ้า

การป้องกันสายดินจากสนามแม่เหล็ก

- ต้องให้มีความต่อเนื่องทางไฟฟ้าจากบริภัณฑ์ไฟฟ้าไปยังหลักดิน
- สิ่งห่อหุ้มต้องยึดติดกับระบบหลักดิน
- ถ้าสายต่อหลักดินไม่ได้มีสิ่งห่อหุ้มตลอดความยาวปลายทั้งสองของสิ่งห่อหุ้ม จะต้องเชื่อมเข้ากับสายต่อหลักดิน เพื่อป้องกันความร้อนขณะลัดวงจร

สายที่มีการต่อลงดิน (Grounded Conductor)

สายที่มีการต่อลงดิน (Grounded Conductor) คือ สายของวงจรที่มีส่วนใดส่วนหนึ่งส่วนใดต่อถึงดินอย่างจงใจในกรณีที่เกิดกระแสลัดวงจรลงดินสายที่มีการต่อลงดินจะทำหน้าที่เป็นสายดินของอุปกรณ์ด้วยเพื่อนำกระแสลัดวงจรกลับไปยังแหล่งจ่ายไฟ ในระบบไฟฟ้าโดยทั่วไป สายที่มีการต่อลงดินคือสายนิวทรัล แต่ไม่จำเป็นต้องเป็นสายนิวทรัลเสมอไป

การต่อลงดินของบริภัณฑ์ประธาน (Service Equipment Grounding)

หมายถึง การต่อสิ่งห่อหุ้มโลหะต่างๆ และ สายนิวทรัลที่บริภัณฑ์ประธานลงดินบริภัณฑ์ประธานจะเป็นจุดต่อรวมของสายดินดังนี้

1. สายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า
2. สายที่มีการต่อลงดิน
3. สายต่อฝากหลัก
4. สายต่อหลักดิน

การต่อฝากหลัก(Main Bonding Jumper)

การต่อที่สำคัญอีกอย่างที่บริภัณฑ์ประธาน คือการต่อฝากหลัก(Main Bonding Jumper) หมายถึง การต่อโครงโลหะของบริภัณฑ์ประธานกับตัวนำที่มีการต่อลงดินอาจเป็นบัสบาร์สายดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การต่อลงดินของเครื่องบริภัณฑ์ไฟฟ้า(Equipment Grounding)

การต่อลงดินของเครื่องบริภัณฑ์ไฟฟ้า หมายถึง การต่อส่วนที่เป็นโลหะที่ไม่มีกระแสไหลผ่านของสถานประกอบการให้ถึงกันตลอดแล้วต่อลงดิน

การต่อลงดินของเครื่องบริภัณฑ์ไฟฟ้า มีจุดประสงค์ดังนี้ คือ

1. เพื่อให้ส่วนโลหะที่ต่อถึงกันตลอดมีศักดาไฟฟ้าเท่ากับดิน ทำให้ปลอดภัยจากการถูกไฟดูด
2. เพื่อให้อุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินทำงานได้รวดเร็วขึ้นเมื่อตัวนำไฟฟ้าแตะเข้ากับส่วนโลหะใดๆ
3. เป็นทางผ่านให้กระแสรั่วไหล และกระแสเนื่องมาจากไฟฟ้าสถิตลงดิน

เครื่องบริภัณฑ์ไฟฟ้าที่ต้องต่อลงดิน มีดังนี้

1. เครื่องห่อหุ้มที่เป็นโลหะของ สายไฟฟ้า แผงบริภัณฑ์ประธาน โครง และรางปั้นจั่นที่ใช้ไฟฟ้า โครงของตู้ลิฟต์
2. สิ่งกั้นที่เป็นโลหะ รวมทั้งเครื่องห่อหุ้มของเครื่องบริภัณฑ์ไฟฟ้าในระบบแรงสูง
3. เครื่องบริภัณฑ์ไฟฟ้าที่ยึดติดอยู่กับที่และชนิดที่มีการเดินสายถาวรส่วนที่เป็นโลหะเปิดโล่งซึ่งปรกติไม่มีไฟฟ้า แต่อาจมีไฟรั่วถึงได้ ต้องต่อลงดินถ้ามีสภาพตามข้อใดข้อหนึ่งต่อไปนี้
   - อยู่ห่างจากพื้น หรือ โลหะที่ต่อลงดินไม่เกิน 8 ฟุตในแนวตั้ง หรือ 5 ฟุตในแนวนอน และบุคคลอื่นอาจสัมผัสได้
   - สัมผัสทางไฟฟ้ากับโลหะอื่นๆ
   - อยู่ในสภาพที่เปียกชื้น และ ไม่ได้มีการแยกให้อยู่ต่างหาก

2.9 ระบบสัญญาณเตือนไฟไหม้อัตโนมัติ

ระบบสัญญาณเตือนไฟไหม้อัตโนมัติ จะหมายถึงอุปกรณ์ที่สามารถรับรู้ถึงไฟไหม้ที่เกิดขึ้นแล้วสามารถส่งไปยังชุดควบคุมให้พร้อมที่จะสั่งกระดิ่งหรืออุปกรณ์ใดๆที่เกี่ยวข้องกับการป้องกันไฟไหม้ทำงานได้โดยปราศจากการควบคุมโดยคน

ระบบสัญญาณเตือนไฟไหม้อัตโนมัติประกอบด้วย

1.ระบบ Hard wire เป็นระบบที่ไม่สามารถระบุตำแหน่งที่แน่นอนได้ บอกได้เพียงว่ามาจากโซนไหน ระบบนี้จะใช้ติดตั้งในอาคารที่ไม่ใหญ่หรือสูงเกินไปนัก

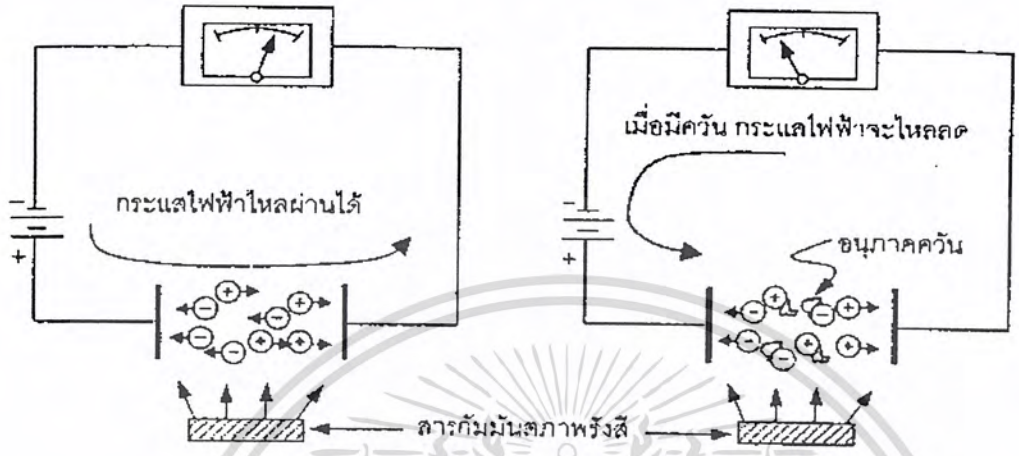
2.ระบบ Addressible ระบบนี้อุปกรณ์แจ้งเหตุจะถูกส่งผ่านมายัง Monitor module(MM) และสั่งผ่านอุปกรณ์ เช่น กระดิ่ง จะถูกส่งผ่าน Control module(CM) ผ่านไปยังอุปกรณ์ MM และ CM จะสามารถกำหนดที่อยู่ได้

อุปกรณ์ในระบบสัญญาณเตือนไฟไหม้อัตโนมัติที่ใช้ในการออกแบบ

1. **อุปกรณ์ตรวจจับควัน** Smoke detector แบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ

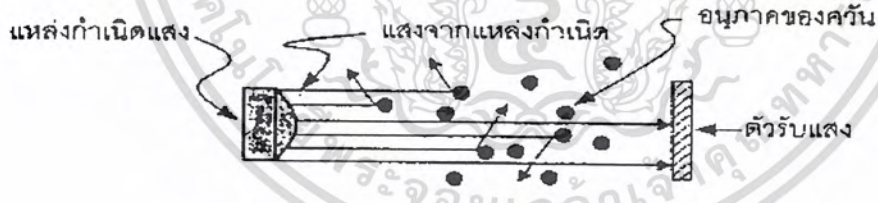
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1ชนิดไอโอไนเซชั่น ประกอบด้วยกล่องที่ภายในมีแผ่นโลหะที่มีขั้วไฟฟ้าต่างกัน และมีสารกัมมันตภาพรังสีซึ่งจะทำหน้าที่กระตุ้นอากาศภายในกล่องเกิดการแตกตัว ไอออนในอากาศจะมีหน้าที่นำกระแสระหว่างสองขั้ว เมื่อมีควันเข้าไปการนำกระแสจะลดลงทำให้อุปกรณ์ทำงาน ดังรูป



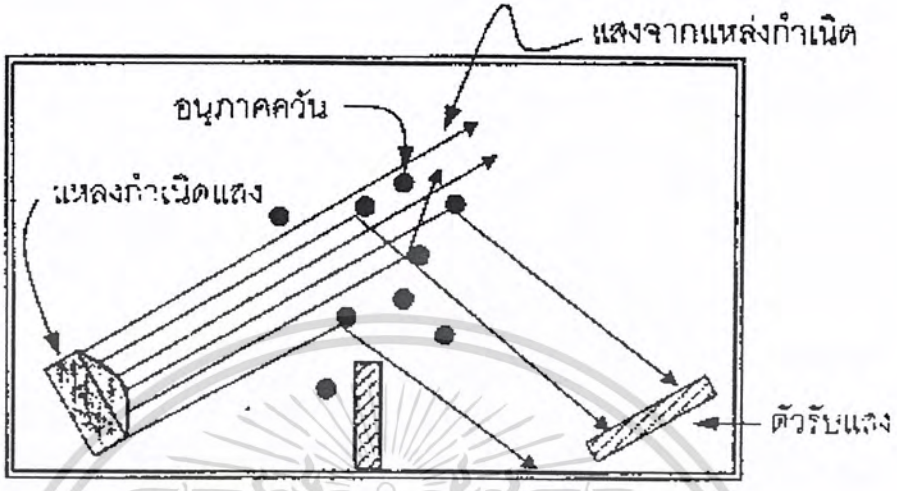
รูปที่ 2-1 อุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดไอโอไนเซชั่น

1.2ชนิดโฟโตอิเลคตริก แบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ

1.2.1แบบควันบังแสง มีตัวส่งและตัวรับแสงจะมีค่าในการรับแสงที่แน่นอนอยู่ค่าหนึ่ง เมื่อมีควันเข้าไปอนุภาคควันจะบดบังแสงทำให้อุปกรณ์ทำงาน ดังรูป

รูปที่ 2- 2 อุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดโฟโตอิเลคตริกแบบควันบังแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2.2แบบควันหักเหแสง เมื่อมีควันเข้าไปอนุภาคควันจะบดบังแสงและหักเหแสง แสงบางส่วนจะไปกระทบกับตัวรับแสงจนถึงค่าที่ตั้งไว้ทำให้อุปกรณ์ทำงาน ดังรูป



รูปที่ 2- 3 อุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดโฟโตอิเลคตริกแบบควันหักเหแสง

การติดตั้งใช้งาน

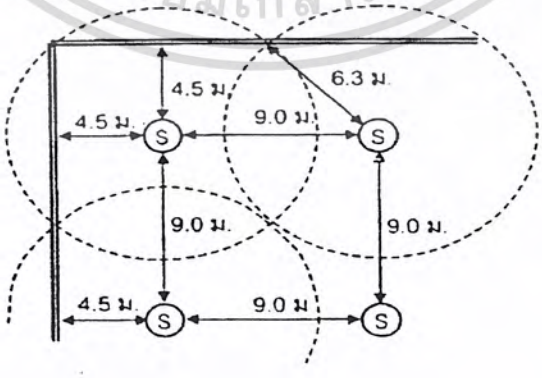
1.ความสูงในการติดตั้ง

1.1อุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดจุด ติดตั้งที่ความสูงไม่เกิน 10.5 เมตร ห่างจากฝ้าหรือหลังคา 25-270 มิลลิเมตร

1.2อุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดลำแสง ติดตั้งที่ความสูงไม่เกิน 25.0เมตร ห่างจากฝ้าหรือหลังคา 300-750 มิลลิเมตร

2.ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดจุด

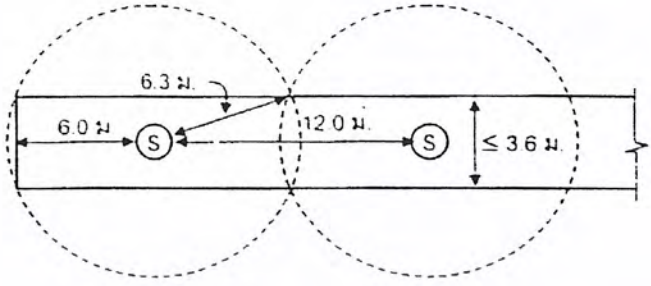
2.1สำหรับเพดานและพื้นผิวแนวราบ รัศมีการตรวจจับไม่เกิน 6.3 เมตร ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับไม่เกิน 9.0 เมตร ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับกับผนังห้องไม่เกิน 4.5 เมตร ดังรูป



รูปที่ 2- 4 ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดจุดสำหรับเพดานและพื้นผิวแนวราบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่องทางเดินไม่เกิน 3.6 เมตร ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับไม่เกิน 12.0 เมตร ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับกับผนังปลายทางเดินไม่เกิน 6.0 เมตร ดังรูป



รูปที่ 2- 5 ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดจุดสำหรับเพดานและพื้นผิวแนวราบ

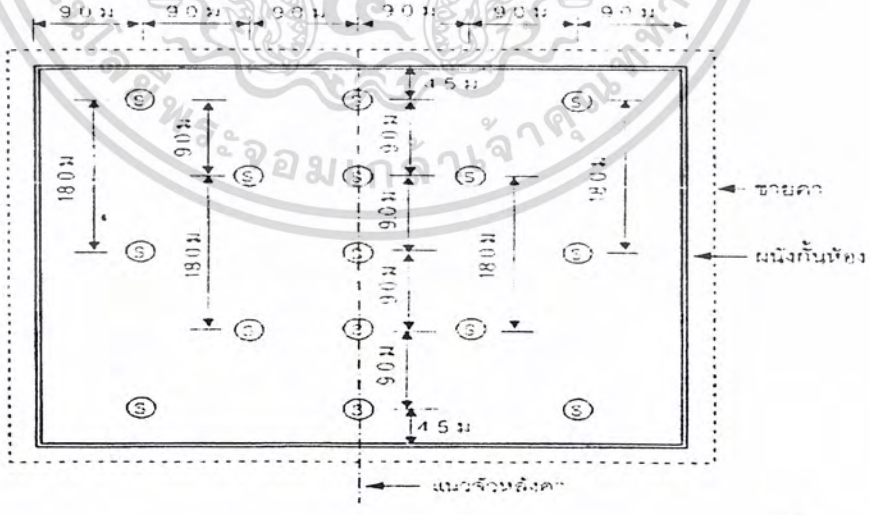
2.2สำหรับเพดานและพื้นผิวเอียง

2.2.1ระยะห่างตามแนวยาวที่ขนานกับจั่วหลังคาต้องห่างกันไม่เกิน 9.0 เมตร

2.2.2แถวของอุปกรณ์ตรวจจับที่อยู่ล่างสุด(ใกล้ชายคา) ต้องห่างไม่เกิน 9.0 เมตรจากผนังหรือฉากกั้นและจากแถวของอุปกรณ์ตรวจจับที่อยู่ใกล้กัน ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับในแนวเดียวกันไม่เกิน 18.0 เมตร

2.2.3แถวของอุปกรณ์ตรวจจับที่อยู่แถวบนสุดกับแถวที่อยู่ล่างสุด ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ไม่เกิน 18.0 เมตร ระยะห่างระหว่างแถวไม่เกิน 9.0 เมตร

ดังรูป



รูปที่ 2- 6 ความสูงในการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดจุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. **อุปกรณ์ตรวจจับความร้อน Heat detector** แบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ

2.1อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนแบบอุณหภูมิคงที่ ราคาถูกที่สุดและมีความไวในตรวจสอบน้อยที่สุด จะสามารถคลอบคลุมการทำงาน 60-70 ตารางเมตร

2.2อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนแบบตรวจสอบอัตราการเพิ่มความร้อน ควรเลือกใช้ในกรณีที่เพลิงมีความร้อนสูงและคาดว่าจะลุกลามได้เร็ว สามารถคลอบคลุมการทำงาน 70-90 ตารางเมตร

2.10 ระบบตัวนำล่อฟ้า

โดยทั่วไปเมื่อมีการออกแบบระบบตัวนำล่อฟ้าที่ถูกต้อง จะเป็นผลช่วยให้โอกาสที่ฟ้าจะผ่าลงสู่บริเวณที่ทำการป้องกันมีโอกาสน้อยลง

ซึ่งระบบตัวนำล่อฟ้า อาจจะมีองค์ประกอบร่วมกันกับสิ่งต่างๆดังต่อไปนี้

1. แท่งตัวนำ
2. สายตัวนำขึง
3. ตัวนำแบบตาข่าย

2.11 ระบบโทรศัพท์

โดยทั่วไป สามารถแยกระบบโทรศัพท์ออกได้เป็น 2 ระบบใหญ่ๆ คือ

1. **ระบบ PBX** (Public Exchange) เป็นระบบชุมสายกลางสำหรับติดต่อสื่อสาร
2. **ระบบ PVX** (Private Exchange) เป็นระบบย่อยต่อจากชุมสายกลางหรือระบบ PBX อีกทีหนึ่ง ในระบบนี้ยังมีอีกหลายชนิดด้วยกัน ซึ่งจะขึ้นอยู่กับการออกแบบให้เหมาะสมกับการใช้งาน ทำให้มีความแตกต่ารงกันออกไป แต่สามารถแบ่งได้ตามลักษณะของการออกแบบได้เป็น 2 ชนิดใหญ่ๆ คือ

ก. ระบบคีย์เทโลโฟน (Key Telephone) เป็นระบบโทรศัพท์ขนาดเล็ก ไม่จำเป็นต้องมีพนักงานรับโทรศัพท์ เครื่องรับภายในมีลักษณะพิเศษไม่เหมือนทั่วๆไป เป็นระบบโทรศัพท์ที่เหมาะกับอาคารสำนักงานที่มีขนาดเล็กจนถึงกลาง เพราะขีดจำกัดของมันจะสามารถต่อกับเครื่องพ่วงแบบคีย์ได้ไม่เกิน 48 เครื่องเท่านั้น

ข. ระบบ EPABX (Electronic Private Automatic Branch Exchange) ระบบโทรศัพท์แบบนี้จะเป็นระบบโทรศัพท์ที่มีขนาดใหญ่ สามารถติดต่อกับเครื่องพ่วงได้จำนวนมาก ระบบนี้จะมีพนักงานโทรศัพท์คอยทำหน้าที่รับสายที่เรียกเข้าและทำการโอนสายไปยังเครื่องรับภายในที่ต้องการ

สายโทรศัพท์ที่ใช้เดินในอาคารใช้สายชนิด TPEV หรือ TPEV-A ซึ่งเป็นสายหุ้มฉนวน PVC ไม่ควรใช้สายชนิดหุ้มด้วยโพลีเอทีลีน ทั้งนี้เพื่อความปลอดภัยเมื่อเกิดเพลิงไหม้ ในกรณีที่สายร้อยเข้าไปในท่อร้อยสายที่เป็นโลหะ จะใช้สายชนิด TPEV ส่วนในกรณีที่ไม่ร้อยท่อจะต้องใช้แบบ TPEV-A คือเป็นชนิดมีชีลด์

นอกจากนี้ระบบโทรศัพท์ EPABX มักจะติดตั้งอยู่รวมกับห้อง MDF(Main Distribution Frame) ซึ่งขนาดห้องก็ควรมีขนาดที่เหมาะสม เช่น ในกรณีที่อาคารมีขนาดสายไม่เกิน 100 เลขหมายควรมีขนาดห้องประมาณ 1.5x2 m ส่วนในกาณีที่มีจำนวนสายภายในไม่เกิน 500 เลขหมาย ห้องควรมีขนาดประมาณ 2x2.5 m และควรมีห้องสำหรับพนักงานรับสายอีกขนาด 2.5x3 m เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.12 ระบบเสาอากาศหรือสายอากาศรวม

ในอาคารชุดจะต้องมีระบบเสาอากาศหรือสายอากาศรวม ทั้งนี้เพื่อเป็นระบบรับสัญญาณโทรทัศน์และวิทยุจากแหล่งกำเนิด และอาคารชุดจะสายอากาศรวมชุดเดียว เมื่อรับสัญญาณแล้วจะกระจายไปยังจุดต่อต่างๆ ต่อไป

แหล่งรับสัญญาณของระบบเสาอากาศหรือสายอากาศรวมจะได้แก่ จานรับสัญญาณดาวเทียม เสาอากาศรับสัญญาณ และกล้องถ่ายโทรทัศน์สี (กรณีที่ต้องการถ่ายทอด) ซึ่งเมื่อสัญญาณจากแหล่งกำเนิดดังกล่าวเกิดขึ้น ก็จะถูกส่งต่อไปยังชุดขยายสัญญาณ (amplifier) ชุดแยกและกระจายสัญญาณ (tap off และ splitter) โดยอาศัยสายนำสัญญาณซึ่งมักเป็นสายโคแอกเชียลร้อยในท่อโลหะ ส่งต่อไปยังเต้าเสียบจ่ายสัญญาณ

นอกจากนี้ในระบบเสาหรือสายอากาศของอาคารชุด ในกรณีที่มีผู้ติดต่อจากายนอกต้องการเข้าพบเจ้าของหอพัก ระบบสายอากาศรวมจะสามารถกำหนดให้มีสัญญาณภาพผู้มาติดต่อให้ไปปรากฏที่ห้องพักได้

ส่วนการติดตั้งเสาอากาศที่อยู่บนยอดตึกนั้นต้องคำนึงถึงระบบป้องกันฟ้าผ่าด้วย ซึ่งปกติต้องติดตั้งอยู่ในขอบเขตป้องกันฟ้าผ่า แต่ถ้าในกรณีที่ไม่สามารถทำได้ จำเป็นต้องหาอุปกรณ์ป้องกันเพื่อไม่ให้ฟ้าผ่าลงเสาอากาศได้

2.13 ระบบเสียง

ระบบนี้จะพบในอาคารทั่วไป เช่น อาคารสูง อาคารที่ทำการ อาคารชุด เป็นต้น ทั้งนี้เพื่อจะใช้กระจายเสียงในพื้นที่ส่วนกลาง และอาจประกอบด้วยระบบประกาศเรียก โดยอุปกรณ์ของระบบเสียงจะประกอบด้วย CD หรือ จูนเนอร์ หรือ คาสเซตต์เทป (cassette tape deck) และ Pre&Power Amplifier ไมโครโฟนพร้อมด้วยระบบ On-Off Switch , Zone Selector Switch และ Electronic Chime , Volume Control , ลำโพงอาจเป็นแบบติดผนังหรือว่าเพดานก็ได้ ซึ่งทั้งสองแบบจะใช้หม้อแปลงแมชชิ่ง
(transformer matching) ที่มีค่าประมาณ 100 V_{line} และอาจมีเปอร์เซนต์แท็ปที่ 100% , 50% , 25% ในกรณีที่เป็นแบบเมตร ส่วนลำโพงแบบติดฝังเพดานมักมีขนาดไม่ต่ำกว่า 3 W และอาจปรับระดับได้ที่ 3, 1.5, 0.75 W และระยะห่างของลำโพงที่เป็นแบบติดฝังเพดานประมาณ 2 เท่าของความสูงของลำโพง ส่วนสายสัญญาณที่ใช้มักใช้สาย VCT ที่มีขนาดไม่น้อยกว่า 1.5 mm^2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบไฟฟ้ากำลัง

3.1 ท่อเดินสายไฟที่ใช้ในระบบไฟฟ้ากำลัง

บทนำ

ในการเดินสายไฟนั้น ถึงแม้ว่าฉนวนที่หุ้มสายไฟ จะมีความแข็งแรงทนทานพอสมควรแต่ว่ามันก็ยังไม่แข็งแรงพอที่จะทนต่อแรงกระแทกต่าง ๆ จากแรงภายนอกได้ ดังนั้น เพื่อเป็นการป้องกันสายไม่ให้ได้รับความเสียหายและสามารถใช้งานได้ยาวนานในปัจจุบันจึงนิยมที่จะเดินสายไฟฟ้าในท่อสายท่อสายเป็นอุปกรณ์ที่มีลักษณะเป็นท่อกลมหรือช่องสี่เหลี่ยมผิวในเรียบใช้ในการเดินสายไฟโดยเฉพาะ
ที่สายที่นิยมใช้ในปัจจุบัน มีดังนี้

1. **ท่อโลหะหนา (RMC)** ที่โลหะหนาเป็นท่อที่มีแข็งแรงสุดสามารถทนต่อสภาวะแวดล้อมต่าง ๆ ได้ดี
   สภาพที่ใช้งาน - ใช้งานได้ทุกสถานที่และทุกสภาพอากาศ สามารถใช้ได้ทั้งภายนอกและภายในอาคารและฝั่งดินได้

2. **ท่อโลหะหนาปานกลาง (IMC)** ท่อ IMC เป็นท่อที่มีความหนาน้อยกว่าท่อ RMC แต่สามารถใช้งานแทนท่อ RMC ได้ และมีราคาถูกว่า
   สถานที่ใช้งาน - ลักษณะการใช้งานเช่นเดียวกันกับท่อ RMC

3. **ท่อโลหะบาง (EMT)** เป็นท่อที่มีผนังบางกว่าท่อ RMC และ IMC จึงมีความแข็งแรงน้อยกว่า จึงมีความแข็งแรงน้อยกว่า

4. **ท่อโลหะอ่อน** ทำมาจากเหล็กกล้าชุบสังกะสี ในลักษณะที่มีความอ่อนตัวสูง สามารถโค้งงอได้ สถานที่ใช้งาน - ท่อโลหะอ่อนเหมาะสำหรับใช้งานกับอุปกรณ์ที่มีการสั่นสะเทือนขณะใช้งาน เช่น มอเตอร์ , เครื่องจักรต่าง ๆ หรือ ใช้กับงานที่ต้องการความโค้งงอด้วยมุมหักสูง ๆ เช่น จุดต่อควงโคม

5. **ท่ออโลหะแข็ง (RNC)** ท่ออโลหะแข็งจะมีความทนทานต่อการกัดกร่อนและการกระทบกระแทก ได้ดี ท่อชนิดนี้แม้ว่าความแข็งแรงจะน้อยกว่าท่อโลหะแต่มันมีความทนทานต่อความชื้นและการกัดกร่อนจากสารเคมีในอากาศได้ดีกว่า
   สถานที่ใช้งาน - ในที่เปิดโล่ง ที่ป้องกันการเสียหายทางกายภาพ
   - ในที่ซ่อน เช่น เดินซ่อนในผนัง
   - ในที่เปียกชื้นโดยเป็นการป้องกันน้ำเข้าไปในท่อ สามารถฝัง ดินได้ เพราะมันทนต่อความชื้นและการผุกร่อนได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. **รางเดินสาย** เป็นรางที่ใช้เดินสายไฟ ทำจากเหล็กแผ่นพับเป็นสี่เหลี่ยมมีฝาเปิด /ปิดแผ่นเหล็กที่ใช้ในการเดินสายจะต้องผ่านกระบวนการต่าง ๆ เพื่อป้องกันสนิม

สถานที่ใช้งาน - รางเดินสายใช้ในที่เปิดโล่ง ถ้าเป็นภายนอกอาคารจะต้องเป็นชนิดกันฝนได้ไม่ใช้ ในที่ที่อันตรายทางกายภาพ

7. **รางเคเบิล** หรือที่เรียกกันโดยทั่วไปว่า เคเบิลเทรย์ เป็นโครงสร้าง สำหรับรองรับสายเคเบิลรางเคเบิลจะต้องมีความแข็งแรงมากพอที่จะรับน้ำหนักของสายได้ทั้งหมดและจะต้องไม่มีส่วนที่เป็นคมที่อาจทำให้ปลอกสายหรือฉนวนฉีกขาด รางเคเบิลเทรย์ไม่ถือว่าเป็นท่อสายแต่ได้รับความนิยมมากในโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ เนื่องจาก สามารถติดตั้งง่ายและมีราคาถูก รางเคเบิลอาจแบ่งออกตามลักษณะต่าง ๆ ได้ ดังนี้

7.1 รางเคเบิลแบบบันได รางเคเบิลชนิดนี้จะมีลักษณะโครงสร้างตามแนว ยาว 2 ชุด ยึดติดกันด้วยขั้นบันได จึงมีลักษณะคล้ายบันได จะใช้กับสาย เคเบิลกำลัง

7.2 รางเคเบิลแบบมีช่องระบายอากาศ รางเคเบิลชนิดนี้จะเป็นชิ้นส่วนเดียวตลอดจะมีรูระบาย อากาศด้านล่างใช้จับยึดสายชนิดใหญ่ เส้นเดียวหรือสายควบคุมชนิดหลายตัวนำ

7.3รางเคเบิลแบบด้านล่างทึบ รางเคเบิลชนิดนี้เป็นชิ้นส่วนเดียวกันตลอดด้านล่างจะเป็นแผ่น โลหะทึบมักใช้กับสายตัวนำทั่วไปที่มีขนาดเล็ก

ข้อดี ประการหนึ่งของการใช้รางเคเบิล ก็คือ สามารถเพิ่ม เคลื่อนย้าย เปลี่ยนแปลงสายไฟได้โดยสะดวก ในการวางสายไฟฟ้ามักจะเผื่อที่เอาไว้สำหรับการขยายในอนาคตด้วย

3.2 สายไฟฟ้า

บทนำ

สายไฟฟ้ามีหน้าที่สำหรับนำพลังงานไฟฟ้า จากแหล่งจ่ายไฟไปยังบริภัณฑ์ไฟฟ้าต่างๆ ในปัจจุบันได้มีผู้ผลิตสายไฟฟ้าขึ้นมากมายหลายชนิด ตามความต้องการสำหรับการติดตั้งในระบบต่างๆ โดยคำนึงถึงความปลอดภัย ความเหมาะสม และความประหยัด

ส่วนประกอบ

สายไฟฟ้ามีส่วนประกอบที่สำคัญ 2 ส่วน ได้แก่ ตัวนำและฉนวนตัวนำ

ตัวนำของสายไฟฟ้าทำมาจากโลหะที่มีความนำไฟฟ้าสูง อาจอยู่ในรูปของตัวนำเดียวหรือตัวนำตีเกลียว โลหะที่นิยมนำมาใช้เป็นตัวนำได้แก่ ทองแดง และ อะลูมิเนียม

ฉนวน

ฉนวนทำหน้าที่ห่อหุ้มตัวนำ เพื่อป้องกันการสัมผัสโดยตรงระหว่างตัวนำหรือระหว่างตัวนำกับส่วนที่ต่อลงดินและเพื่อป้องกันตัวนำจากผลกระทบทางกลและเคมีต่าง ๆ ในระหว่างที่ตัวนำ นำกระแสไฟฟ้าจะเกิดพลังงานสูญเสียในรูปความร้อน ความร้อนที่เกิดขึ้นนี้จะถ่ายเทไปยังเนื้อฉนวน ความสามารถในการทนต่อความร้อนของฉนวนจะเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวกำหนดความสามารถในการทนต่อความร้อนของสายไฟนั้นเอง วัสดุที่นิยมใช้เป็นฉนวนมากที่สุดได้แก่ PVC และ XLPE

สายไฟฟ้าแรงดันสูง

สายไฟที่ใช้กับระบบไฟฟ้าแรงดันสูงเป็นสายไฟที่มีขนาดใหญ่ ในลักษณะตัวนำตีเกลียว สายไฟแรงดันสูงสามารถแบ่งออกได้เป็นสองประเภท คือ สายเปลือยและสายหุ้มฉนวน

สายเปลือย

สายเปลือย คือ สายที่ไม่มีเปลือกหุ้มฉนวน นิยมนำมาใช้ในงานเกี่ยวกับแรงดันสูงมักจะทำมาจากอลูมิเนียม เพราะมีน้ำหนักเบาและราคาถูก แต่ สายอลูมิเนียมล้วนจะรับแรงดึงได้ต่ำกว่า จึงมีการนำมาพัฒนาให้สามารถรับแรงดึงได้สูงขึ้นได้โดยการเสริมแกนเหล็กเข้าไป หรือ อาจจะสามารถใช้โลหะชนิดอื่นผสมก็ได้
สายเปลือยที่นิยมในปัจจุบัน ได้แก่

1. สายไฟอลูมิเนียมตีเกลียวเปลือย (AAC) เป็นตัวนำอลูมิเนียมตีเกลียวเป็นชั้น ๆ สายชนิดนี้รับแรงดึงได้ต่ำ จึงไม่สามารถขึงให้มีระยะห่างช่วงเสาได้มาก (ช่วงเสา < 100 เมตร)

2. สายไฟอลูมิเนียมผสม (AAAC) สายชนิดนี้มีส่วนผสมของ อลูมิเนียม แม็กนีเซียม และ ซิลิกอน สายไฟอลูมิเนียมผสมจะสามารถรับแรงดึงได้สูงกว่าสายไฟอลูมิเนียมล้วน โดยสายไฟชนิดนี้นิยมใช้ในบริเวณชายทะเล เพราะสามารถทนต่อความกัดกร่อนเกลือของไอน้ำในทะเลได้ดี

3. สายไฟอลูมิเนียมแกนเหล็ก (ACSR) เป็นสายไฟอลูมิเนียมตีเกลียว ซึ่งจะมีสายเหล็กอยู่ตรงกลางเพื่อทำให้สามารถรับแรงดึงได้สูงขึ้น

สายหุ้มฉนวน

ในการเดินสายไฟแรงสูงผ่านในบริเวณที่มีผู้อาศัยอยู่ เพื่อความปลอดภัยจะต้องใช้สายไฟแรงสูงที่มีฉนวนหุ้ม เพื่อช่วยลดการเกิดการลัดวงจรจากสายไฟแรงสูง สายไฟแรงสูงหุ้มฉนวนที่นิยมใช้กันในปัจจุบันมีดังนี้

1.สาย PARTIAL INSULATED CABLE (PIC)

สาย PIC ประกอบด้วย ตัวนำอลูมิเนียมตีเกลียวหุ้มด้วยฉนวน XLPE หนึ่งชั้น

2. สาย SPACE AERIAL CABLE (SAC)

สาย SCA เป็นตัวนำ เช่นเดียวกันกับ สาย PIC แต่จะมีเปลือกที่ทำจาก XLPE หุ้มฉนวนอยู่อีกชั้นหนึ่ง ทำให้มีความทนทานมากกว่า

3. สาย PREASSEMBLY AERIAL CABLE (PAC)

สายชนิดนี้จัดเป็นสาย FULLY INSULATED CABLE มีโครงสร้างคล้าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สาย XLPE เนื่องจากสายชนิดนี้สามารถวางใกล้กันได้ จึงใช้สายชนิดนี้เมื่อสายผ่านบริเวณที่มีระยะห่างจำกัด หรือผ่านในบริเวณที่มีคนอาศัยอยู่ เนื่องจากสายไฟชนิดนี้มีความแข็งแรงและทนทานมาก

4. สาย CROSSLINKED POLYETHYLENE (XLPE)

สาย XLPE สายชนิดนี้จัดเป็นสาย FULLY INSULATED CABLE มีโครงสร้างดังนี้

4.1 ตัวนำ ส่วนใหญ่จะเป็นทองแดงในลักษณะตีเกลียว

4.2 ชีลด์ของตัวนำทำด้วยสายกึ่งตัวนำ มีหน้าที่ช่วยให้สนามไฟฟ้าระหว่างตัวนำกับฉนวนกระจายอย่างสม่ำเสมอในแนวรัศมี

4.3 ฉนวนเป็นชั้นห่อหุ้มชีลด์ตัวนำอีกทีหนึ่ง ทำด้วยฉนวน XLPE

4.4 ชีลด์ของฉนวนมีหน้าที่จำกัดสนามไฟฟ้าให้อยู่เฉพาะภายในสายเคเบิล เพื่อเป็นการป้องกันการรบกวนระบบสื่อสาร

4.5 เปลือกนอก ชั้นของเปลือกนอกนี้อาจจะเป็น POLYVINYL CHLORIDE หรือ POLYETHYLENE ก็ได้แล้วแต่ลักษณะของการใช้งาน

สายชนิดนี้สามารถเดินลอยในอากาศหรือฝังใต้ดินก็ได้ แต่นิยมนำมาฝังใต้ดินเพราะความทนทานสามารถทนต่อความชื้นได้ดี

สายไฟแรงดันต่ำ

เป็นสายไฟที่ใช้กับแรงดันไม่เกิน 750 v มีลักษณะเป็นสายไฟหุ้มด้วยฉนวนโดยตัวนำอาจเป็นทองแดงหรือเป็นอลูมิเนียมก็ได้แต่ที่นิยมใช้กันจะเป็นสายทองแดงตีเกลียว (สายไฟขนาดใหญ่)แต่ถ้าเป็นสายไฟขนาดเล็กจะนิยมใช้สายทองแดงตัวนำเดี่ยว ฉนวนที่นิยมใช้ คือ PVC และ XLPE สายไฟแรงดันต่ำที่นำยมใช้มีดังนี้

สายไฟฟ้าทองแดงหุ้มด้วยฉนวน PVC ได้แก่

1. สายไฟฟ้าตาม มอก11-2531 ตารางที่ 2 และ 11 สายไฟชนิดนี้เดิม เรียกว่า VAF ใช้ฉนวน PVC สีขาว โดยตัวนำจะเป็นตัวนำทองแดงตีเกลียวหรือตัวนำเดี่ยวก็ได้สามารถใช้ในสถานที่แห้งหรือเปียกก็ได้

2. สายไฟฟ้าตาม มอก11-2531 ตารางที่ 4 หรือมีชื่อเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า THW สายไฟฟ้าชนิดนี้มีลักษณะเป็นสายกลมเดี่ยว ตัวนำเป็นทองแดงหุ้มฉนวน PVC โดยทั่วไปนิยมใช้สายชนิดนี้เป็นสายวงจรย่อย สายป้อน และสายประธาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. สายไฟฟ้าตาม มอก11-2531 ตารางที่ 6 ,7, 8 และ 14 สายไฟชนิดนี้มีชื่อเรียกว่า NYYเป็นสายไฟที่มีฉนวนหุ้ม 2 ชั้นโดยฉนวน PVC ชั้นในจะทำหน้าที่เป็นฉนวนหุ้มตัวนำเอาไว้ ส่วนฉนวน PVC ด้านนอกทำหน้าที่เป็นเปลือก ซึ่งสามารถทนความชื้นได้สูง สายชนิดนี้จึงสามารถใช้ฝังดินได้โดยตรง โดยทั่วไปนิยมใช้สายชนิดนี้เป็นสายป้อนและสายประธาน

สายไฟอลูมิเนียมหุ้มด้วย PVC

ใช้ในงานระบบจำหน่ายแรงดันต่ำเดินภายนอกอาคารเป็นสายประธาน หรือ สายป้อนโดยจะใช้เดินอากาศเหนือพื้นดิน

สายไฟฟ้าทองแดงหุ้มด้วยฉนวน XLPE

เนื่องจากคุณสมบัติของฉนวนที่สามารถทนต่อความร้อนได้สูงมีความแข็งแรงทนทานต่อแรงทางกลและการกัดกร่อนทางเคมีได้ดี ในปัจจุบันจึงมีการใช้สายไฟฟ้าหุ้มด้วยฉนวน XLPE มาก ขึ้นโดยสายนี้มีชื่อเรียกว่า สาย CV หรือ CVV สายชนิดนี้นิยมใช้เป็นสายป้อนหรือสายประธาน

สายไฟฟ้าทนไฟ

สายไฟปกติทั่วไปเปลือกหรือฉนวนทำมาจากวัสดุเช่น PVC หรือ XLPE เมื่อวัสดุเหล่านี้ถูกเพลิงไหม้อาจทำให้เกิดอันตรายร้ายแรงได้ เนื่องจากวัสดุเหล่านี้สามารถติดไฟได้ และจะลุกลามไปทั่วบริเวณรวมทั้งตามช่องทางเดินสายไฟ นอกจากนี้ จะทำให้เกิดควันหนาแน่น และ อากาศเป็นพิษกระจายอยู่ทั่วไป ทำให้คนหมดสติและเสียชีวิตในที่สุด เพื่อแก้ปัญหานี้สายไฟทนไฟจึงต้องมีคุณสมบัติดังนี้

1. ติดไฟยากและถ้าติดก็สามารถดับไฟเองได้
2. มีคุณสมบัติที่แสดงว่าภายใต้สถานการณ์ไฟไหม้สายไฟยังสามารถจ่ายกระแสไฟได้ในช่วงเวลาหนึ่ง สายไฟฟ้าทนไฟควรใช้กับระบบและวงจรไฟฟ้าที่มีความสำคัญต่อความปลอดภัย

สายไฟเคเบิลชนิด MI

เป็นสายเคเบิลเปลือกโลหะที่ตัวนำไฟฟ้าหุ้มด้วยฉนวนแร่ที่ผลิตจากโรงงานประกอบด้วยตัวนำเดี่ยวหรือมากกว่า มีฉนวนเป็นแร่ที่ถูกอัดแรงอย่างสูงและหุ้มด้วยปลอกทองแดงอย่างต่อเนื่อง ซึ่งป้องกันของเหลวและป้องกันก๊าซ

แหล่งกำเนิดแสง

3.3 แหล่งกำเนิดแสง

หลอด อินแคนเดนเซนซ์

การทำงานของหลอดอินแคนเดนเซนซ์ เกิดขึ้นจากปล่อยให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านเข้าสู่ขดลวดทังสเตนซ์ ขดลวดจะเริ่มร้อนแดง และ เปล่งแสงออก ปริมาณความร้อนเกิดขึ้น จากการที่กระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดนี้มาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เท่าไร มันก็ยิ่งเปล่งแสงออกมามากเท่านั้น แต่อย่างไรก็ตาม ก็มีข้อจำกัดอยู่ที่ว่า เราไม่สามารถให้ขดลวดทังสเตนซ์ทำงานเกินจุดหลอมเหลวของมันได้

เป็นหลอดที่มีประสิทธิภาพต่ำ แต่อย่างไรก็ตามความนิยมในหลอดนี้ก็ยังมีอยู่ เนื่องจากการติดตั้งทำได้ง่าย และราคาถูก นอกจากนี้ การเปลี่ยนขนาดของหลอดได้ง่าย

หลอด ทังสเตนซ์ ฮาโลเจน

หลอดควอตซ์ ทังสเตนซ์ ฮาโลเจนนั้นจะถูกบรรจุก๊าซในกลุ่มของ ฮาโลเจนเอาไว้ ในขณะที่หลอดทำงาน ทังสเตนซ์จะระเหิดออกมา เหมือนกับหลอด อินแคนเดนเซนต์ โดยทั่วไปที่แตกต่างกันคือ ทังสเตนซ์ที่ระเหิดออกมาจะเข้าจับตัวกับก๊าซฮาโลเจนดังกล่าว และเมื่อหลอดเย็นตัวลงก็จะขยายตัวออกจากกัน ทังสเตนซ์ จะกลับไปเกาะที่ไส้หลอดอย่างเดิมทำให้ไส้หลอดไม่กร่อนเร็วเหมือนหลอด อินแคนเดนเซนต์ ชนิดอื่นๆ ดังนั้นจึงมีอายุการใช้งานมากกว่า

หลอด ฟลูออเรสเซนต์

หลอด ฟลูออเรสเซนต์ เป็นหลอดที่ได้รับความนิยมมากที่สุดในปัจจุบัน เพราะมีประสิทธิภาพสูงและอายุการใช้งานยืนยาวให้ความร้อนและแสงจ้าต่ำ หลอดฟลูออเรสเซนต์ แบ่งเป็น 3 ประเภท ตามลักษณะการทำงานของมันคือ

1.ชนิดอุ่นไส้ หลอดชนิดนี้เป็นชนิดที่เราคุ้นเคยกันมากที่สุด ซึ่งมันสว่างได้ก็ต่อเมื่อทำการอุ่น แคโทด โดยปล่อยกระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวมันก่อน จนกระทั่งมันสามารถปล่อย อิเล็กตรอน ทำให้ก๊าซภายในหลอดแตกตัว เป็นไอออน หลอดชนิดนี้ใช้เวลาประมาณ 2-3 วินาทีจึงจะสว่าง และมักใช้คู่กับ สตาร์ตเตอร์ ซึ่งทำหน้าที่ต่อวงจรระหว่างไส้หลอดทั้งสองขั้วในช่างแรก และเมื่อหลอดมีอุณหภูมิสูงพอตัวสตาร์ตเตอร์ก็จะเปิดวงจรออก ในช่วงนี้จะเกิดกระแสไฟฟ้าจากหลอดข้างหนึ่งวิ่งผ่านตัวหลอดไฟหาไส้หลอดอีกข้างหนึ่ง

2.ชนิดติดทันที หลอดชนิดนี้สามารถทำงานได้โดยไม่ต้องอุ่นไส้หลอดให้ร้อนก่อนจึงไม่จำเป็นต้องมีสตาร์ตเตอร์ บัลลาสต์จะมีหน้าที่สร้างแรงดันไฟฟ้าที่มีค่าสูงพอเพื่อเอาชนะความต้านทานภายในหลอดและทำให้เกิดกระแสไหลผ่าน จากขั้วหลอดหนึ่งไปปลายข้างหนึ่งได้ และเนื่องจากไม่จำเป็นต้องอุ่นไส้ก่อน หลอดประเภทนี้จึงมักมีขาที่ขั้วหลอดเพียงขาเดียว อายุการใช้งานของหลอดประเภทนี้สั้นกว่าชนิดอุ่นไส้ กับหลอดชนิดติดเร็ว

3.ชนิดติดเร็ว เป็นหลอดที่เกิดจากความต้องการ รวมความต้องการของทั้งสองหลอดเข้าด้วยกัน ที่บัลลาสต์จะมีขดลวดพิเศษอีกชุดหนึ่ง ทำหน้าที่อุ่นไส้ไว้ตลอดเวลา การสว่างจะเกิดขึ้นช้ากว่าหลอดชนิดติดทันทีอยู่เล็กน้อยแต่ไม่อาศัยแรงดันไฟฟ้าสูงเหมือนหลอดติดทันที จึงทำให้มีอายุการใช้งานที่สูงกว่า อีกทั้งยังไม่ต้องใช้สตาร์ตเตอร์ ปัจจุบันหลอดชนิดนี้เป็นที่นิยมอย่างมาก

หลอดชนิดปล่อยประจุความเข้าสูง(หลอด HID)

หลอดHID นี้เป็นที่นิยมกันมากตามโรงงานอุตสาหกรรม ถนน และสนามกีฬา เนื่องจากหลอดประเภทนี้มีประสิทธิภาพสูงและอายุการใช้งานนาน พร้อมทั้งมีขนาดกะทัดรัด ทำให้ออกแบบควงโคมได้ง่าย หลอด HID ที่ใช้กันอยู่ทั่วไปได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.หลอดแสงจันทร์ เป็นหลอดHIDชนิดแรกที่ผลิตขึ้น

-มีอายุการใช้งานโดยเฉลี่ย 24000 ชั่วโมง

-มีประสิทธิภาพระหว่าง 40-60 ลูเมน ต่อ วัตต์

-ขนาดที่ผลิตขึ้นมา 40-1000 W

2.หลอดโลหะฮาไลด์ เป็นหลอดHIDที่มีโครงสร้างและการทำงานคล้ายหลอดแสงจันทร์ แต่มีประสิทธิภาพสูงกว่าและให้ความสมดุลของสีแสงที่ดีกว่า

-มีอายุการทำงานโดยเฉลี่ย 7500-10500 ชั่วโมง

-มีประสิทธิภาพระว่าง 60-90 ลูเมน ต่อวัตต์

-ขนาดที่ผลิตขึ้นมา 175-2000 วัตต์

3.หลอดโซเดียมความดันสูง เป็นหลอดที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในหลอดHID

-มีอายุการใช้งานโดยเฉลี่ย 24000 ชั่วโมง

-มีประสิทธิภาพประมาณ 140 ลูเมน ต่อ วัตต์

-ขนดที่ผลิตมาคือ 50-1000 W

3.4 โคม

ดวงโคม มีหน้าที่ในการควบคุมลำแสงให้กระจายไปตกบนพื้นที่ที่เราต้องการ นอกจากนั้นยังช่วยป้องกันอันตรายที่จะเกิดขึ้นกับหลอดไฟ โดยเราสามารถแบ่งชนิดของโคม ได้ดังนี้

1.แบ่งตามชนิดของหลอดไฟที่ใช้ คือ ดวงโคมอาจแบ่งเป็น 3 ประเภท

-ดวงโคมที่ใช้กับหลอดฟลูออเรสเซนต์

-ดวงโคมที่ใช้กับหลอดอินแคนเดนเซนต์

-ดวงโคมที่ใช้กับหลอดHID

2.แบ่งตามลักษณะการติดตั้ง อาจแบ่งเป็น 3 ประเภท

-แบบฝังในเพดาน

-แบบยึดติดเพดาน

-แบบห้อยจาเพดาน

3.แบ่งตามลักษณะการใช้งาน

บางครั้งเราจำแนกดวงโคมตามลักษณะการใช้งาน เช่น ดวงโคมสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม ดวงโคมสำหรับใช้เป็นไฟถนน นอกจากนี้ยังมีดวงโคมที่ออกแบบเพื่อใช้ในงานแบบพิเศษ เช่นในที่ที่มีความชื้นมาก ที่ที่มี ไอสารเคมีสูง เป็นต้น

4.แบ่งตามลักษณะการกระจายแสง

คือ พิจารณาจากอัตราระหว่าง แสงที่พุ่งจากดวงโคมสู่พื้น กับ ปริมาณแสงที่พุ่งจากดวงโคมขึ้นสู่เพดาน แบ่งได้เป็น 5 แบบใหญ่ๆ คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(1)**ดวงโคมชนิดกระจายแสงลง** แสงส่วนใหญ่จากดวงโคมประเภทนี้ 90-100% จะกระจายลงสู่เบื้องล่าง ข้อดีของดวงโคมประเภทนี้คือ เราสามารถควบคุมทิศทางของลำแสงได้ง่าย

(2)**ดวงโคมชนิดกึ่งกระจายแสงลง** ดวงโคมประเภทนี้จะกระจายแสงลงสู่เบื้องล่างประมาณ 60-90% และปล่อยให้แสงขึ้นสู่เพดานประมาณ 10-40% วิธีนี้เราจะสามารถลดความแตกต่างของความสว่างระหว่างโคมและเพดานได้ดี

ข้อเสียคือ ถ้ามีระยะห่างระหว่างดวงโคมมากเกินไป จะทำให้เกิดเงาบนพื้นได้ง่าย

(3)**ดวงโคมชนิดกระจายแสงรอบด้าน** หรือกระจายแสงแบบขึ้นลง ลักษณะของดวงโคมประเภทนี้ จะกระจายแสงสู่พื้นและเพดานในปริมาณที่พอๆกัน
ทำให้การควบคุมการกระจายแสงเป็นไปได้ยาก แต่โคมประเภทนี้ทำให้เกิดความจ้าของพื้นและเพดานพอๆกันทำให้สบายตา

(4)**ดวงโคมชนิดกึ่งกระจายแสงขึ้น** แสงส่วนใหญ่ 60-90% จะกระจายสู่เพดาน และปล่อยแสงส่วนที่เหลือกระจายสู่พื้น โดยเพดานจะทำหน้าที่คล้ายแหล่งกำเนิดแสงแผ่นใหญ่ซึ่งจะสะท้อนแสงลงสู้พื้น เพราะฉะนั้นถ้าจะใช้โคมประเภทนี้ เพดานต้องมีความสามารถในการสะท้อนแสงที่ดีมาก และดวงโคมนี้ช่วยลดปัญหาเรื่องแสงจ้าแยงตา

(5)**ดวงโคมชนิดกระจายแสงขึ้น** ปริมาณแสงจากดวงโคมทั้งหมด 90-100% จะกระจายสู่เพดาน การทำงานเหมือนโคมแบบกึ่งกระจายแสงขึ้น ข้อเสียคือ ให้ค่าสัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์ต่ำสุด

3.5 ระบบป้องกันฟ้าผ่า (Lightning protection)

- ระบบป้องกันฟ้าผ่า ออกแบบป้องกันโดยใช้วิธีมุมป้องกันร่วมกับวิธีตาข่าย โดยวิธีมุมป้องกันได้ใช้โปรแกรม Benjitrocale v2.7 ในการออกแบบ
- ระบบป้องกันฟ้าผ่า ใช้ระดับการป้องกันเป็นแบบระดับ I ประสิทธิภาพการป้องกันฟ้าผ่า 98%
- การป้องกันฟ้าผ่าประกอบด้วย 3 ส่วน

1 ตัวนำล่อฟ้า

- แท่งตัวนำ เป็นเสาโลหะมีความยาว 5 ม. มุมป้องกัน 48° โดยออกแบบติดตั้งไว้บนหลังคาของอาคาร และที่ปลายเสาล่อฟ้า มีรูปร่างแหลมคม เพื่อเพิ่มความเข้มของสนามไฟฟ้า ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการล่อฟ้าให้สูงขึ้น

- สายตัวนำขั้ว ออกแบบโดยใช้สายทองแดงเปลือย 50 มม^2 โดยขึงกับเสาล่อฟ้า เป็นการผสมกันระหว่างเสาล่อฟ้ากับสายตัวนำขึง ช่วยให้ความสามารถในการป้องกันดีขึ้น มีพื้นที่การป้องกันมากขึ้นกว่าการใช้เสาล่อฟ้าเพียงอย่างเดียว สายตัวนำขึงที่ใช้มีขนาด 50 มม^2

2 ตัวนำลงดิน

- ตัวนำลงดินจะทำหน้าที่นำกระแสฟ้าผ่าในตัวนำล่อฟ้าลงพื้นดิน ซึ่งในการออกแบบการติดตั้งตัวนำลงดินได้วัดให้มีเส้นทางไหลของกระแสหลายจุด

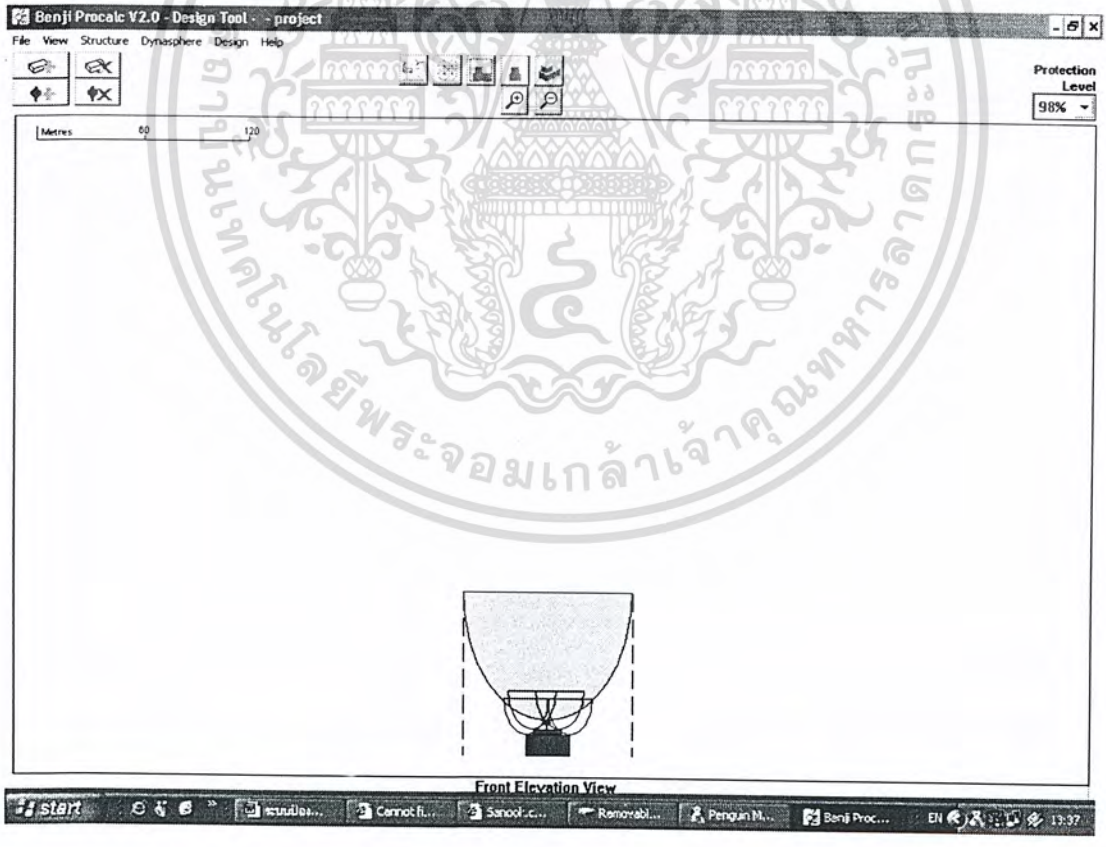
- ระบบตัวนำลงดินเป็นแบบแยกอิสระ หมายถึงตัวนำลงดินที่เดินลงดินมาตามผนังอาคารโดยเดินบนวัสดุที่เป็นฉนวนเช่น อิฐ ไม้ เป็นต้น และไม่มีการต่อเชื่อมกับส่วนที่เป็นตัวนำของอาคารและเมื่อเดินถึงดินจะมีการต่อเชื่อมตัวนำลงดินนี้เข้าด้วยกันที่ระดับดินหรือใต้ดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ในส่วนของการออกแบบใช้ตัวนำลงดินเป็นโลหะทองแดงเปลือย 50 มม^2 ร้อยในท่อ pvc 25 มม^2 ฝังในโครงสร้างอาคาร โดยที่สายตัวนำลงดิน มีความยาวเป็นเส้นเดียวโดยตลอดเพื่อให้มีความต่อเนื่องทางไฟฟ้าและจะมีการต่อเชื่อมตัวนำลงดินนี้เข้ากับ Groundning ที่ระดับใต้ดิน โดยระบบ Groundning จะทำเป็น Loop ทองแดง และขนาดตัวนำเป็น บัสบาร์ทองแดง 70 มม^{2}ไว้ใต้ดิน

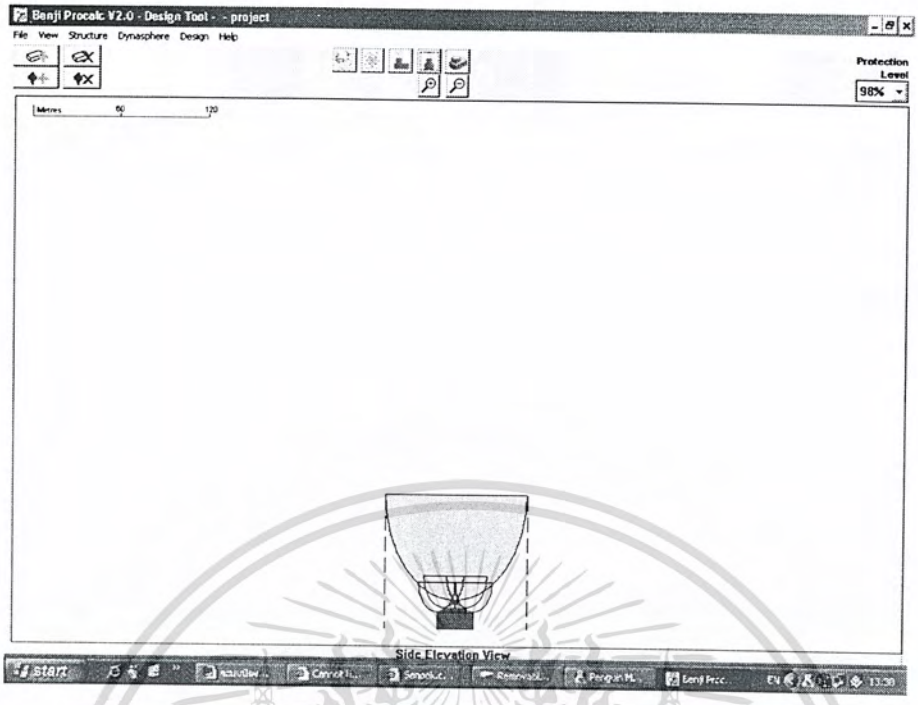
3 ระบบหลักดิน

- ระบบหลักดินประกอบด้วยหลักดินจำนวนหลายแท่งหรือหลายจุด จุดประสงค์เพื่อให้แรงดันฟ้าผ่าไหลลงดินได้โดยไม่เกิดแรงดันเกินจนเป็นอันตราย โดยออกแบบหลักดินเป็นแบบแท่งทองแดง มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 16 มม^2 หรือ (5/8 นิ้ว) ความยาวไม่น้อยกว่า 2.4 ม. ซึ่งระบบหลักดินเป็นแบบวงแหวน
- วิธีการต่อสายต่อหลักดิน การต่อสายต่อหลักดินใช้วิธีเชื่อมด้วยความร้อน (Exothermic welding) ไม่ว่าจะเป็นหูสาย หัวต่อแบบบีบอัด ประกบต่อสาย ห้ามเชื่อมต่อโดยวิธีอื่น
- ความต้านทานระหว่างหลักดินกับดิน (Resistance to ground) ค่าความต้านทานของหลักดินต้องไม่เกิน 5 โอห์ม

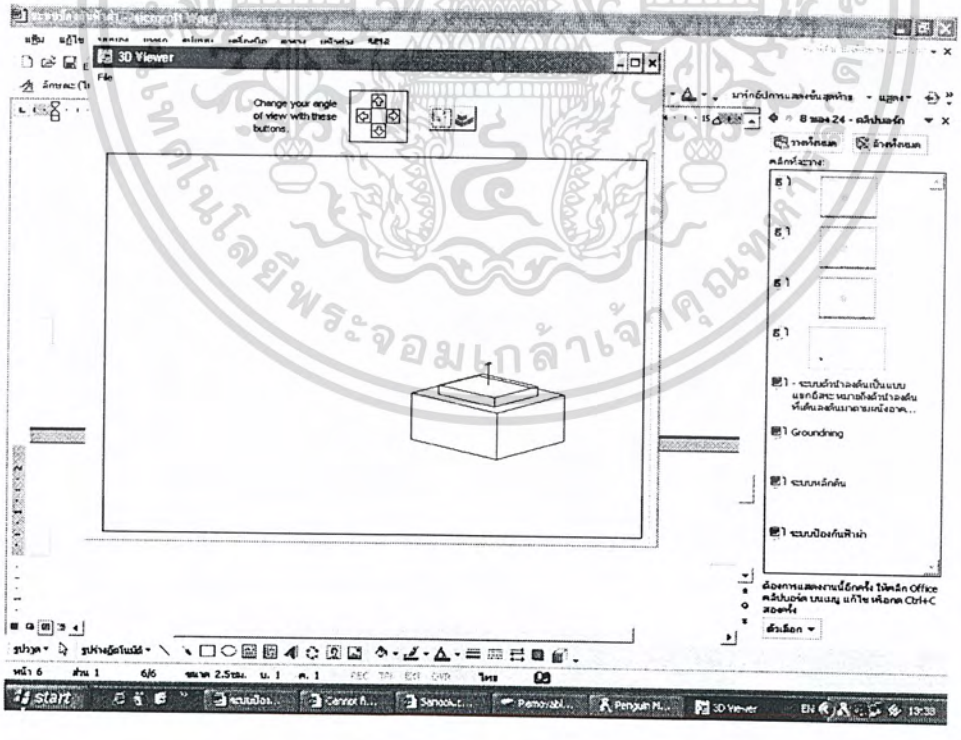


รูปที่3-1 มุมป้องกันฟ้าผ่าด้านหน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่3-2 มุมป้องกันฟ้าผ่าด้านหน้า



รูปที่3-3 รายละเอียดในการติดตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การคำนวนการออกแบบระบบไฟฟ้า

4.1การคำนวนระบบแสงสว่าง

ชั้น 1 (LP1)

1 Circuit ที่ 1,3,5,7

Load = 575 VA

I = 575/220

= 2.61 A

125% I = 3.27 A

เลือกใช้ CB ขนาด 16 AT,1P,IC 6 KA ตัวนำ 2x2.5 mm^2 , 1.5 G THW , ท่อ EMT ½"

2 Circuit ที่ 9,11

Load = 625 VA

I = 625/220

= 2.84 A

125% I = 3.55 A

เลือกใช้ CB ขนาด 16 AT,1P,IC 6 KA ตัวนำ 2x2.5 mm^2 , 1.5 G THW , ท่อ EMT ½"

3 Circuit ที่ 13,15,17,19,21,23

Load = 1400 VA

I = 1400/220

= 6.36 A

125% I = 7.95 A

เลือกใช้ CB ขนาด 16 AT,1P,IC 6 KA ตัวนำ 2x2.5 mm^2 , 1.5 G THW , ท่อ EMT ½"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4 Circuit ที่ 25

Load = 650 VA

I = 650/220

= 2.95 A

125% I = 3.69 A

เลือกใช้ CB ขนาด 16 AT,1P,IC 6 KA ตัวนำ 2x2.5 mm^2 , 1.5 G THW , ท่อ EMT ½"

5 Circuit ที่ 27

Load = 1300 VA

I = 1300/220

= 5.9 A

125% I = 7.38 A

เลือกใช้ CB ขนาด 16 AT,1P,IC 6 KA ตัวนำ 2x2.5 mm^2 , 1.5 G THW , ท่อ EMT ½"

6 Circuit ที่ 29

Load = 1200 VA

I = 1200/220

= 5.45 A

125% I = 6.82 A

เลือกใช้ CB ขนาด 16 AT,1P,IC 6 KA ตัวนำ 2x2.5 mm^2 , 1.5 G THW , ท่อ EMT ½"

7 Circuit ที่ 31

Load = 500 VA

I = 500/220

= 2.27 A

125% I = 2.84 A

เลือกใช้ CB ขนาด 16 AT,1P,IC 6 KA ตัวนำ 2x2.5 mm^2 , 1.5 G THW , ท่อ EMT ½"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8 Circuit ที่ 33,34

Load = 700 VA

I = 700/220

= 3.18 A

125% I = 3.98 A

เลือกใช้ CB ขนาด 16 AT,1P,IC 6 KA ตัวนำ 2x2.5 mm^2 , 1.5 G THW , ท่อ EMT ½"

9 Circuit ที่ 35

Load = 1700 VA

I = 1700/220

= 7.73 A

125% I = 9.66 A

เลือกใช้ CB ขนาด 16 AT,1P,IC 6 KA ตัวนำ 2x2.5 mm^2 , 1.5 G THW , ท่อ EMT ½"

10 Circuit ที่ 2,4,6,8,10,12,14,16,18,20,22,24

Load = 5400 VA

I = 5400/220

= 24.55 A

125% I = 30.68 A

เลือกใช้ CB ขนาด 32 AT,1P,IC 6 KA ตัวนำ 2x10 mm^2 , 4 G THW , ท่อ EMT ¾"

11 Circuit ที่ 26,28,30,32

Load = 3000 VA

I = 3000/220

= 13.6 A

125% I = 17 A

เลือกใช้ CB ขนาด 16 AT,1P,IC 6 KA ตัวนำ 2x2.5 mm^2 , 1.5 G THW , ท่อ EMT ½"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชั้น 2 (LP2)

1 Circuit ที่ 1,3,5,11,32

Load = 700 VA

I = 700/220

= 3.18 A

125% I = 3.98 A

เลือกใช้ CB ขนาด 16 AT,1P,IC 6 KA ตัวนำ 2x2.5 mm^2 , 1.5 G THW , ท่อ EMT ½"

2 Circuit ที่ 7,9

Load = 675 VA

I = 675/220

= 3.06

125% I = 3.83 A

เลือกใช้ CB ขนาด 16 AT,1P,IC 6 KA ตัวนำ 2x2.5 mm^2 , 1.5 G THW , ท่อ EMT ½"

3 Circuit ที่ 13,15,17,19,21,23,25,27

Load = 1200 VA

I = 1200/220

= 5.45 A

125% I = 6.82 A

เลือกใช้ CB ขนาด 16 AT,1P,IC 6 KA ตัวนำ 2x2.5 mm^2 , 1.5 G THW , ท่อ EMT ½"

4 Circuit ที่ 29

Load = 1700 VA

I = 1700/220

= 7.73 A

125% I = 9.66 A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลือกใช้ CB ขนาด 16 AT,1P,IC 6 KA ตัวนำ 2x2.5 mm^2 , 1.5 G THW , ท่อ EMT ½"

5 Circuit ที่ 31,33,35,26,28,30

Load = 3000 VA

I = 3000/220

= 13.6 A

125% I = 17 A

เลือกใช้ CB ขนาด 16 AT,1P,IC 6 KA ตัวนำ 2x2.5 mm^2 , 1.5 G THW , ท่อ EMT ½"

6 Circuit ที่ 2,4,6,8,10,12,14,16,18,20,22,24

Load = 5400 VA

I = 5400/220

= 24.55 A

125% I = 30.68 A

เลือกใช้ CB ขนาด 32 AT,1P,IC 6 KA ตัวนำ 2x10 mm^2 , 4 G THW , ท่อ EMT ¾"

7 Circuit ที่ 34

Load = 500 VA

I = 500/220

= 2.27 A

125% I = 2.84 A

เลือกใช้ CB ขนาด 16 AT,1P,IC 6 KA ตัวนำ 2x2.5 mm^2 , 1.5 G THW , ท่อ EMT ½"

ชั้น 3 (LP3)

1 Circuit ที่ 1,3,5,7

Load = 625 VA

I = 625/220

= 2.84 A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

125% I = 3.55 A

เลือกใช้ CB ขนาด 16 AT,1P,IC 6 KA ตัวนำ 2x2.5 mm^2 , 1.5 G THW , ท่อ EMT ½"

2 Circuit ที่ 9,11

Load = 600 VA

I = 600/220

= 2.72 A

125% I = 3.4 A

เลือกใช้ CB ขนาด 16 AT,1P,IC 6 KA ตัวนำ 2x2.5 mm^2 , 1.5 G THW , ท่อ EMT ½"

3 Circuit ที่ 13,15,17,19,21,23,27

Load = 1000 VA

I = 1000/220

= 4.54 A

125% I = 5.675 A

เลือกใช้ CB ขนาด 16 AT,1P,IC 6 KA ตัวนำ 2x2.5 mm^2 , 1.5 G THW , ท่อ EMT ½"

4 Circuit ที่ 25,29

Load = 1200 VA

I = 1200/220

= 5.45 A

125% I = 6.82 A

เลือกใช้ CB ขนาด 16 AT,1P,IC 6 KA ตัวนำ 2x2.5 mm^2 , 1.5 G THW , ท่อ EMT ½"

5 Circuit ที่ 31,33,35,28

Load = 3000 VA

I = 3000/220

= 13.6 A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

125% I = 17 A

เลือกใช้ CB ขนาด 16 AT,1P,IC 6 KA ตัวนำ 2x2.5 mm^2 , 1.5 G THW , ท่อ EMT ½"

6 Circuit ที่ 2,4,6,8,10,12,14,16,18,20,22,24

Load = 5400 VA

I = 5400/220

= 24.55 A

125% I = 30.68 A

เลือกใช้ CB ขนาด 32 AT,1P,IC 6 KA ตัวนำ 2x10 mm^2 , 4 G THW , ท่อ EMT ¾"

7 Circuit ที่ 26

Load = 700 VA

I = 700/220

= 3.18 A

125% I = 3.98 A

เลือกใช้ CB ขนาด 16 AT,1P,IC 6 KA ตัวนำ 2x2.5 mm^2 , 1.5 G THW , ท่อ EMT ½"

8 Circuit ที่ 30

Load = 1700 VA

I = 1700/220

= 7.73 A

125% I = 9.66 A

เลือกใช้ CB ขนาด 16 AT,1P,IC 6 KA ตัวนำ 2x2.5 mm^2 , 1.5 G THW , ท่อ EMT ½"

9 Circuit ที่ 32

Load = 500 VA

I = 500/220

= 2.27 A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

125% I = 2.84 A

เลือกใช้ CB ขนาด 16 AT,1P,IC 6 KA ตัวนำ 2x2.5 mm^2 , 1.5 G THW , ท่อ EMT ½"

MDB

Pump jogging

Load = 5000 VA

I = 5000 / $\sqrt{3}$ x 380

= 7.8 A

125% I = 9.5 A

เลือกใช้ CB ขนาด 20 AT,3P ตัวนำ 2x4 mm^2 , 2.5 G THW , ท่อ IMC ¾"

1. LP1

Load = 95500 VA

I = 95500/ $\sqrt{3}$ x 380

= 145.09 A

125% I = 181.36 A

2. LP2

Load = 99450 VA

I = 99450/ $\sqrt{3}$ x 380

= 151.09 A

125% I = 188.86 A

เลือกใช้ CB ขนาด 200AT,3P

3. LP3

Load = 92800 VA

I = 92800/ $\sqrt{3}$ x 380

= 140.99 A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

125% I = 176.23 A

เลือกใช้ CB ขนาด 200AT,3P

Main CB

Load = 292750 VA

I = 292750/$\sqrt{3}$ x 380

= 444.78 A

125% I = 555.97 A

เลือกใช้ CB ขนาด 600AT,600AF ,IC 18A

Transformer 125% Load รวม = 365937.5 VA

เลือกใช้หม้อแปลงขนาด 400 KVA %Z=6

เลือกใช้ CB ขนาด 200AT,3P

FEEDER NO	DESCRIPTION	BREAKER		Load
		POLE	AT	
1	LP1	3	200	95500
2	LP2	3	200	99450
3	LP3	3	200	92800
4	PUMP	3	20	5000

ตารางที่ 4-1 ตารางโหลด MDB

4.2 กระแสลัดวงจรที่หม้อแปลง

I_{sc} ที่หม้อแปลง

หม้อแปลงขนาด 400 kV , 24 kV/400/230

I_{sc} = 400x1000/($\sqrt{3}$ x400x(6/100))

= 9.6 kA

LP1

ขนาดสาย 120 mm^2 ความยาว 3.5 m

R = 0.1686 , X = 0.1412

I_{sc} = 220/(L.R+j(J_{KA}+L.X))

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

= 220/(3.5x0.1686+(j (220/(9.6x1000))+(3.5x0.1412))
= 203.65 A

LP2

ขนาดสาย 120 mm^2 ความยาว 1 m

R = 0.1686 , X = 0.1412

I_{sc} = 220/(L.R+j(J_{KA}+L.X))

= 220/(1x0.1686+(j (220/(9.6x1000))+(1x0.1412))

= 708.18 A

LP3

ขนาดสาย 120 mm^2 ความยาว 3.5 m

R = 0.1686 , X = 0.1412

I_{sc} = 220/(L.R+j(J_{KA}+L.X))

= 220/(3.5x0.1686+(j (220/(9.6x1000))+(3.5x0.1412))

= 203.65 A

PUMP

ความยาวสาย 4.5 m

X = 0.1811

R = 4.7911

I_{sc} = 220/(L.R+j(J_{KA}+L.X))

= 220/(4.5x4.7911+(j (220/(9.6x1000))+(4.5x0.1811))

= 9.83 A

4.3 Voltage Drop

$\%VD = \sqrt{3}\, IL(R\cos\theta+\sin\theta)$

LP1

I = 32700/220 = 148.6 A

%VD = (148.6x3.5x0.4156)/1000

= 0.22%

LP2

I = 33275/220 = 151.25 A

%VD = (151.25x1x0.4156)/1000

= 0.06%

LP3

I = 31825/220 = 144.7 A

%VD = (144.5x3.5x0.4156)/1000

= 0.21%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PUMP

$$I = 5000/\sqrt{3}\ x380 = 7.6\ A$$

$$\%VD = (7.6x4.5x7.8310\ )/1000$$

$$= 0.27\%$$

หาขนาด C (KVAR) = 30% ของหม้อแปลง (KVA)

$$= 400x0.3 = 120\ KVAR$$

เลือกใช้ cap bank ขนาด 20 KVAR 6 ตัว

หาขนาด CB ของ cap bank

$$I = 20x10^3/(\sqrt{3}\ x380x0.6\ ) = 50.7\ A$$

$$125\%I = 63.4\ A$$

ใช้ CB ขนาด 70 AT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

AllLIGHT และ โปรแกรมควบคุมระบบ

5.1 พื้นฐานเกี่ยวกับระบบ AllLIGHT

ระบบAllLIGHT เป็นระบบควบคุมการปิด/เปิด วงจรไฟฟ้าที่จ่ายกระแสไปยังอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ โดยชุดควบคุม จะควบคุมการปิด/เปิด ในลักษณะของ Network Switch หมายถึง อุปกรณ์ AllLIGHT นีจะแบ่งชุดควบคุม (AllLIGHT Box) ใน 1 ชุดควบคุมจะประกอบด้วย Switch 8 ตัว หรือเรียกว่า 8 channel ที่เรียกว่า Network Switch เพราะชุดควบคุมแต่ละชุดสามารถเชื่อมโยงต่อถึงกันได้เป็นเครือข่าย โดยแต่ละกล่องจะมี ID ของกล่อง และเชื่อมต่อชุดควบคุมด้วยสายโทรศัพท์ แต่ละชุดควบคมสามารถทำการควบคุมข้ามไปยังอีกฝั่งหนึ่งได้ในลักษณะของ Network จากแป้นควบคุมชนิดเดียวกัน นอกจากนั้นยังสามารถทำการควบคุมได้หลายวิธีด้วยกันคือ การควบคุมจากแป้นควบคุม All LIGHT , การควบคุมจากคอมพิวเตอร์,การควบคุมจากรีโมท , การควบคุมจากโทรศัพท์ , การควบคุมจากอุณหภูมิ , การควบคุมจากแสงสว่าง เป็นต้น

ส่วนประกอบสำคัญของระบบ AllLIGHT

1.กล่องควบคุม All LIGHT

2.แป้นควบคุม All LIGHT

3.สายสัญญาณโทรศัพท์ใช้ในการเชื่อต่อระหว่างอุปกรณ์ของ All LIGHT

กล่องควบคุม All LIGHT เป็นหัวใจของชุดควบคุม All LIGHT ในส่วนของกล่องควบคุม All LIGHT จะประกอบไปด้วย 3 ส่วน ส่วนแรกเป็นแผงควบคุม All LIGHT เป็นแผงควบคุมการทำงานทั้งหมด มีหน้าที่ในการควบคมการปิด/เปิด, สื่อสาร, ข้อมูลระหว่างชุดควบคุม และอุปกรณ์ต่อพ่วงต่างๆของ All LIGHT ให้อุปกรณ์ All LIGHT โดยจะรอคอยสัญญาณจากการปิด/เปิด จากการควบคุม ส่วนสุดท้ายจะเป็นส่วนของระบบจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้ระบบควบคุม

แป้นควบคุม All LIGHTมีลักษณะเป็นแป้น Switch ที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของกล่องควบคุม All LIGHTโดยลักษณะการทำงานเป็นแบบ Switch แบบ Toggle Switch แป้นควบคุม All LIGHT จะมีหลายชนิด เช่นแป้นควบคุม All LIGHT แบบใช้1กล่อง, แป้นควบคุม All LIGHT หรือ แป้นควบคุมแบบตั้งเวลาได้

สายสัญญาณโทรศัพท์ ใช้ในการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ของ All LIGHTเข้าด้วยกัน เพื่อสื่อสารข้อมูลต่างๆที่ใช้ในการทำงานรูปแบบของ Network Switch

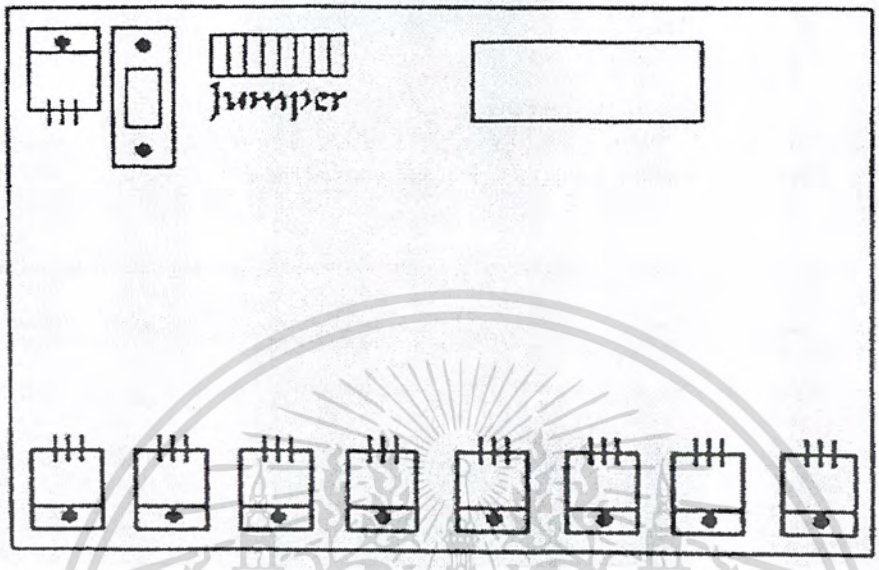
5.2 การเชื่อมต่อชุดควบคุม All LIGHTในลักษณะของ Network Switch

ชุดควบคุม All LIGHTสามารถต่อกันเป็น Network ได้เพื่อการขยายการทำงานให้สามารถต่อกันได้ 256 จุด(Channel) หรือ 32 ชุด(กล่อง) ควบคุมต่อ1 Network ดังนั้นแต่ละกล่องจะมีต้องมีหมายเลขของกล่อง (Box ID) เพื่อใช้ในการควบคุมในแต่ละชุดการควบคุมการตั้ง ID กล่องต้องไม่ซ้ำกัน หกตั้งซ้ำกันจะทำให้ระบบทำงานผิดพลาดได้

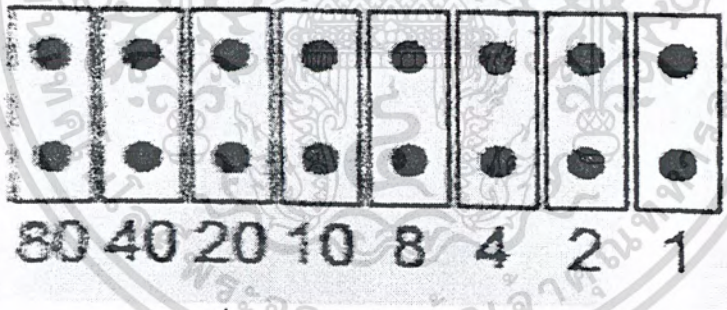
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการตั้ง ID ของกล่องควบคุม

การตั้ง IDของกล่องควบคุม All LIGHT สามารถตั้งได้ตั้งแต่หมายเลข 1 ถึง 99



รูปที่ 5-1 ตำแหน่งของ JUMPER



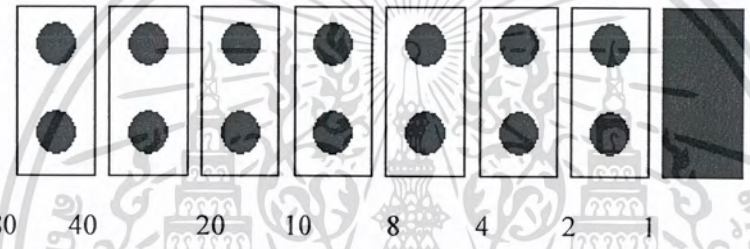
รูปที่ 5-2 ค่าตำแหน่งของ JUMPER

จากตัวอย่างค่าตำแหน่งของรูปข้างบนเป็นรูป JUMPER ที่ใช้ในการ SET ID ของกล่องควบคุม AllLIGHT

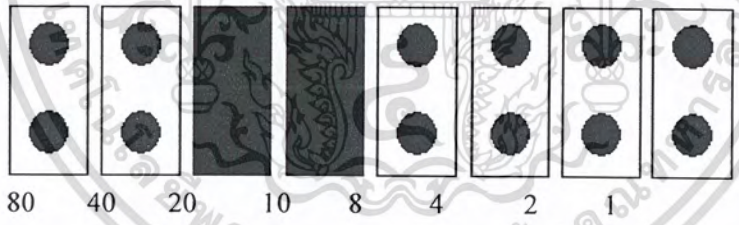
สัญลักษณ์การ Set Junper ID

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5-3 สัญลักษณ์การ open jumper หรือไม่มีการ set jumper(รูปบน)
สัญลักษณ์การ close jumper หรือมีการ set jumper(รูปล่าง)



รูปที่ 5-4เป็น set jumper ID เป็น 1



รูปที่ 5-5เป็นการ set jumper ID เป็น 2+8+20 = 30

5.3 รูปแบบคำสั่ง All LIGHT Protocal

คำสั่งที่ใช้ในการควบคุมการทำงานด้วย computer ของ All LIGHT นั้นเป็นชุดอักษรจำนวน 11 ตัวโดย ในการส่งคำสั่งแต่ละครั้งจะส่งเรียงเป็นชุดออกไปทาง Serial Port รูปแบบของคำสั่งจะมีลักษณะดังนี้

SYNC	SID1	SID2	DID1	DID2	CMD1	CMD2	LG1	LG2	CRC	ECD
EA	Source ID	Source ID	Destination ID	Destination ID	Command	Command	LG	LG	CRC	EB

ตารางที่ 5-1 รูปแบบของ Output data

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Out put Data

ข้อมูลชุดคำสั่งที่ส่งออกทาง Serial Port จะประกอบด้วย ข้อมูลจำนวน 11 Byte ประกอบด้วย **SYNC** เป็น Start Byte ของข้อมูลคำสั่ง All LIGHT เป็น 'EA'เสมอ

SID1, SID2 เป็นหมายเลขกล่องที่มีการส่งข้อมูลเข้ามาที่คอมพิวเตอร์ ในการส่งข้อมูลออกไม่จำเป็นต้องส่งข้อมูลออกก็ได้

DID1, DID2 เป็นหมายเลขกล่อง All LIGHTปลายทางที่เราต้องการให้กล่องนั้นทำงาน(ID ของกล่องนั้น) ID นี้เป็นเลขฐาน 16 โดย DID2 เป็น lo-byte ค่าสูงสุดของแต่ละ byte คือ 'FFH' ส่วน DID1 เป็น hi-byte ใช้ในกรณีที่ lo-byte เกิน 'FFH'เช่นค่า Box ID ของ All LIGHTเป็นเลขฐาน 10 เท่ากับ '100H' ฐาน 16ค่าของ lo-byte จะเป็น '00H' และ hi-byte จะเป็น '01H'

CMD1, CMD2 หรือCommand เป็นชุดคำสั่งที่ส่งไปยัง หมายเลขกล่อง All LIGHTปลายทางว่าจะให้กล่อง All LIGHTปลายทางนั้นทำงานอะไรคำสั่งจะอยู่ในรูปฐาน 16 เช่น

CMD1	CMD2	การทำงาน
55H	90H	กลับไปยังLOCAL BOX
AAH	0DH	เปิดทุกกล่องและทุก Channel

ตารางที่ 5-2 การทำงานของคำสั่งที่เป็นเลขฐาน 16

LG1, LG2 ค่าของ Channel ที่ทำงานเช่น

LG1	LG2	ฐาน 10	ฐาน16	Channel ที่ทำงาน
00H	80H	128	80H	8
00H	83H	131	83H	8,2,1
00H	E0H	224	E0H	8,7,6
00H	56H	86	56H	7,5,3,2

ตารางที่ 5-3 ค่าของ Channel ที่ทำงาน

CRC เป็น byte ที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่ส่ง โดยชุดคำสั่งจะมี 2 แบบคือ keypad Protocal และ PC Protocal หากเป็น keypad Protocal จำเป็นต้องมี CRC byte ในการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล แต่ถ้าเป็นแบบ PC Protocal ไม่จำเป็นต้องมี CRC ก็ได้ หรือคำนวณก็ได้ (หากไม่คำนวณให้ใส่ค่า CRC เป็น 'AAH'

END Stop byte ใช้สำหรับปิดท้ายชุดคำสั่งเป็น 'E8' เสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SYNC	SOR1	SOR2	DES1	DES2	DEV	CMD	INF1	INF2	CRC	END
EA	Source ID	Source ID	Destination ID	Destination ID	DEV	CMD	Information	Information	CRC	E8

ตารางที่ 5-4 byte ของ CRC

หลังจากที่ส่งข้อมูลออกจาก Serial Port แล้ว Computer Control จะตรวจสอบความถูกต้องของคำสั่งที่ส่ง หากถูกต้องคำสั่งจะถูกส่งไปยัง All LIGHT Box ทำงานเสร็จแล้วจะส่งผลการทำงานกลับมายัง Computer ทาง Serial Port เป็น Input Data และสามารถนำค่า Input Data นี้มาใช้ในการแสดงผลการทำงานของ All LIGHT Box ว่าถูกต้องตรงกับคำสั่งที่ส่งออกไปให้ All LIGHT Box หรือไม่ รูปแบบคำสั่ง Input Dataนั้นมีลักษณะคล้ายกับ Out put Data

-SYNC เป็น Start Byte ของข้อมูลคำสั่ง All LIGHT เป็น 'EA' เสมอ

-Sid1, Sid2 เป็นหมายเลขกล่องที่ทำงานคำสั่ง (หมายเลข Box ID ที่ส่งค่าInput Data เข้ามายัง Computer) โดยหมายเลข Box ID จะอยู่ในรูปเลขฐาน 16 เช่น 15H คือค่า Box ID 21 เป็นต้น

-Did1, Did2เป็นหมายเลขกล่องที่ All LIGHT Computer Control ต่ออยู่กับ All LIGHT Computer Control ต่ออยู่กับ Box ID1ค่า DES1จะเท่ากับ 00H และค่า DES2จะเท่ากับ01H เป็นต้น

-DEVบอกถึงประเภทของ All LIGHT Box ที่ส่งคำสั่งว่าเป็น Local Box หรือ Inter Box เช่น CCH เป็นคำสั่งที่ส่งจาก Inter Box

-CMD ค่ารหัสคำสั่งส่งข้อมูลกลับ โดยปกติเป็น '07H'

-INF1, INF2 สถานะ การทำงานของ All LIGHT Box (INFORMATION) โดยปกติแบ่งออกเป็น 2 สถานะ คือ

1. สถานะก่อนคำสั่งที่ส่งจากคอมพิวเตอร์ จะบอกเป็นเลขผลรวมในระบบเลขฐาน 16 ดูได้จาก INF1 byte
2. สถานะหลังจากทำคำสั่งเสร็จเรียบร้อยแล้ว ในรูปแบบของผลรวมในระบบเลขฐาน 16 ดูได้จาก INF2 byte

-CRCเป็น byte ที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล input data

-END Stop byte ใช้สำหรับปิดท้ายชุดคำสั่ง เป็น 'E8' เสมอ

5.4 All LIGHT Protocal Table

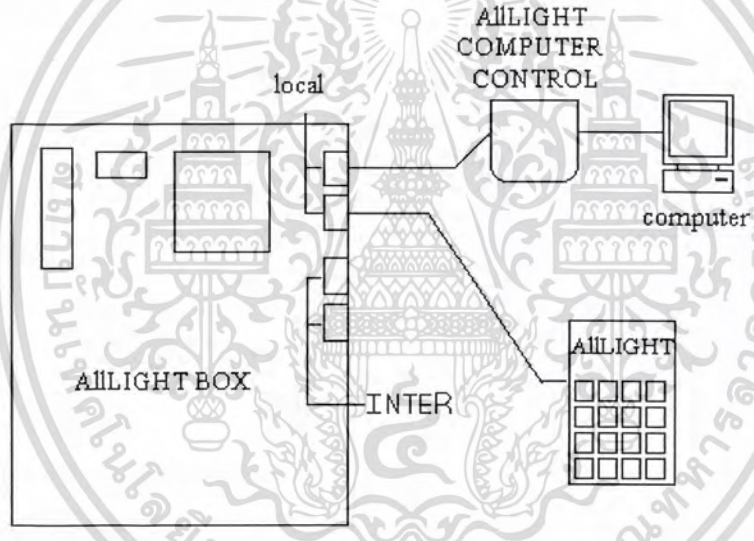
All LIGHT Protocal จะมี 2 แบบ คือ

1. **แบบคำสั่ง key pad protocol** ที่มีรูปแบบคำสั่งเหมือนกับ protocol ของ keypad All LIGHT ในการส่งคำสั่ง key pad protocol จำเป็นต้องคำนวณค่า crc byte เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลในการส่งข้อมูลระหว่าง All LIGHT BOX และคอมพิวเตอร์โดยมี All LIGHT Computer Control เป็นตัวตรวจสอบ
2. **แบบคำสั่ง pc protocol** มีลักษณะพิเศษคือไม่จำเป็นต้องคำนวณค่า crc byte เพื่อความรวดเร็วในการส่งข้อมูลหารต้องการคำนวณ crc byte ก็สามารถทำได้ แต่อาจเสียเวลาในกรส่งข้อมูลเพิ่มขึ้นรูปแบบคำสั่งทั้ง 2 ประเภทสามารถดูได้จากภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การควบคุมอุปกรณ์ All LIGHTจากคอมพิวเตอร์

การควบคุมอุปกรณ์ All LIGHTจากคอมพิวเตอร์ นั้นจะต้องมี All LIGHT Computer Control เพื่อใช้ในการควบคุมการทำงานระหว่างคอมพิวเตอร์กับชุดควบคุมของ All LIGHTโดยอุปกรณ์ Computer Control จะทำงานเป็นอุปกรณ์แปลงสัญญาณคอมพิวเตอร์ในแบบสัญญาณ RS-322C เป็น
สัญญาณRS-442ในการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ All LIGHTแต่ละอุปกรณ์สามารถสื่อสารกันได้ 1 กิโลเมตร ภายใน 1 Network ภายในอุปกรณ์ All LIGHT Computer Control ไม่ได้เป็นอุปกรณ์แปลงสัญญาณ RS-232 เป็น RS-442 เพียงอย่างเดียว All LIGHT Computer Control ยังทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่ส่งออกมาจากคอมพิวเตอร์ ว่าส่งออกมาถูกต้องหรือไม่ โดยในการส่งข้อมูลระหว่างกันจะมีการตรวจสอบรหัส CRC (รหัสที่ใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลหากไม่ถูกต้องอุปกรณ์ All LIGHT Computer Control จะไม่ส่งข้อมูลผิดพลาดนี้ไปยังกล่องควบคุม เพื่อป้องกันความผิดพลาดที่เกิดจากการส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ชนิดต่างๆที่อาจเกิดขึ้นได้



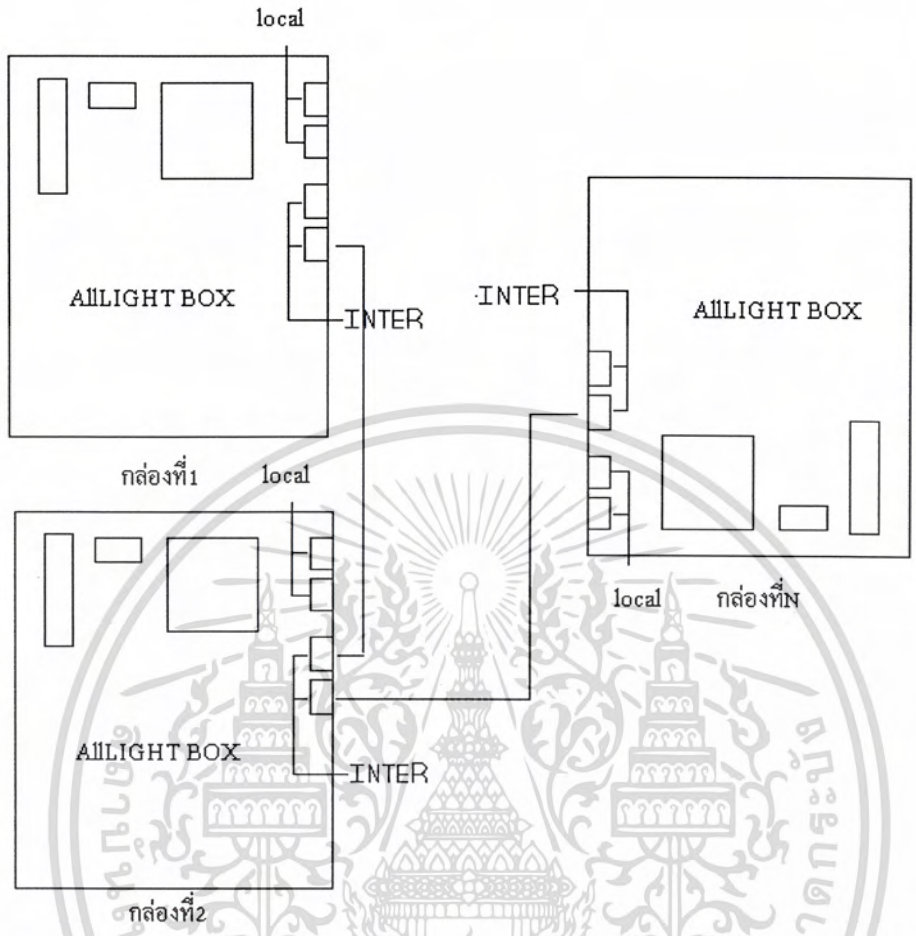
รูปที่ 5-6 การต่อ All LIGHT Computer Control เข้ากับ Port RS-232 (Serial Port)

จากรูปเป็นการติดตั้ง All LIGHT Computer Control โดยการต่อ All LIGHT Computer Control เข้ากับ Port RS-232(Serial Port) ที่เครื่องคอมพิวเตอร์ อาจจะเป็น COM1 หรือ COM2ก็ได้และอีกด้านหนึ่งจะเป็นหัวเสียบ RJ11ให้ต่อโดยการต่อสายโทรศัพท์แบบ 4 Core จากช่อง RJ11 ของ All LIGHT Computer Control เข้ากับLocal Port ของ All LIGHT จะมี2ช่องจะต่อกับช่องที่1หรือช่องที่2ก็ได้

ช่องสัญญาณ Local Port ของ All LIGHT BOX นั้นจะมี 2 ช่อง ในการใช้งานจะเลือกใช้งานช่องสัญญาณใดก็ได้ ข้อมูลที่รับ-ส่งจะเหมือนกันทั้งสอง ช่องสัญญาณ

ช่องสัญญาณ Inter Port ของ All LIGHT BOX ก็จะมี 2 ช่องสัญญาณเหมือนกัน หากเป็นกล่องแรก จะใช้เพียงช่องสัญญาณเดียว เพื่อใช้เชื่อมต่อสัญญาณข้อมูลไปยัง All LIGHT BOX กล่องอื่นดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

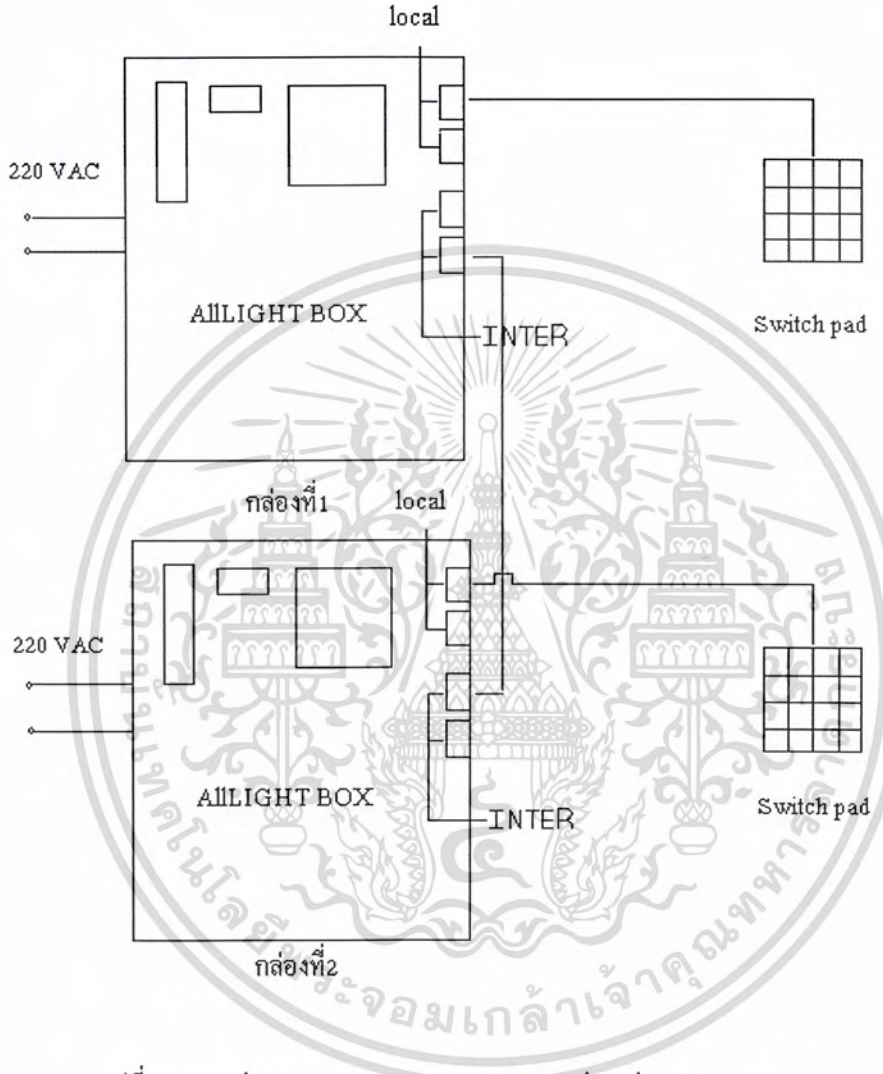


รูปที่ 5-7 ช่องสัญญาณ Inter Port ของ All LIGHT BOX

ในการติดตั้ง All LIGHTตั้งแต่ 2 กล่องขึ้นไปจะต้องมีการ Set ID ของ All LIGHT ให้มี ID ประจำกล่องต้องไม่ซ้ำกัน หรือมี ID เหมือนกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.5 การต่อ All LIGHT Controller ระหว่างกล่อง (Inter port)



รูปที่ 5-8 การต่อ All LIGHT Controller ระหว่างกล่อง (Inter Port)

Note

1.สายการควบคุมที่อยู่ในกรอบเส้นประเป็นสานโทรศัพท์ แบบ 4 สาย ในชนิดแบบ ส่วนสายเมนที่เดินจากเมนเบรกเกอร์มายัง BOX ควบคุมและสายที่เดินจาก BOX ควบคุมมายังโหลด ยังใช้สายไฟฟ้าปกติ

2.การคำนวณโหลดของเมนเบรกเกอร์คำนวณได้จาก จำนวนวัตต์ของโหลดทั้ง 8 โหลด ของBOX รวมกันแล้วบวกด้วย 15 วัตต์

3.การเชื่อมต่อระหว่างกล่องต้องเซ็ตจั๊มเปอร์ หมายเลขกล่องโดยสามารถเซ็ตได้ตั้งแต่หมายเลข 1-99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.6 บทนำการเขียนโปรแกรม

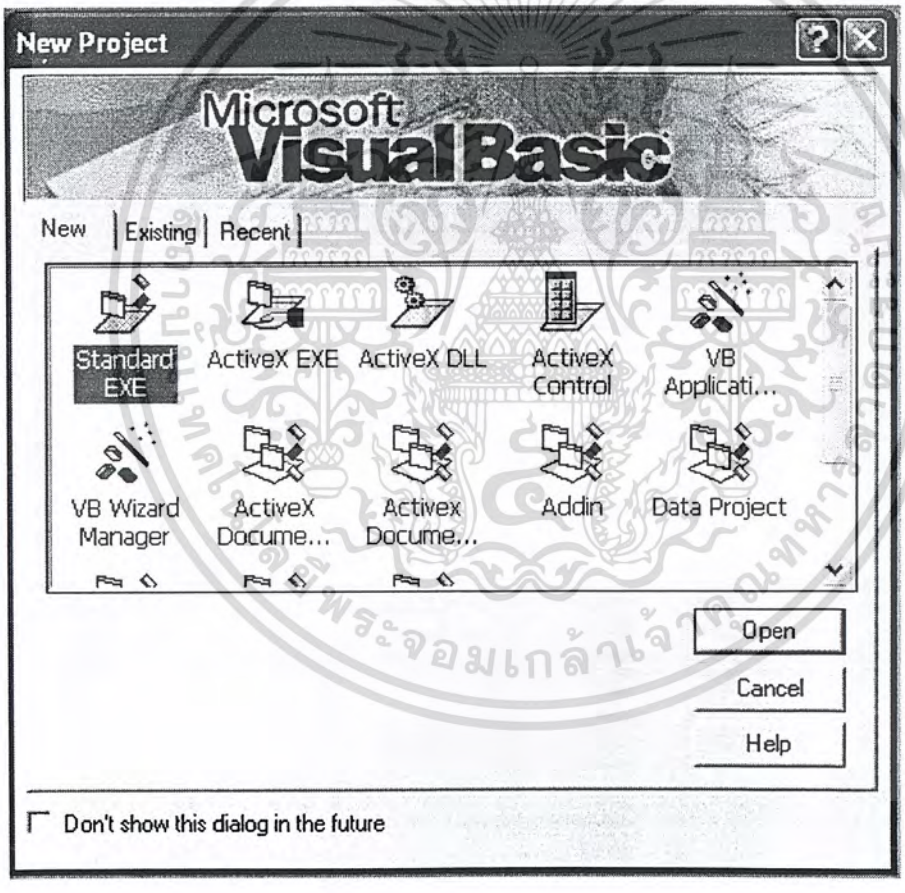
ทางกลุ่มเลือกใช้ภาษา visual basic ในการเขียนโปรแกรมในงานนี้ เพราะเป็นภาษาที่เข้าใจง่ายและใช้งานได้ในระบบปฏิบัติการwindow และสามารถเชื่อมโยงกับฐานข้อมูลได้ เราจะนำมาเขียนโปรแกรมการทำงานสองส่วน คือ

1. โปรแกรมสั่งอาหาร
2. โปรแกรมควบคุมไฟฟ้า

เริ่มต้นการเขียนโปรแกรม

ขั้นตอนกรเขียนโปรแกรมสั่งอาหารด้วย Microsoft Visual Basic 6.0 มีขั้นตอนดังนี้

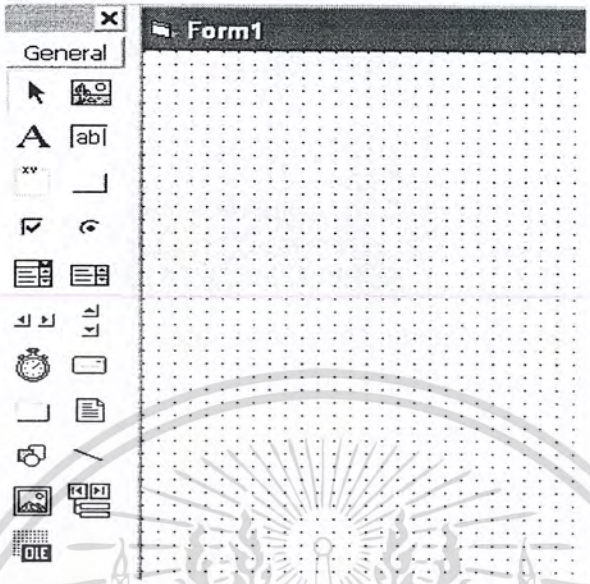
1.เปิดโปรแกรม Microsoft Visual Basic 6.0 เลือกเป็นโปรเจคแบบ Standard.exe จะมี form 1 ปรากฏขึ้นมา



รูปที่ 5-9 การเข้าโปรแกรม Visual Basic

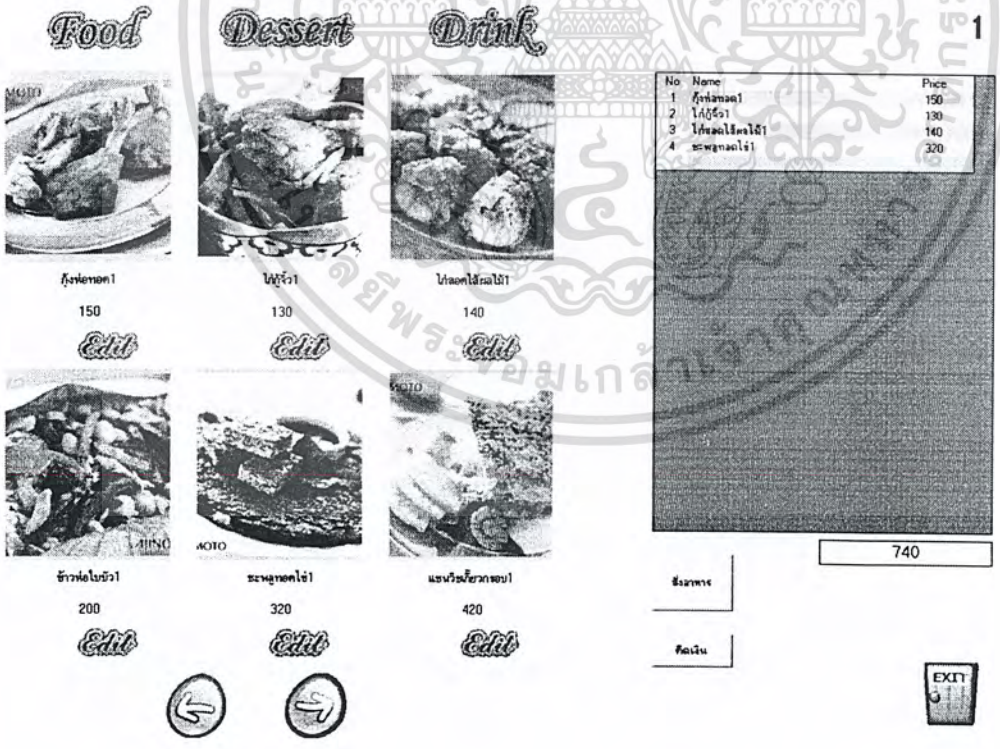
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. จากนั้นไปเลือกแถบเครื่องมือต่างๆมาสร้างหน้าตาของโปรแกรมตามที่ต้องการ



รูปที่ 5-10 รูปแถบเครื่องมือ

- เมื่อเลือกเครื่องมือต่างๆ จะได้รูปแบบของโปรแกรมดังนี้



รูปที่ 5-11 ตัวอย่างรูปแบบของโปรแกรมสั่งอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. เขียนคำสั่งลงไปใน object ต่างๆของโปรแกรม เช่น ถ้าคลิกตรงรูปอาหาร จะถือว่าเป็นการสั่งอาหาร และรายการที่สั่งจะปรากฏขึ้นในตาราง เป็นต้น

5. ทำการเขียนข้อมูลต่างลงในตาราง database ในโปรแกรม Microsoft Access เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลของโปรแกรม

Microsoft Access - [TblMenu : Table]

File Edit View Insert Format Records Tools Window Help

MenuID	GroupMenu	MenuName	MenuPrice	MenuPicture
0000000001	0	กุ้งห่อทอด1	฿150.00	\Pictures\กุ้งห่อทอด1.jpg
0000000001	1	กล้วยบวชชีอินโดนีเซีย1	฿280.00	\Pictures\กล้วยบวชชีอินโดนีเซีย1.jpg
0000000001	2	น้ำดอกอัญชัน1	฿125.00	\Pictures\น้ำดอกอัญชัน1.jpg
0000000002	0	ไก่กู้จิ๋ว1	฿130.00	\Pictures\ไก่กู้จิ๋ว1.jpg
0000000002	1	กล้วยหอมทอด1	฿150.00	\Pictures\กล้วยหอมทอด1.jpg
0000000002	2	น้ำแตงโมปั่น1	฿165.00	\Pictures\น้ำแตงโมปั่น1.jpg
0000000003	0	ไก่สอดไส้ผลไม้1	฿140.00	\Pictures\ไก่สอดไส้ผลไม้1.jpg
0000000003	1	ขนมกุยช่าย1	฿130.00	\Pictures\ขนมกุยช่าย1.jpg
0000000003	2	น้ำนมข้าวโพด1	฿200.00	\Pictures\น้ำนมข้าวโพด1.jpg
0000000004	0	ข้าวห่อใบบัว1	฿200.00	\Pictures\ข้าวห่อใบบัว1.jpg
0000000004	1	ขนมจีบกุ้ง1	฿140.00	\Pictures\ขนมจีบกุ้ง1.jpg
0000000004	2	น้ำใบบัวบก1	฿500.00	\Pictures\น้ำใบบัวบก1.jpg
0000000005	0	ซะพลูทอดไข่1	฿320.00	\Pictures\ซะพลูทอดไข่1.jpg
0000000005	1	ขนมถ้วยนพเก้า1	฿200.00	\Pictures\ขนมถ้วยนพเก้า1.jpg
0000000005	2	น้ำพุทรา1	฿380.00	\Pictures\น้ำพุทรา1.jpg
0000000006	0	แซนวิชเกี๊ยวกรอบ1	฿420.00	\Pictures\แซนวิชเกี๊ยวกรอบ1.jpg
0000000006	1	เค้กกล้วยตาก1	฿320.00	\Pictures\เค้กกล้วยตาก1.jpg
0000000006	2	น้ำมะระ1	฿190.00	\Pictures\น้ำมะระ1.jpg
0000000007	0	ดอกไม้จีนตุ๋นเก๋าก๋ี1	฿390.00	\Pictures\ดอกไม้จีนตุ๋นเก๋าก๋ี1.jpg
0000000007	1	เค้กหุเรียน1	฿420.00	\Pictures\เค้กหุเรียน1.jpg
0000000007	2	น้ำเสาวรส1	฿140.00	\Pictures\น้ำเสาวรส1.jpg
0000000008	0	ต้มโคลงปลากรอบ1	฿125.00	\Pictures\ต้มโคลงปลากรอบ1.jpg
0000000008	1	เค้กริมลูกเกด1	฿390.00	\Pictures\เค้กริมลูกเกด1.jpg
0000000008	2	พั้นช์น้ำยิง1	฿150.00	\Pictures\พั้นช์น้ำยิง1.jpg

รูปที่ 5-12 รูปของตารางฐานข้อมูล

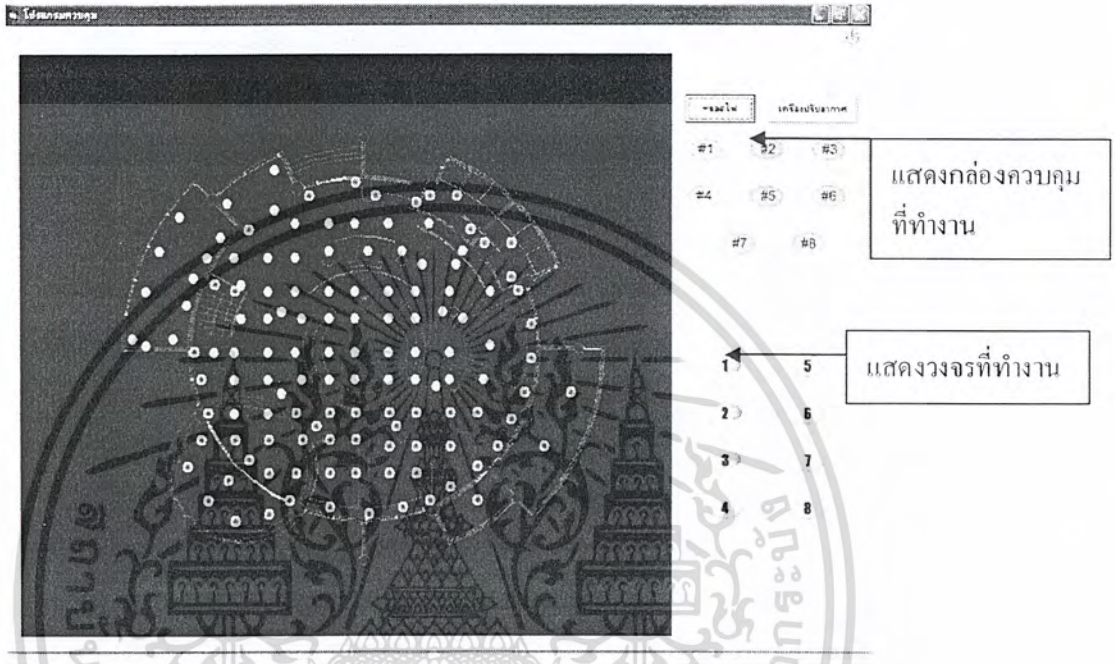
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.7 โปรแกรมระบบควบคุมระบบโดยคอมพิวเตอร์

แบ่งระบบที่ควบคุมออกเป็น 2 ระบบ คือ การควบคุมระบบไฟฟ้า และ การควบคุมระบบการสั่งอาหาร

1.การควบคุมระบบไฟฟ้า

มีการนำอุปกรณ์ควบคุมของALL LIGHTมาควบคุมระบบไฟฟ้าในร้านอาหาร โดยควบคุมผ่านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยโหลดที่ยกเป็นตัวอย่างในการควบคุมได้แก่ หลอดไฟ และ เครื่องปรับอากาศ



รูปที่ 5-13 การควบคุมหลอดไฟผ่านโปรแกรมคอมพิวเตอร์

2.การควบคุมระบบการสั่งอาหาร

แบ่งออกเป็น 4 ส่วน คือ

1.โปรแกรมดูโต๊ะว่าง สามารถให้ลูกค้าดูว่าโต๊ะไหนว่างบ้าง เมื่อลูกค้าเลือกได้ว่าอยากนั่งโต๊ะไหน พนักงานต้อนรับจะเป็นผู้พาไปที่โต๊ะนั้น

2.โปรแกรมสั่งอาหาร เมื่อมาถึงโต๊ะแล้ว ลูกค้าสามารถสั่งอาหารได้ทันทีโดยไม่ต้องรอบริกรมารับรายการอาหาร

วิธีการสั่งอาหาร

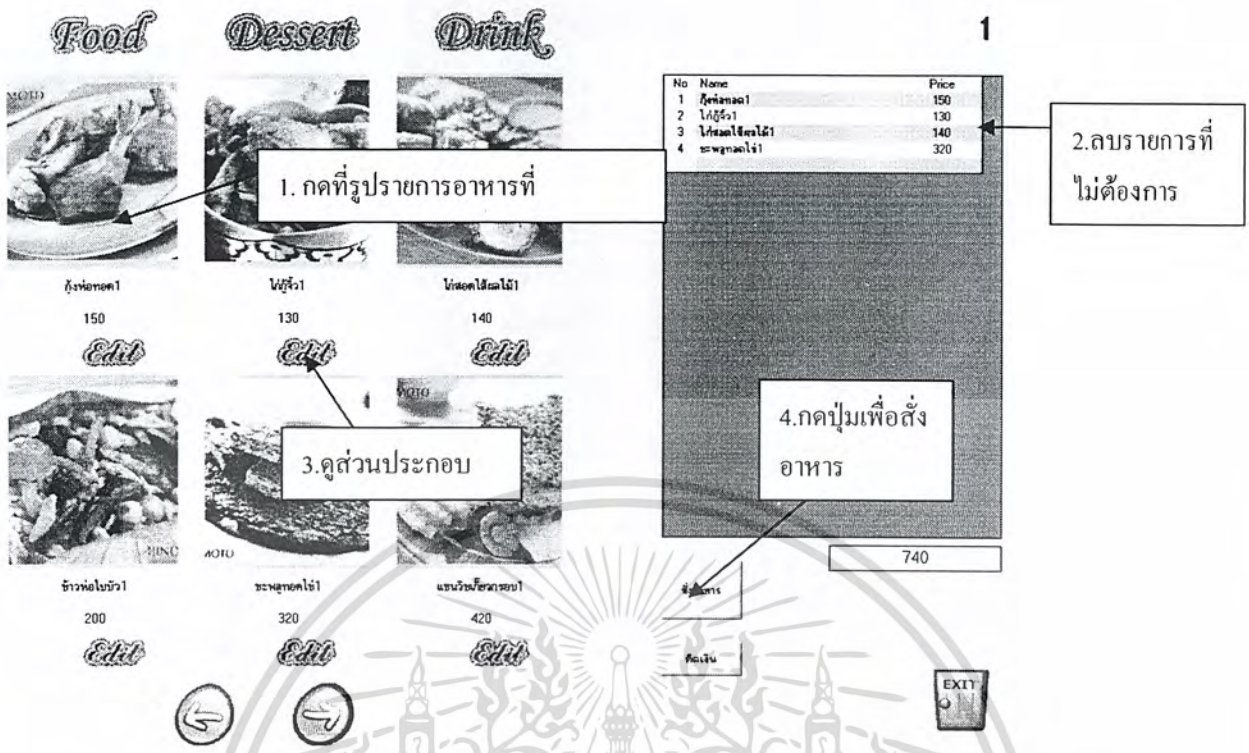
1.กดที่รูปอาหารที่ท่านต้องการ

2.เมื่อต้องการลบรายการที่ไม่ต้องการออก ให้กดที่ช่องสั่งอาหาร

3.เมื่อต้องการดูส่วนประกอบของรายการอาหาร กดปุ่ม Edit

4.สั่งอาหาร กดปุ่มสั่งอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5-14 ตัวอย่างโปรแกรมสั่งอาหาร

3. โปรแกรมรับรายการอาหารที่ห้องครัว เป็นโปรแกรมสำหรับพ่อครัวเพื่อดูว่าโต๊ะไหนสั่งอาหารเข้ามาบ้างมีรายการอาหารเป็นอย่างไร โดยโปรแกรมที่ใช้ในห้องครัวนั้น จะเรียงรายการอาหารที่ลูกค้าสั่งตามลำดับก่อนหลัง

4. โปรแกรมที่แคชเชียร์ เป็นโปรแกรมที่ใช้ออกใบเสร็จรับเงิน และที่แคชเชียร์จะผู้ควบคุมการว่างของโต๊ะด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

การจำลองแบบร้านอาหาร

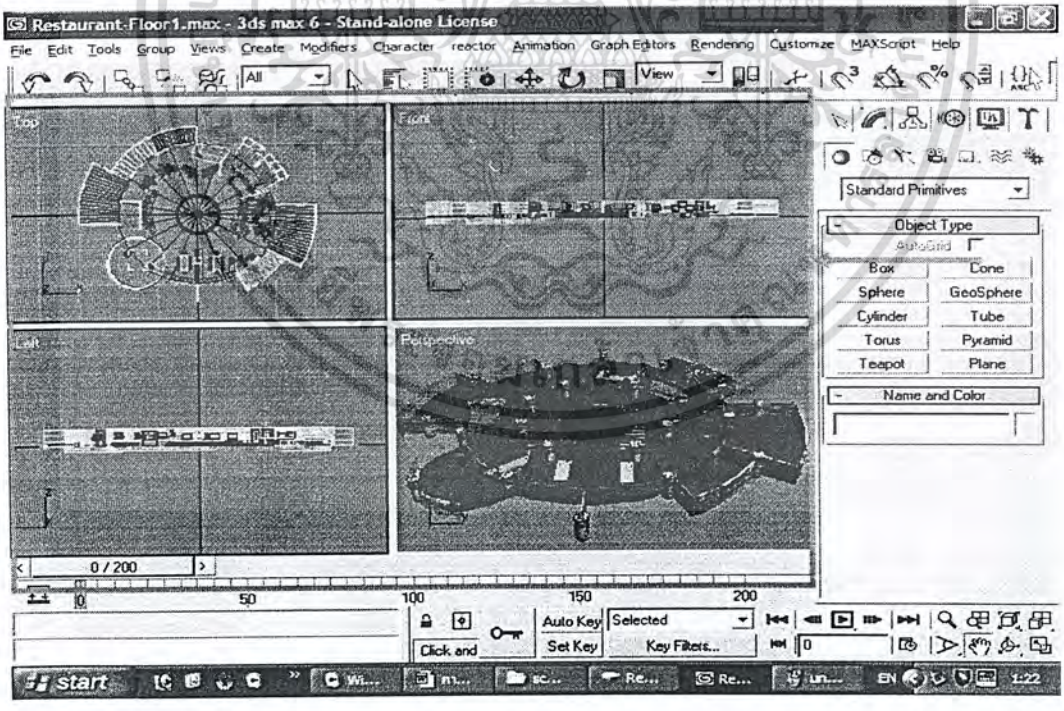
6.1 บทนำการใช้ 3D Max ในการจำลองร้านอาหาร

ในปัจจุบันการจำลองสิ่งก่อสร้างออกมาเป็นรูปแบบ 3D เป็นที่นิยม และ แพร่หลาย เพราะสามารถทำให้ ผู้ว่าจ้างสามารถเห็นรูปแบบเป็นรูปธรรม สามารถเพิ่มเติมหรือถอดถอนในรายละเอียดต่าง ๆ ได้ ไม่ใช่เป็นแค่นามประธรรม ถ้านายจ้างไม่มีความรู้ก็จะนึกภาพไม่ออก และต้องรอให้สร้างเสร็จจึงจะรู้ว่าหน้าตาเป็นแบบไหน ซึ่งถ้าไม่พอใจอาจจะต้องมีการจะแก้ไขในสิ่งที่สร้างไป อันจะสร้างความลำบาก และเสียเวลาได้

ดังนั้น ในโปรเจคนี้จึงมีการนำเสนอในรูปแบบ 3D ด้วย ซึ่งโปรแกรมจำลองเป็น 3D ในปัจจุบันนั้นมีมากมาย แต่ที่เลือกใช้ในการทำโปรเจค คือ “ 3Ds Max vesion 6 ” เพราะเป็นโปรแกรมที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากใช้ได้ง่าย สามารถทำได้ทั้งเป็นภาพนิ่ง และ ภาพเคลื่อนไหว มีความสวยงาม และมีลูกเล่นหลากหลายครบครัน จึงเหมาะแก่การนำมาใช้งาน

ขั้นตอนการเขียนโปรแกรม 3Ds Max เพื่อจำลองลักษณะร้านอาหาร

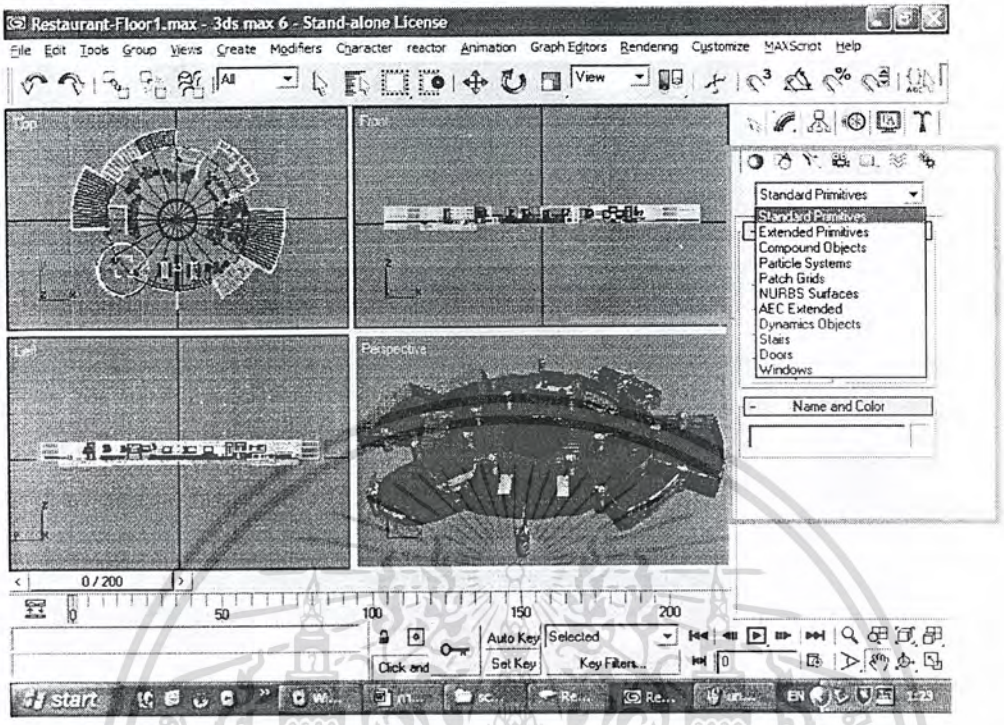
1.เปิดโปรแกรม 3Ds Max version 6 จะมี Viewport อยู่ 4 ช่อง ซึ่งจะใช้ช่องไหนทำก็ได้ ซึ่งมุมมองแต่ละช่องสามารถกำหนดได้ว่าจะมองวัตถุที่จำลองในมุมไหน (top view, front view, left view, perspective view)



รูปที่ 6-1 หน้าจอ Viewport และมุมมองที่แตกต่างกันทั้ง 4 ช่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.สร้างวัตถุที่ต้องการจากเครื่องมือใน Command Panel สามารถปรับตกแต่งได้ตามต้องการ ซึ่งศึกษาได้จากคู่มือการใช้งานทั่วไปได้

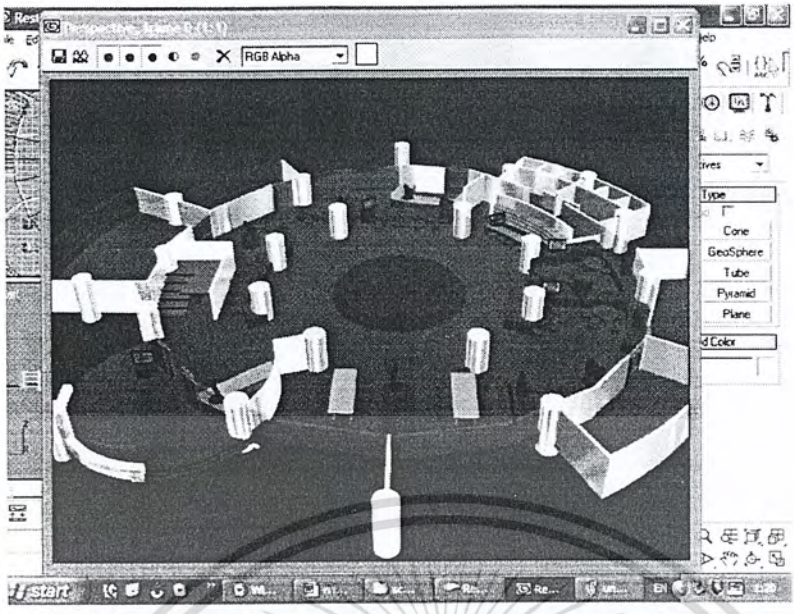


รูปที่ 6-2 การเลือกใช้ Command Panel ทางขวามือ ในการสร้างเป็นรูปทรงต่าง ๆ

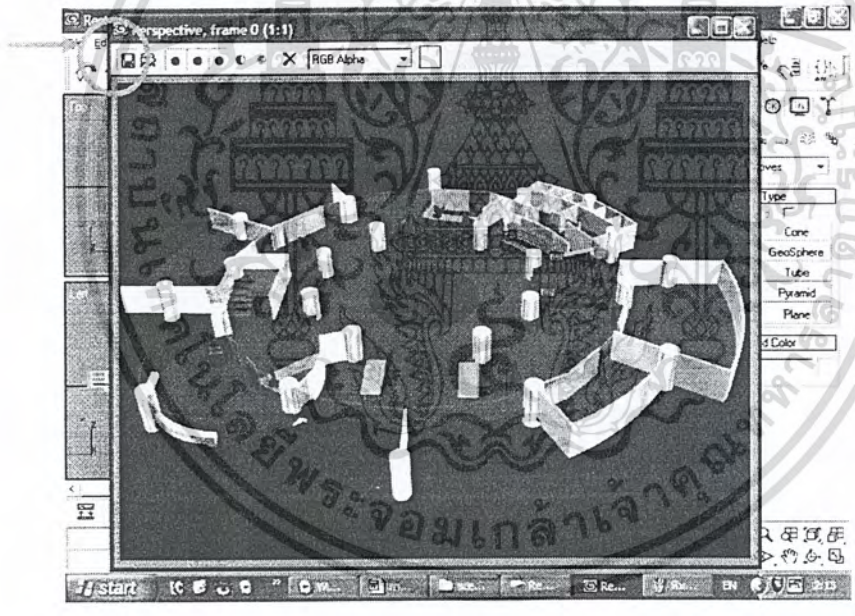
3.เมื่อได้ชิ้นงานตามที่ต้องการแล้วก็ทำการ Rander เพื่อดูภาพจากชิ้นงานที่จำลองไป สามารถ save เป็น file รูปภาพ หรือ file เคลื่อนไหว (movie clip) ตามแต่การใช้งานต่อไป

ในกรณีนี้ จะแสดงตัวอย่างการ save file เป็นรูปภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

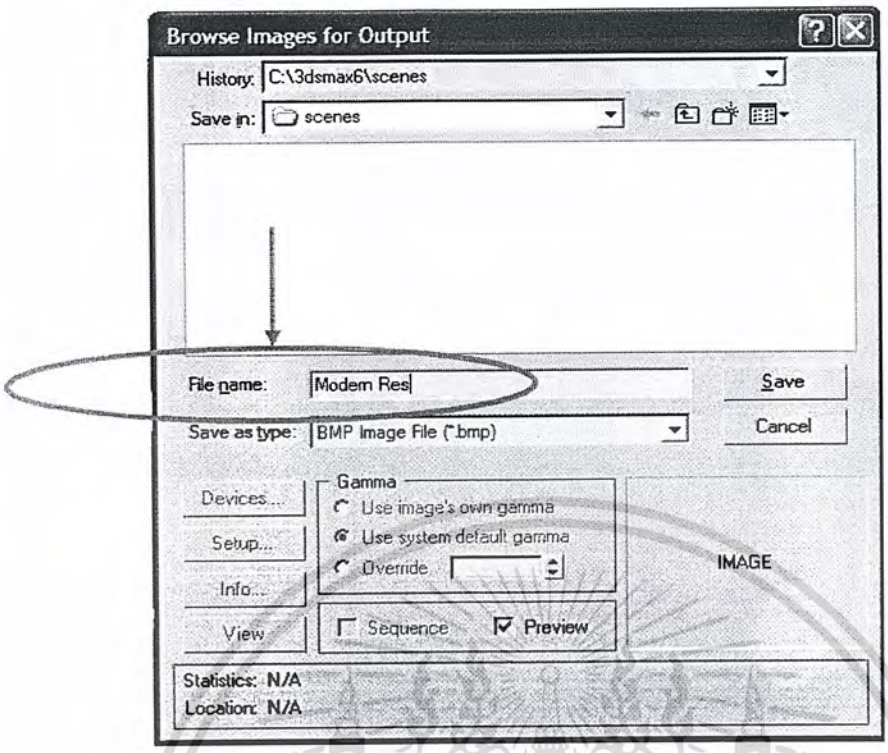


รูปที่ 6-3 การ Render กรณีดูเป็นรูปภาพ โดยคลิก viewport ที่ต้องการ แล้วกด **Ctrl + Q**

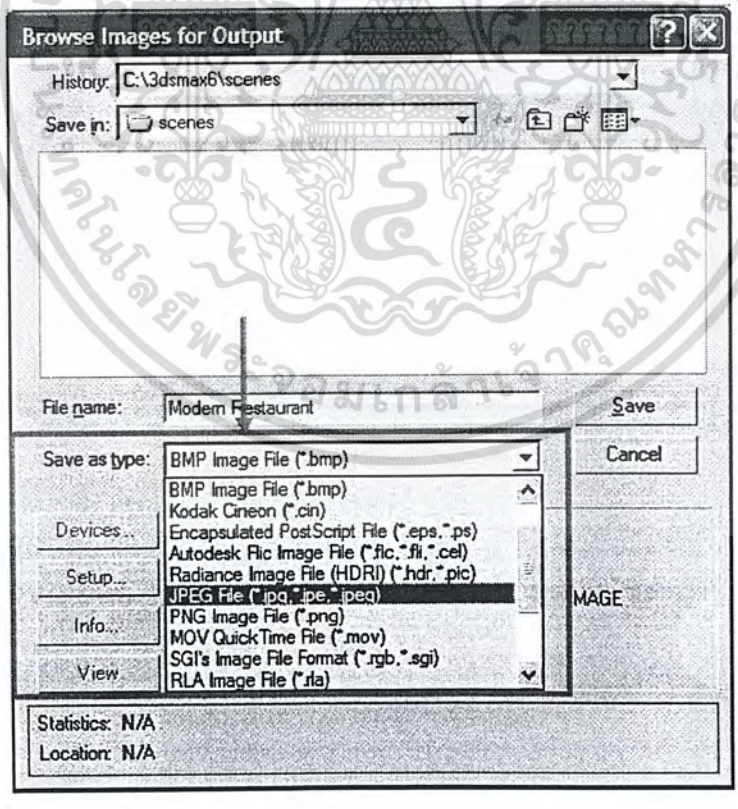


รูปที่ 6-4 การกด save file ตรงรูปแผ่นดิสก์ด้านซ้ายบนของหน้าต่าง เพื่อให้ขึ้นหน้าจอ save file

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

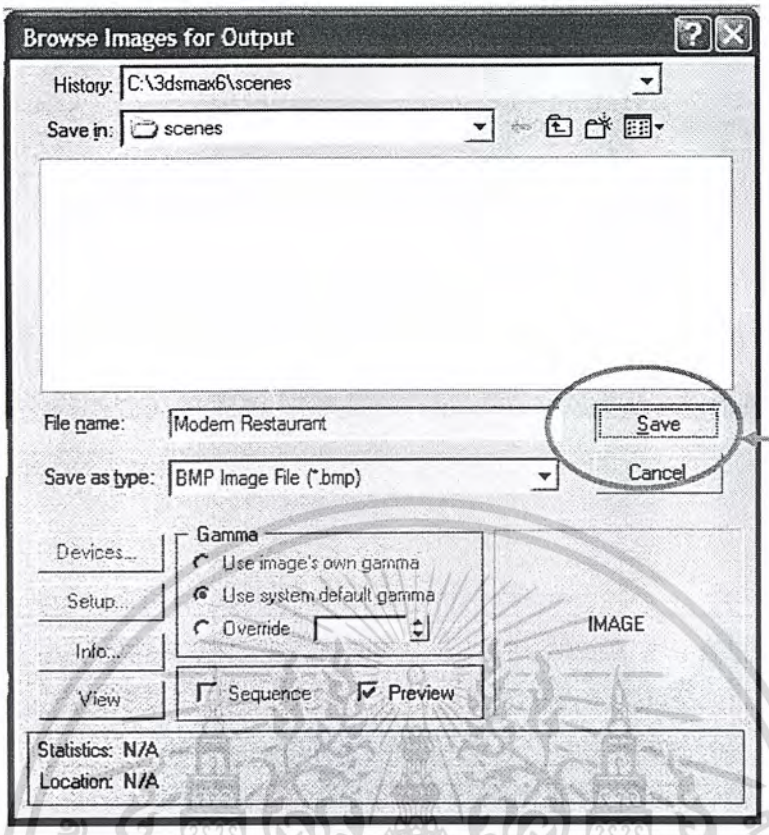


รูปที่ 6-5 การพิมพ์ชื่อ file ที่จะ save ตรงช่อง file name



รูปที่ 6-6 การเปลี่ยนนามสกุลไฟล์ตามที่ต้องการ ในช่อง Save as type

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6-7 คลิกปุ่ม save ก็จะเสร็จขั้นตอนการ save file เป็นรูปภาพ

6.2 ปัญหาต่าง ๆ ที่พบในการใช้โปรแกรมจำลอง 3D และ ข้อแนะนำ

1.การ save file ที่มีความละเอียดสูง ๆ จะทำให้ computer ทำงานช้า ดังนั้น ควรมี RAM ในการใช้งานให้สูง ๆ ไว้ จะช่วยแก้ปัญหาได้ แนะนำให้มากกว่า 256 MB (ทำงานช้ามาก)

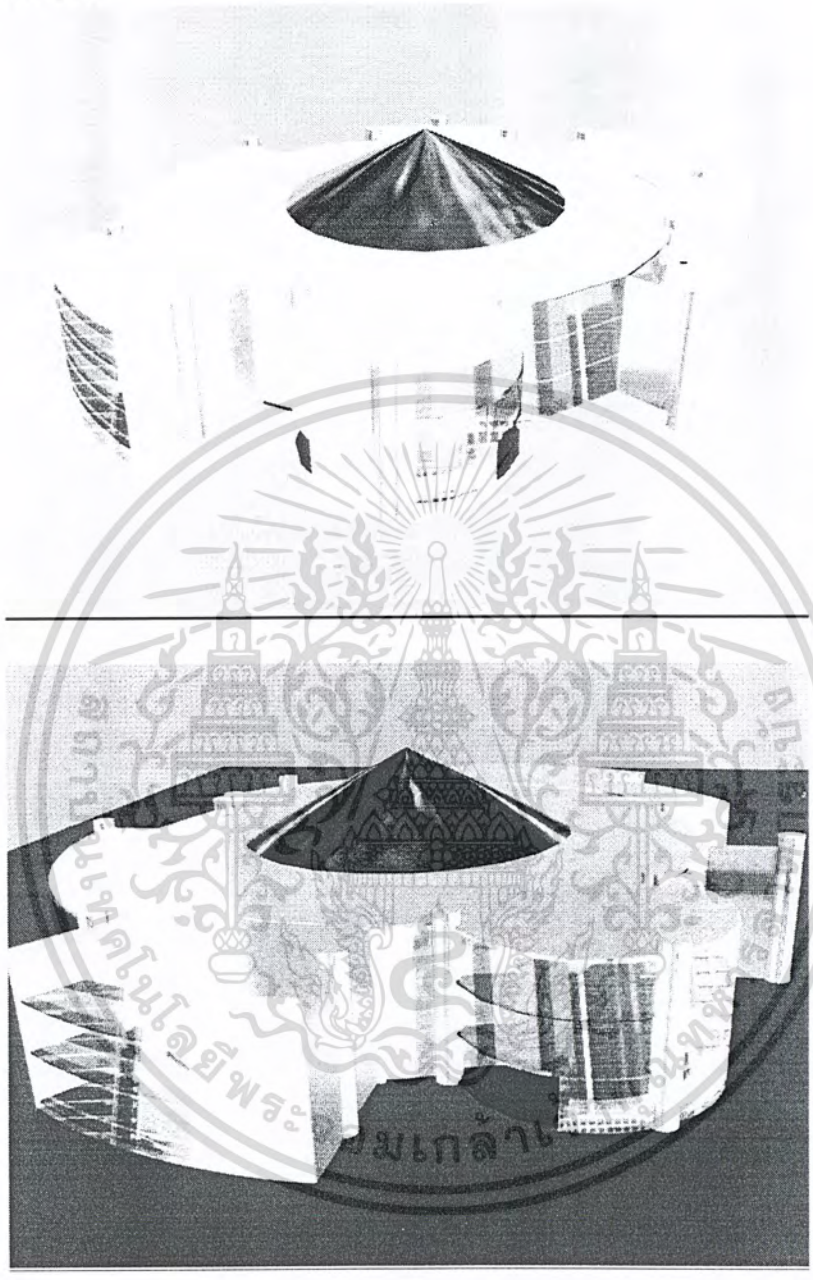
2.ตัวโปรแกรมยังมีข้อผิดพลาดบางอย่าง บางครั้งอาจจะออกจากโปรแกรมโดยไม่ทราบสาเหตุ ในขณะที่กำลัง save file ที่เสร็จเรียบร้อยแล้ว ซึ่งมีความละเอียดสูง ๆ ดังนั้นแนะนำให้ ทำการ save file เป็นระยะ ๆ ขณะใช้โปรแกรม

3.เนื่องจากลูกเล่นมีเยอะมาก แนะนำให้หาข้อมูลสอนวิธีการใช้ได้ตาม Internet และหนังสือสอนวิธีการใช้ต่าง ๆ และสามารถดูข้อมูลลักษณะ computer ที่เหมาะในการทำกราฟิก 3D ได้ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.3 รูปแสดงโมเดลของร้านในมุมมองต่าง ๆ

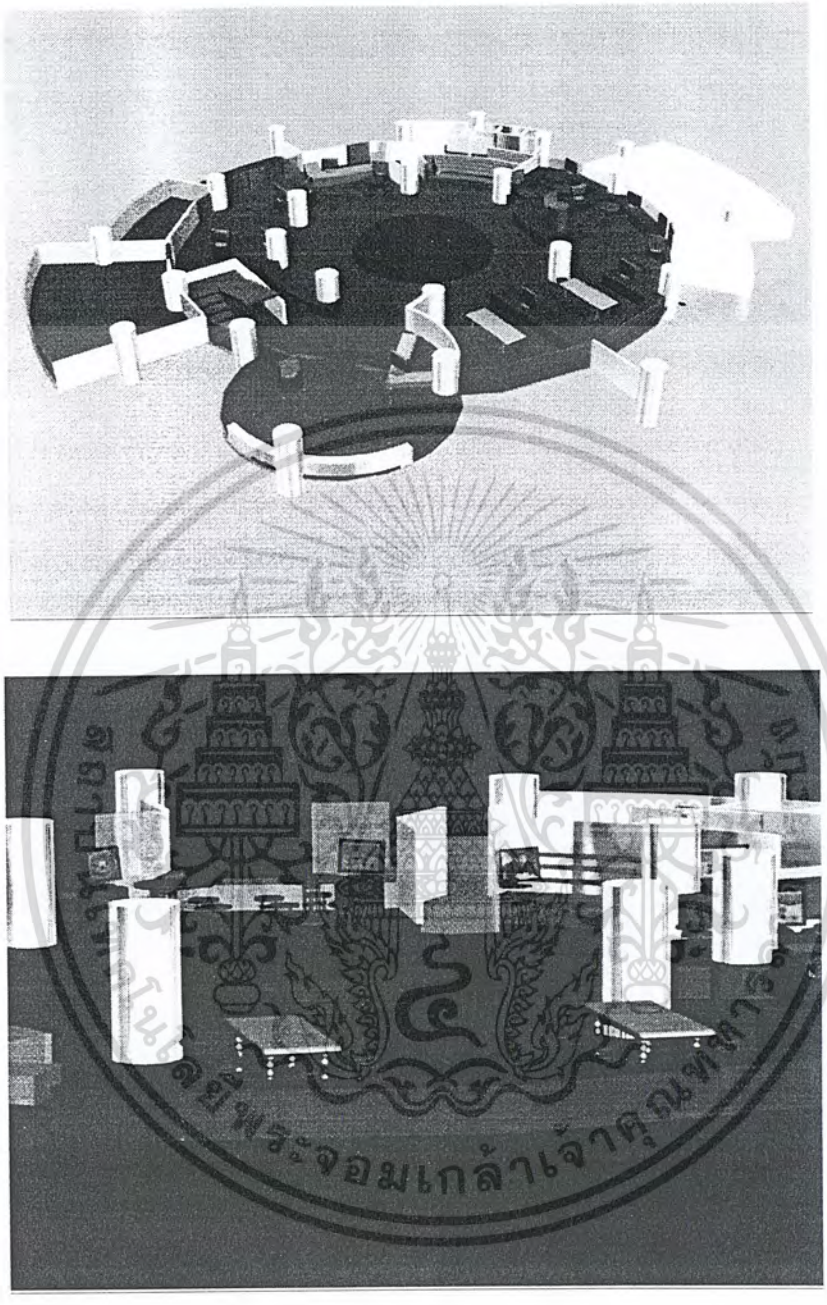
1. แสดงโมเดลอาคารของร้าน



รูปที่ 6-8 โมเดลอาคารร้านทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

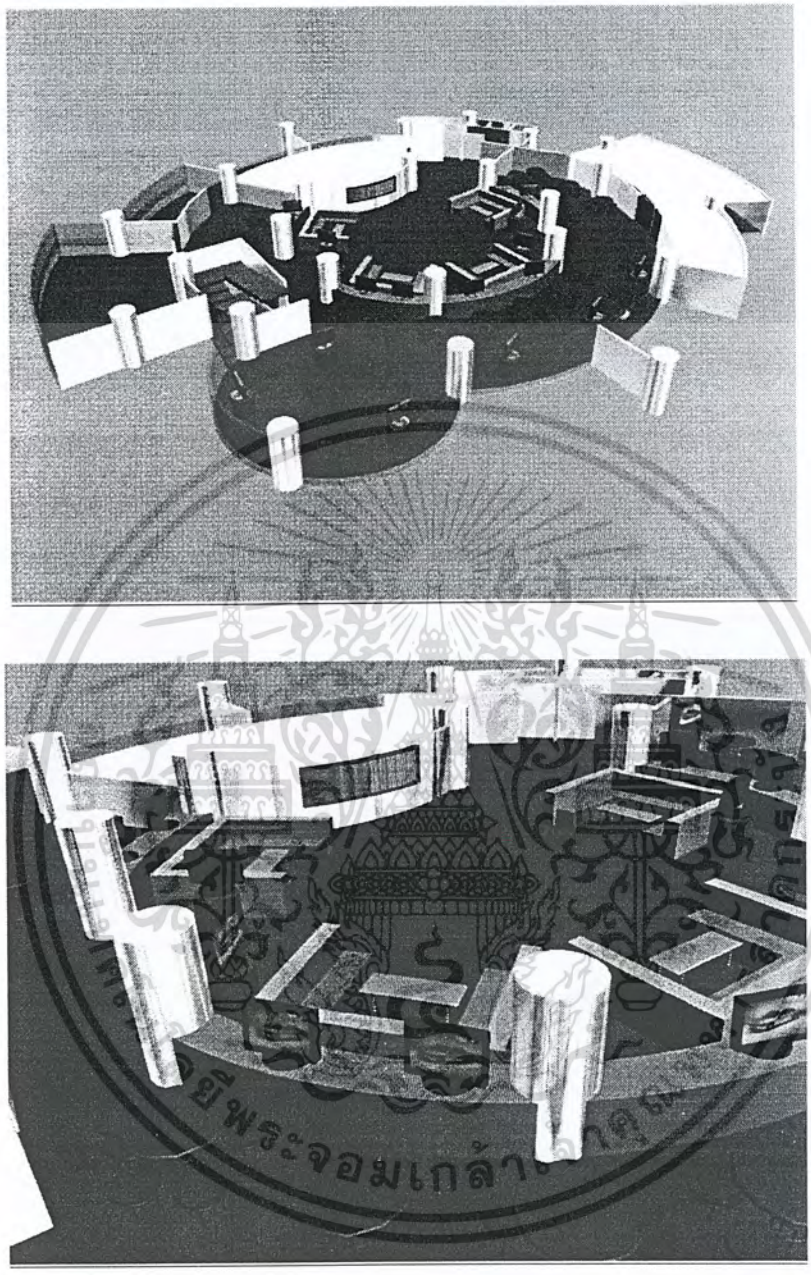
2. แสดงบรรยากาศชั้นที่1



รูปที่ 6-9 โมเดลร้านในชั้นที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

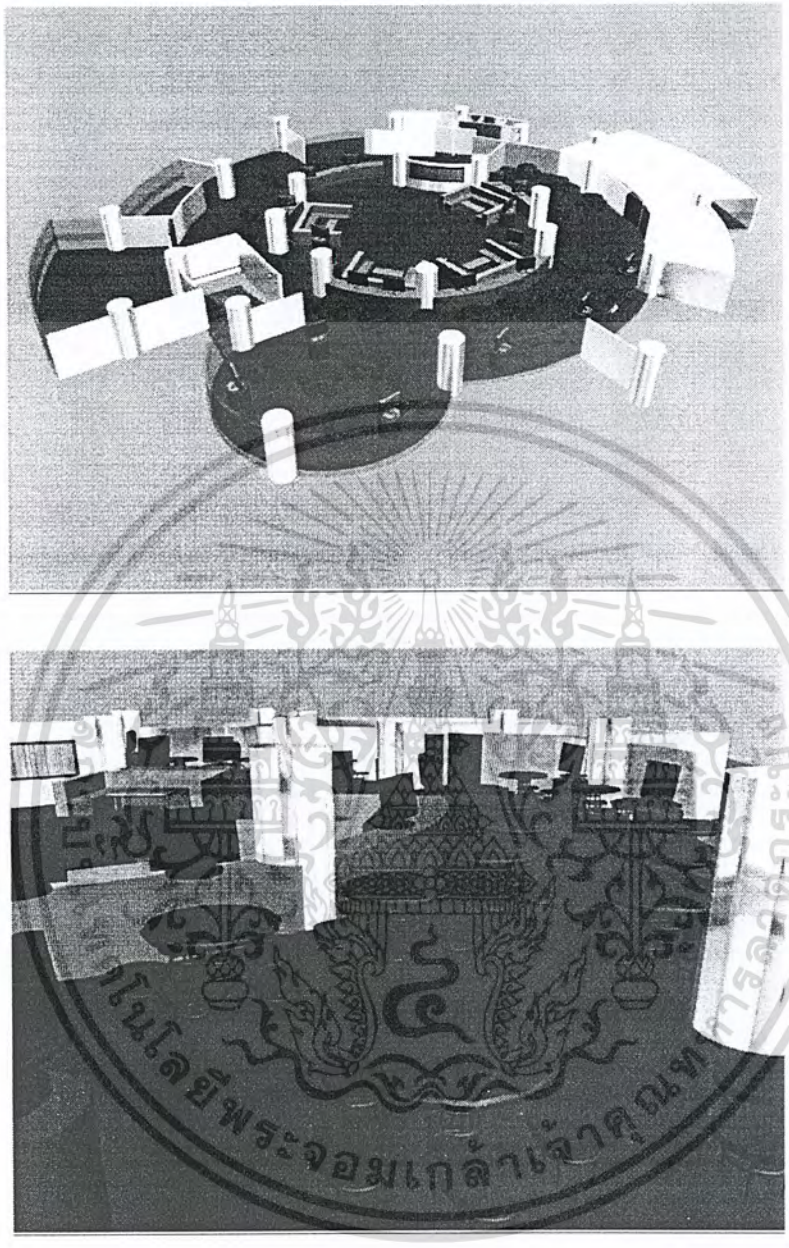
3. แสดงบรรยากาศชั้นที่2



รูปที่ 6-10 โมเดลร้านในชั้นที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. แสดงบรรยากาศชั้นที่3



รูปที่ 6-11 โมเดลร้านในชั้นที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7

บทวิจารณ์และบทสรุป

สรุปปัญหาที่เกิด

1.ปัญหาการเขียนโปรแกรมควบคุม การเขียนโปรแกรมต้องอาศัยความชำนาญในการแก้ไขโปรแกรมเพื่อให้ทำงานตามที่เราต้องการ ซึ่งทางกลุ่มยังขาดความชำนาญ

2.ปัญหาการทำภาพจำลอง การใช้โปรแกรม 3ds max ในการทำเป็นไฟล์ภาพเคลื่อนไหวนั้น ใช้เวลาในการบันทึกที่ค่อนข้างนาน บางครั้งทำให้การบันทึกไม่เป็นผลสำเร็จต้องเริ่มทำใหม่

3.ปัญหาการออกแบบระบบไฟฟ้า การหาข้อมูลเกี่ยวกับโหลดที่จะนำมาใช้ในร้านอาหาร เช่น โหลดในห้องครัว หารายละเอียดค่อนข้างยาก

สรุปแนวทางแก้ไข

1.ปรึกษาโปรแกรมเมอร์

2.จัดหาอุปกรณ์ที่สามารถรองรับการใช้โปรแกรม3ds maxเพิ่มเติม

3.หาแหล่งข้อมูลที่กว้างขึ้น , ปรึกษาที่ปรึกษา

การควบคุมระบบในร้านอาหารโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์นี้ เป็นเพียงโปรแกรมต้นแบบ ถ้ามีการนำไปใช้งานจริง โปรแกรมต้องปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงให้เหมาะสมกับการใช้งานของอาคารหรือร้านอาหารนั้นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] รศ. ศุลี บรรจงจิตร : " หลักการและเทคนิคการออกแบบระบบไฟฟ้ากำลัง", บริษัท ซีเอ็ด ยูเคชั่น จำกัด(มหาชน), 2547

[2] สัจจะ จรัสรุ่งรวีวร : " Visual Basic 6 " , บริษัท อินโฟเพรส จำกัด , 2544

[3] ลือชัย ทองนิล : "คู่มือวิศวกรไฟฟ้า " , สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น) , 2546

[4] คณะวิศวกรรมการวิชาการสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า : "มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย " , สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ , กุมภาพันธ์ 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

การออกแบบระบบไฟฟ้าภายในร้านอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FIRE ALARM SYSTEM	
S	SMOKE DETECTOR
H	HEAT DETECTOR
P	TELEPHON JACK
B	FIRE ALARM BELL
M	MANUAL STATION

SOUND	
L	LOUDSPEAKER CEILING Dia 6" WITH DECORATIVE GRILLE
V/C	STEP VOLUME CONTROL WITH OVERRIDE RELAY

ระบบแสงสว่าง	
	FLUORESCENT 36 W
	DOWNLIGH 18 W
	GLS 18 W
	GLS 20 W

เต้ารับ	
	เต้ารับ
	เต้ารับฝังพื้น
WP	เต้ารับกันน้ำ

MATV	
	POWER SUPLY MODULE
	SATTELITE AMPRIFIER
CHEM	CHANEL FITER
	VHF-UHF AMPLIFIER
	TV OUTLET

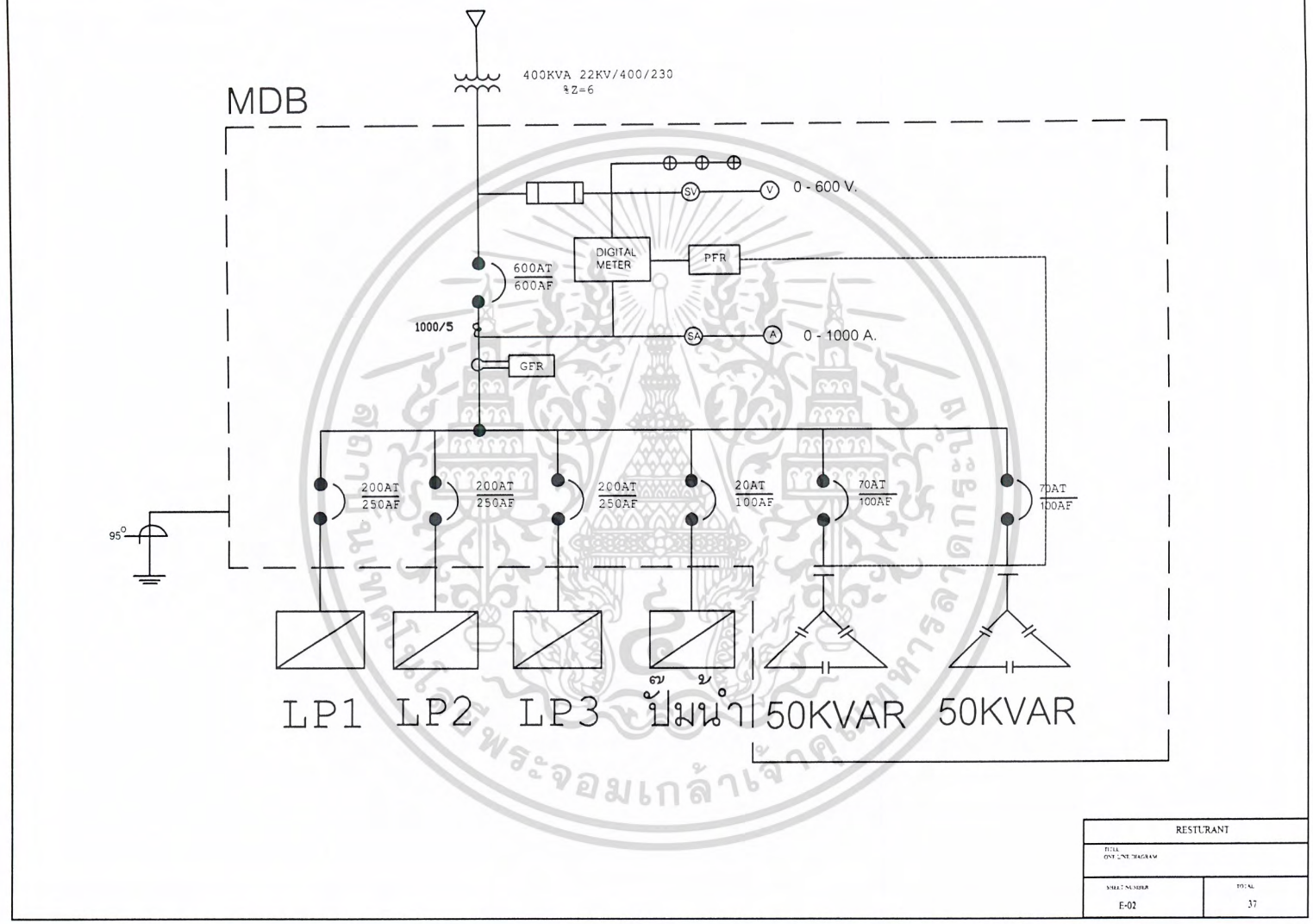
CCTV SYSTEM	
	CAMERA
S	INSTRUSION SYSTEM CONTROLLER
DCT	DIGITAL MULTIPLEX SWITCHING UNIT
QUAD	QUADRATURE SWITCH
PC	NOTEBOOK OR PC
	PORTEBLE COLOR TV MONITOR 14"

TELEPHON SYSTEM	
	TELEPHON OUTLET
MDF	MAIN DISTRIBUTION FRAM
PABX	ตู้ชุมสายอัตโนมัติ

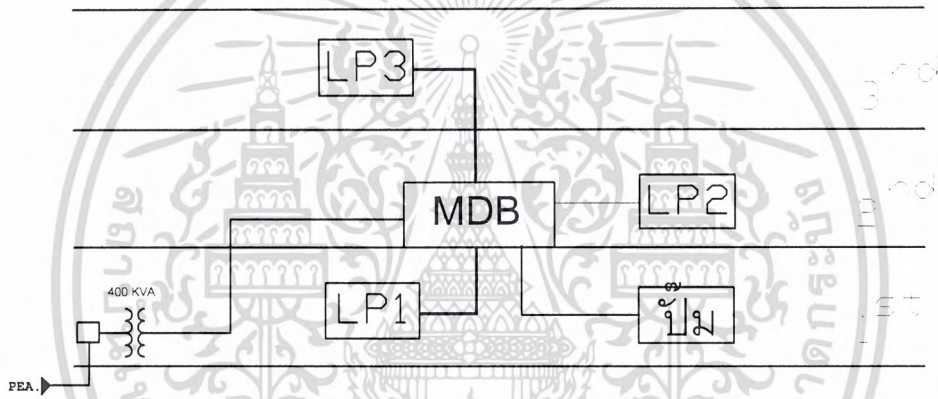
RESTURANT

TITLE
SYMBOLS

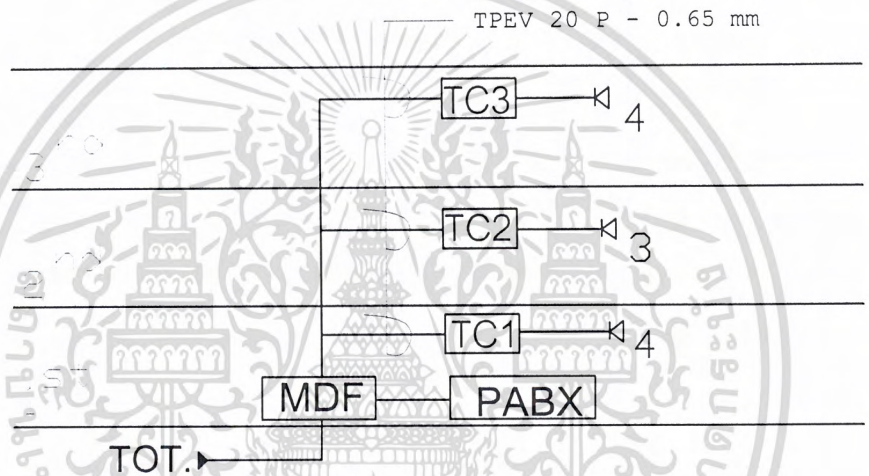
SHEET NUMBER	TOTAL
E-01	37



RESTURANT	
TITLE ONE LINE DIAGRAM	
SHEET NUMBER E-02	TOTAL 37



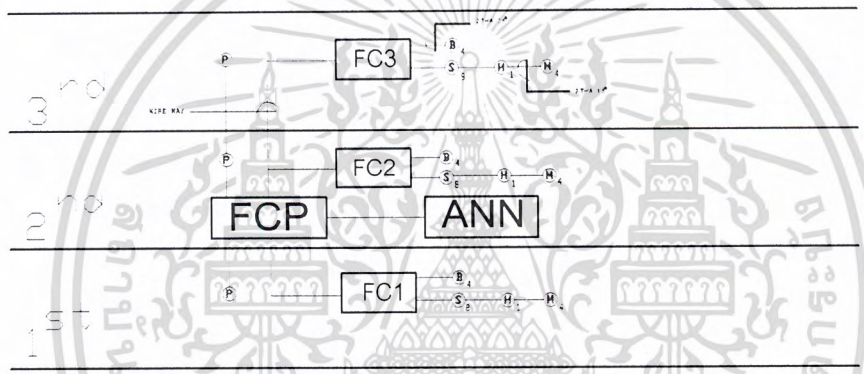
RESTURANT	
TITLE POWER RIZER DIAGRAM	
SHEET NUMBER E-03	TOTAL 37



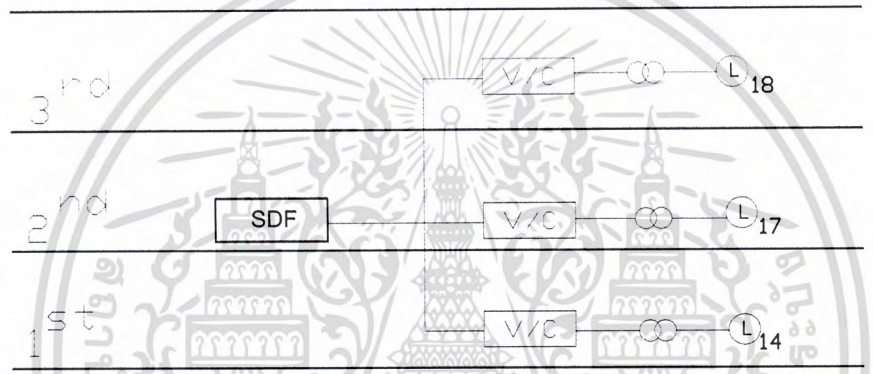
RESTURANT

TITLE
TELEPHON RIZER DIAGRAM

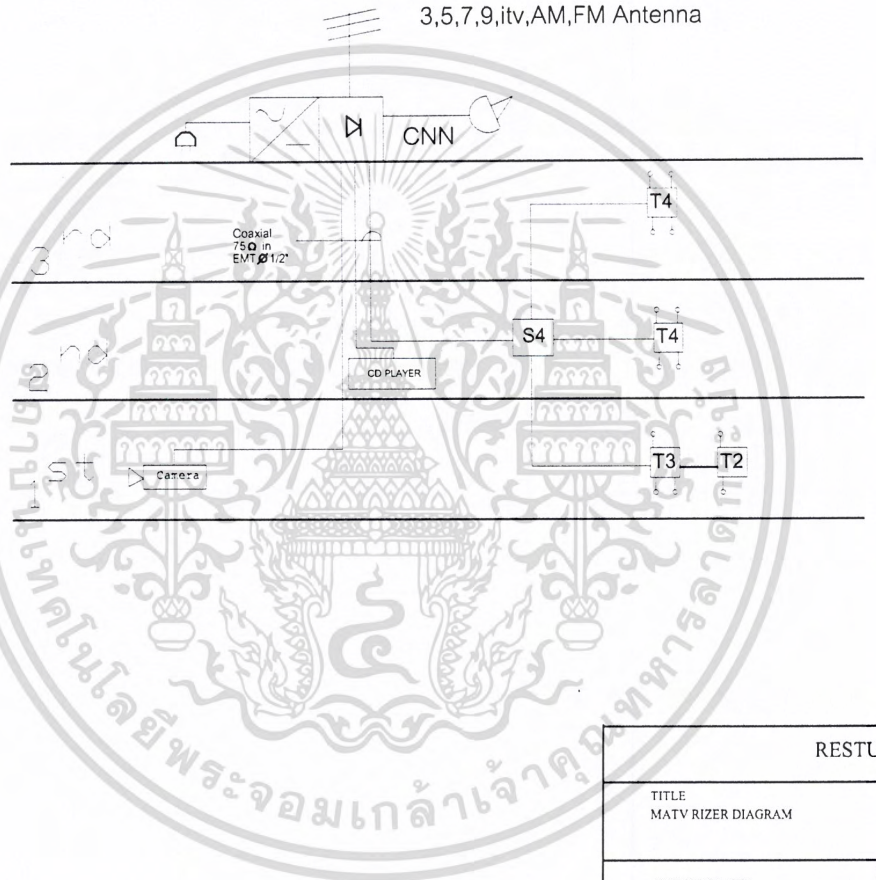
SHEET NUMBER	TOTAL
E-04	37



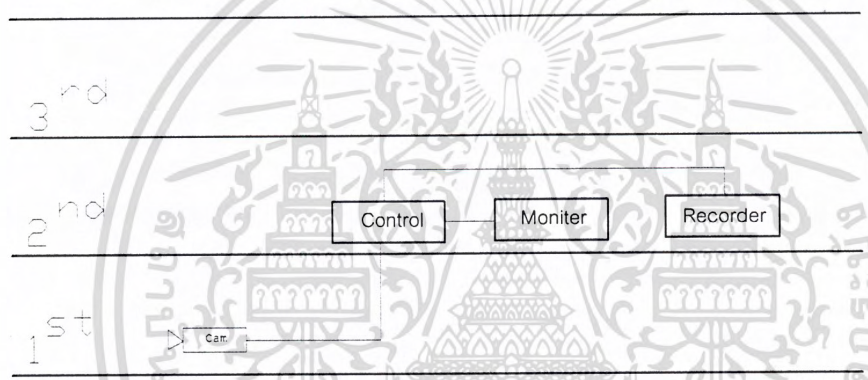
RESTURANT	
TITLE FIRE ALARM RIZER DIAGRAM (HARD WIRE)	
SHEET NUMBER E-05	TOTAL 37



RESTURANT	
TITLE SOUND RIZER DIAGRAM	
SHEET NUMBER E-06	TOTAL 37



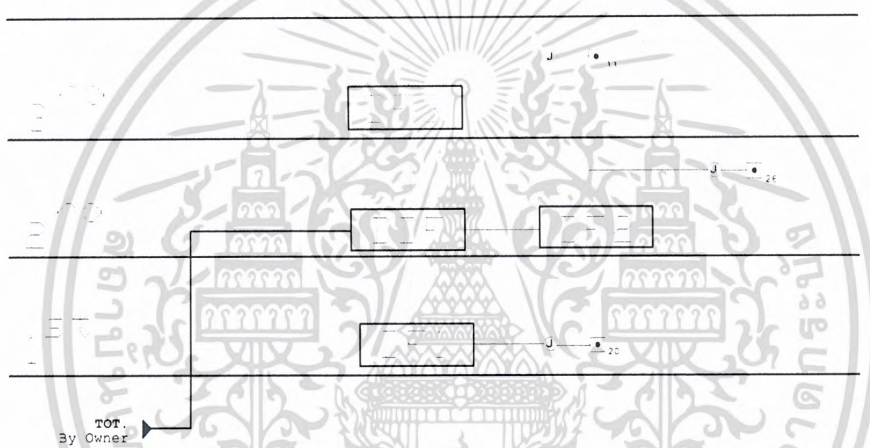
RESTURANT	
TITLE MATV RIZER DIAGRAM	
SHEET NUMBER E-07	TOTAL 37



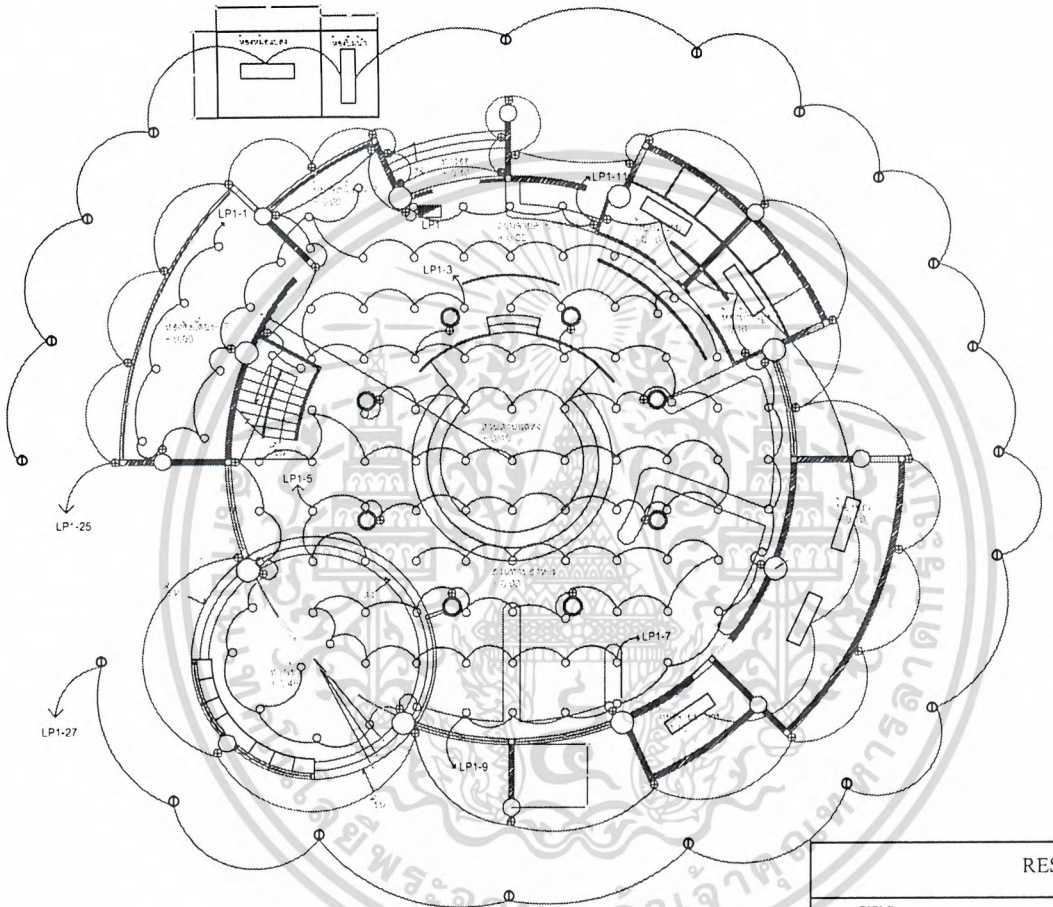
RESTURANT

TITLE
CCTV RIZER DIAGRAM

SHEET NUMBER	TOTAL
E-08	37



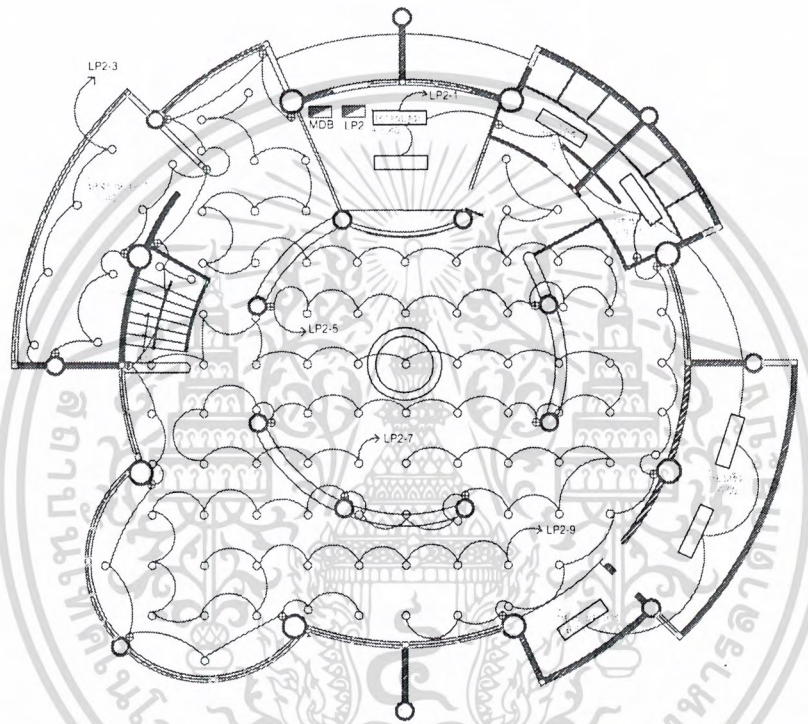
RESTURANT	
TITLE DATA RIZER DIAGRAM	
SHEET NUMBER E-09	TOTAL 37



RESTURANT

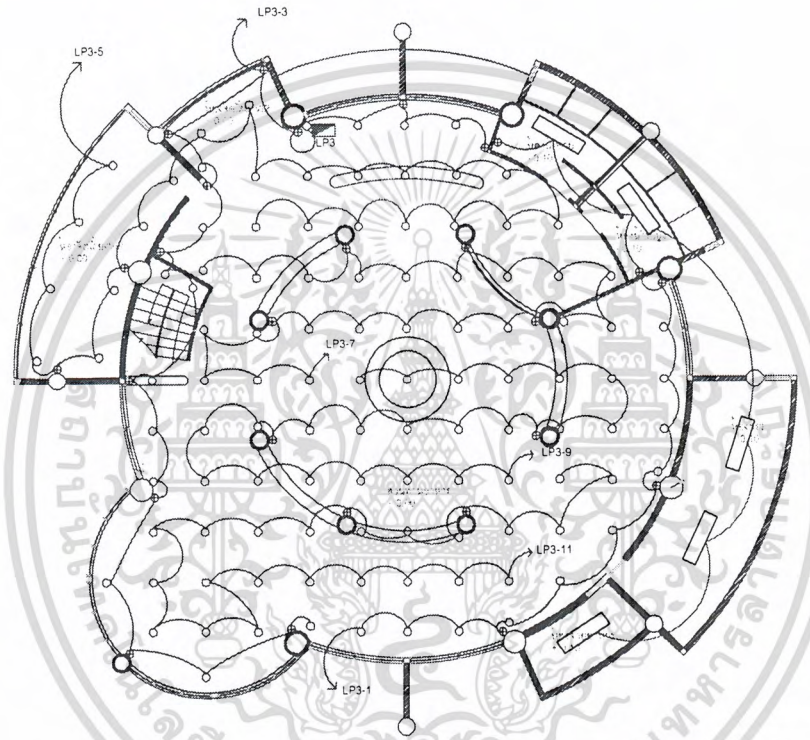
TITLE
LIGHTING SYSTEM OF 1ST FLOOR
1:40

SHEET NUMBER	TOTAL
E-14	37

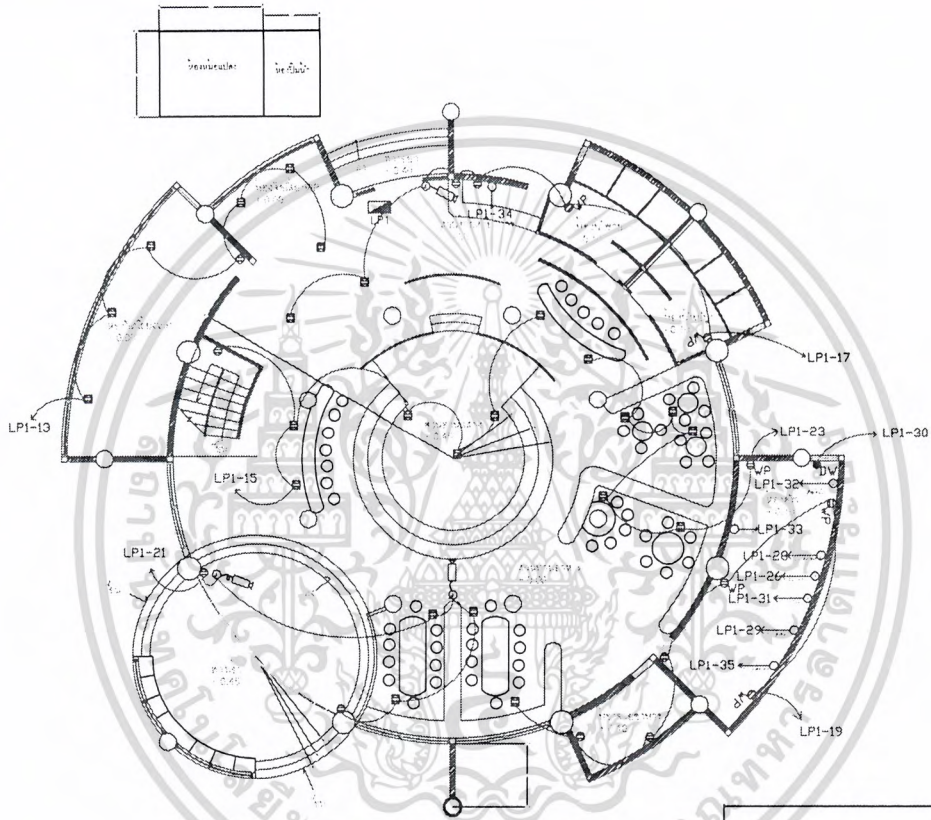


RESTURANT	
TITLE LIGHTING SYSTEM OF 2ND FLOOR 1:40	
SHEET NUMBER E-15	TOTAL 37

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



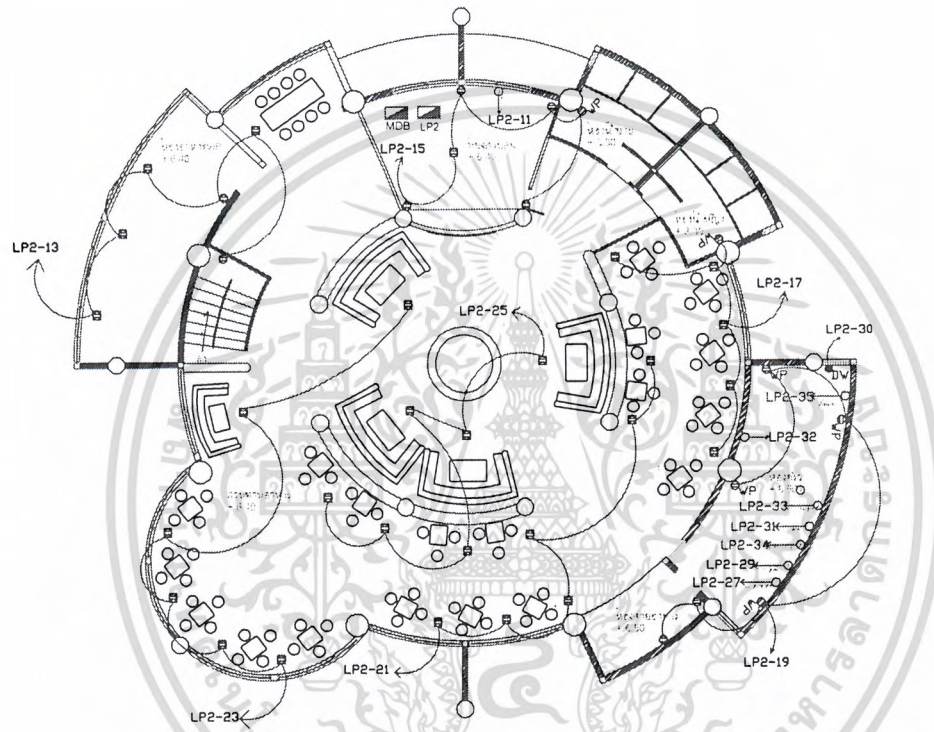
RESTURANT	
TITLE LIGHTING SYSTEM OF 3RD FLOOR 1:40	
SHEET NUMBER E-16	TOTAL 37



RESTURANT

TITLE
RECEPTACLE OF 1ST FLOOR
1:40

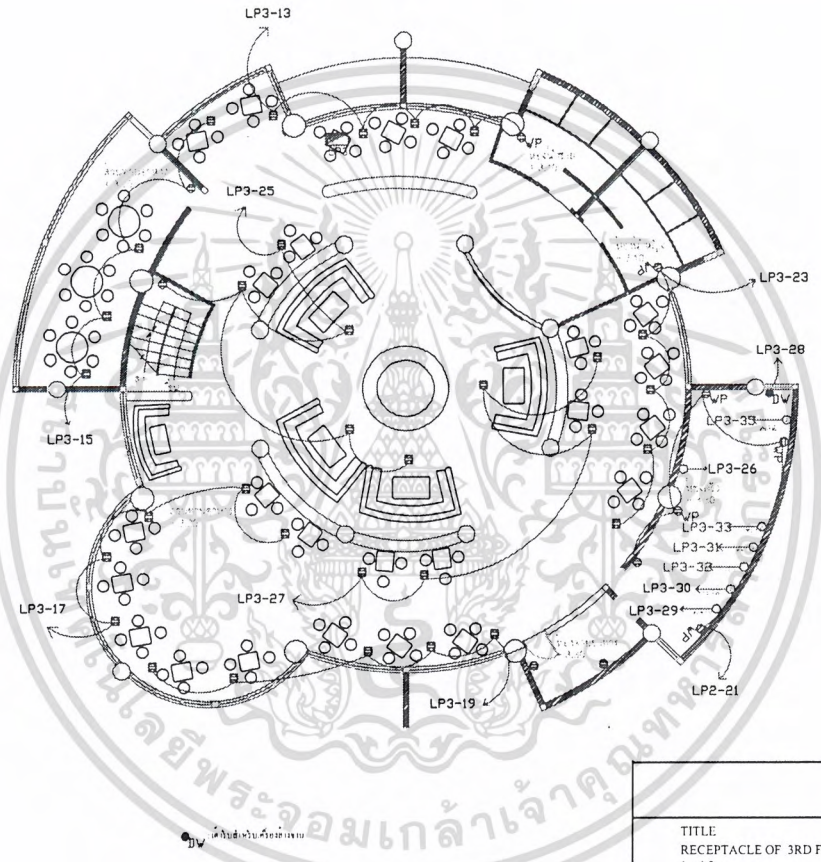
SHEET NUMBER	TOTAL
E-17	37



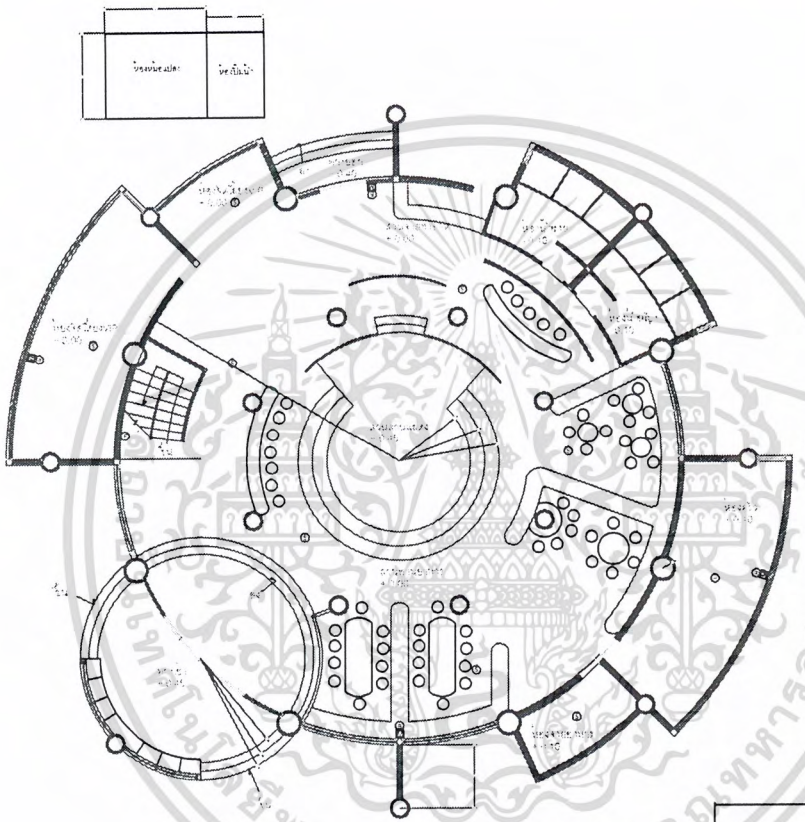
RESTURANT

TITLE
RECEPTACLE OF 2ND FLOOR
1:40

SHEET NUMBER	TOTAL
E-18	37



RESTURANT	
TITLE RECEPTACLE OF 3RD FLOOR 1:40	
SHEET NUMBER E-19	TOTAL 37

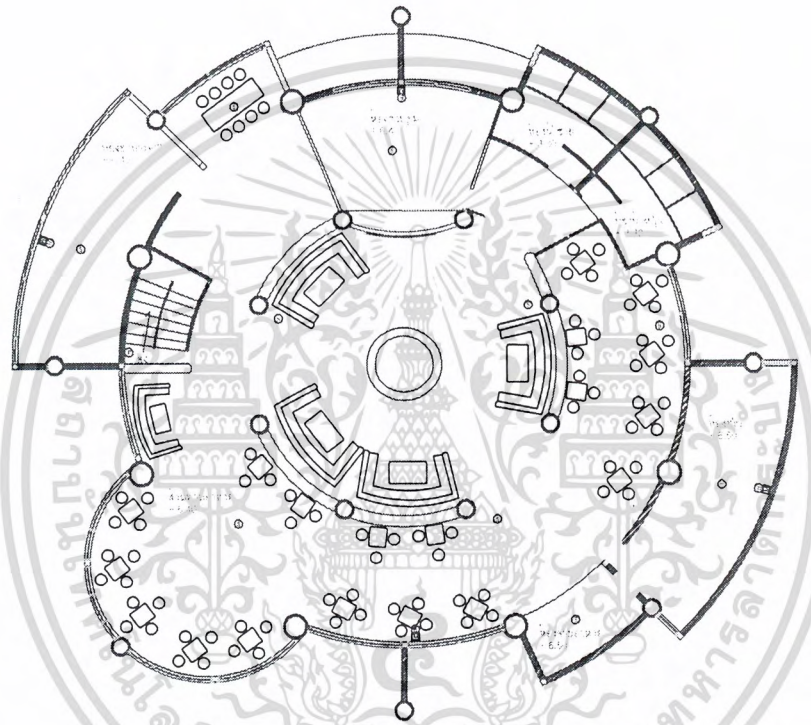


RESTURANT

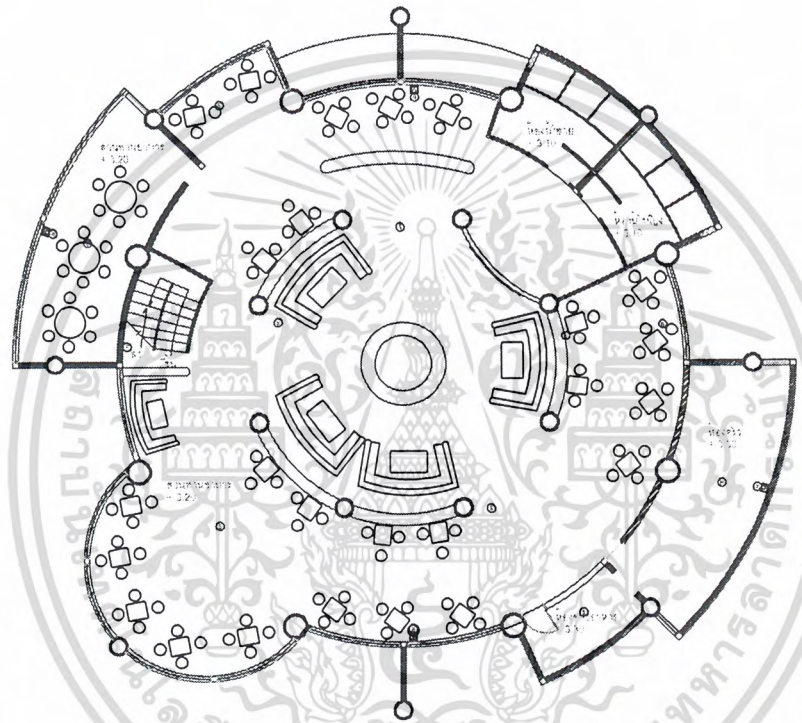
TITLE
FIRE ALARM OF1ST FLOOR
1:40

SHEET NUMBER	TOTAL
E-20	37

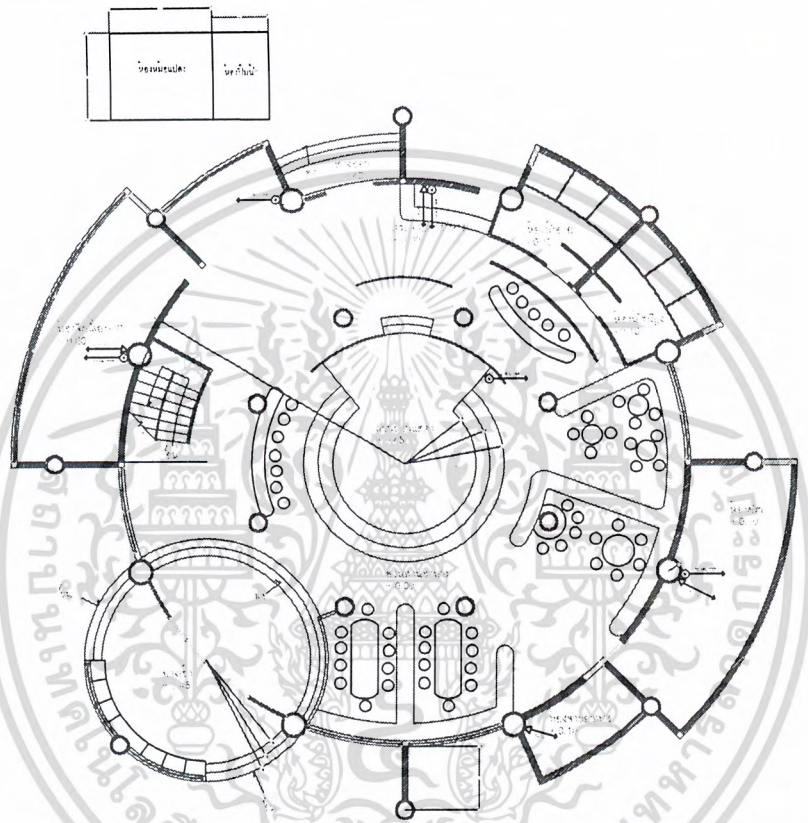
สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



RESTURANT	
TITLE FIRE ALARM OF 2ND FLOOR 1:40	
SHEET NUMBER E-21	TOTAL 37



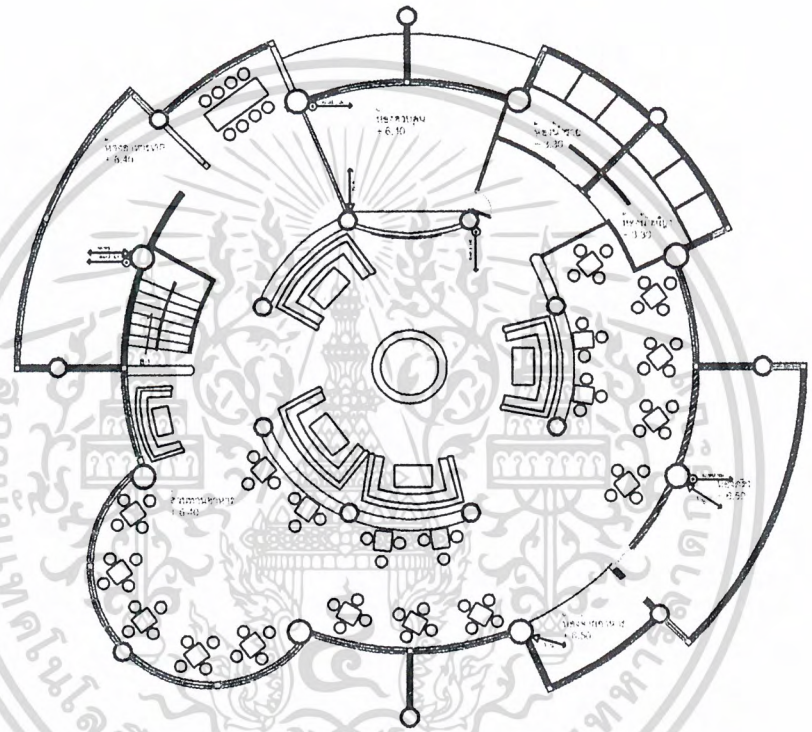
RESTURANT	
TITLE FIRE ALARM OF 3RD FLOOR 1:40	
SHEET NUMBER E-22	TOTAL 37



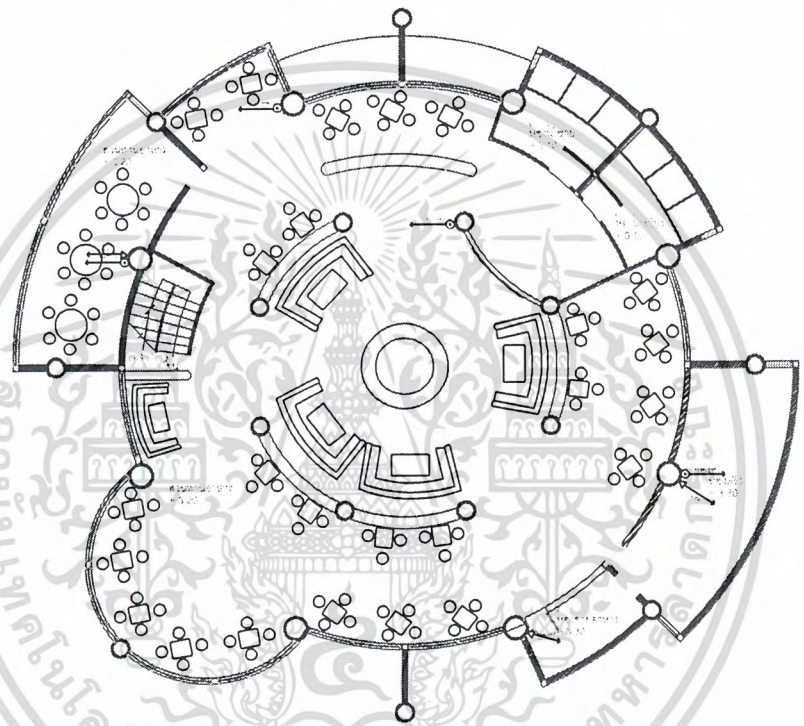
RESTURANT

TITLE
TELEPHONE & MATV OF 1ST FLOOR
1:40

SHEET NUMBER	TOTAL
E-23	37



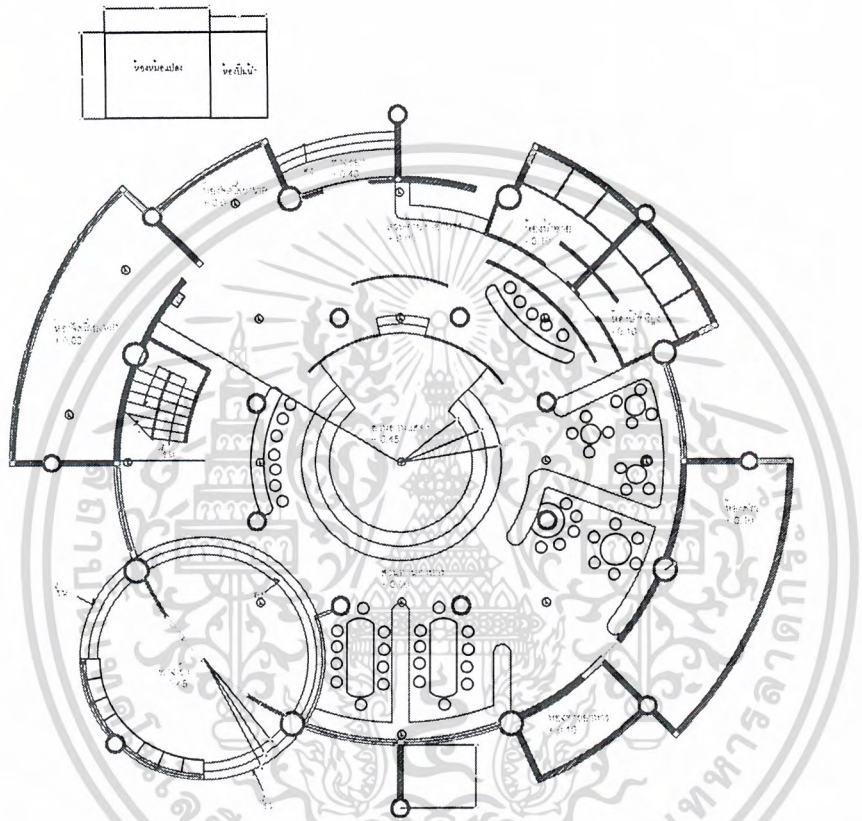
RESTURANT	
TITLE TELEPHONE & MATV OF 2ND FLOOR 1:40	
SHEET NUMBER E-24	TOTAL 37



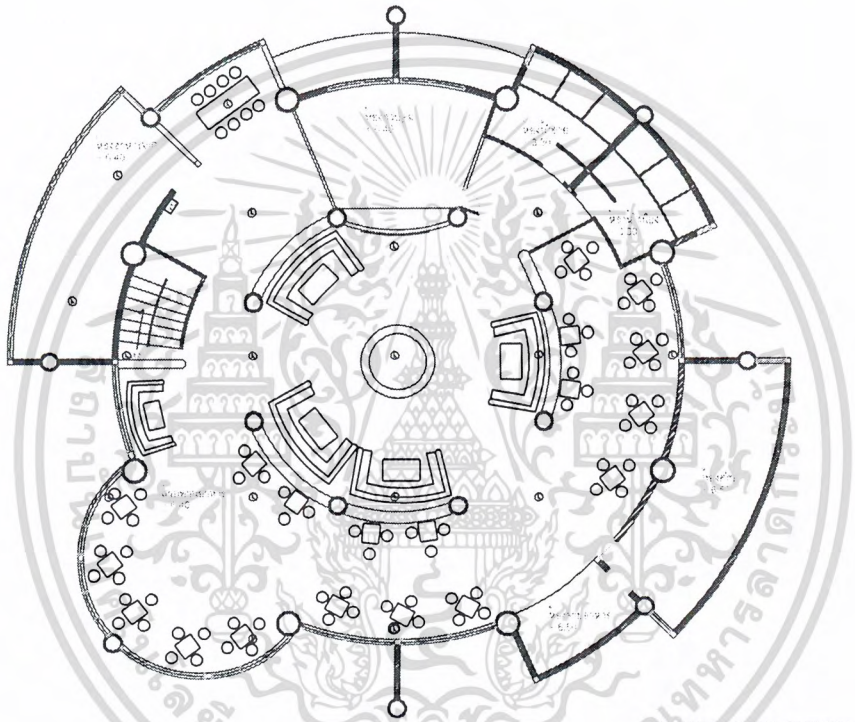
RESTURANT

TITLE
TELEPHONE & MATV OF 3RD FLOOR
1:40

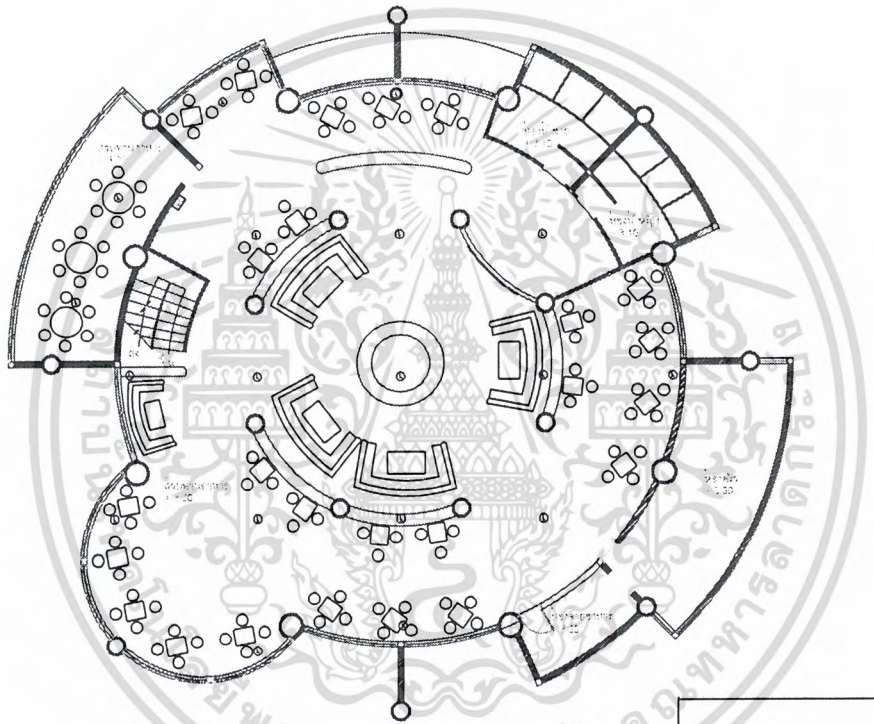
SHEET NUMBER	TOTAL
E-25	37



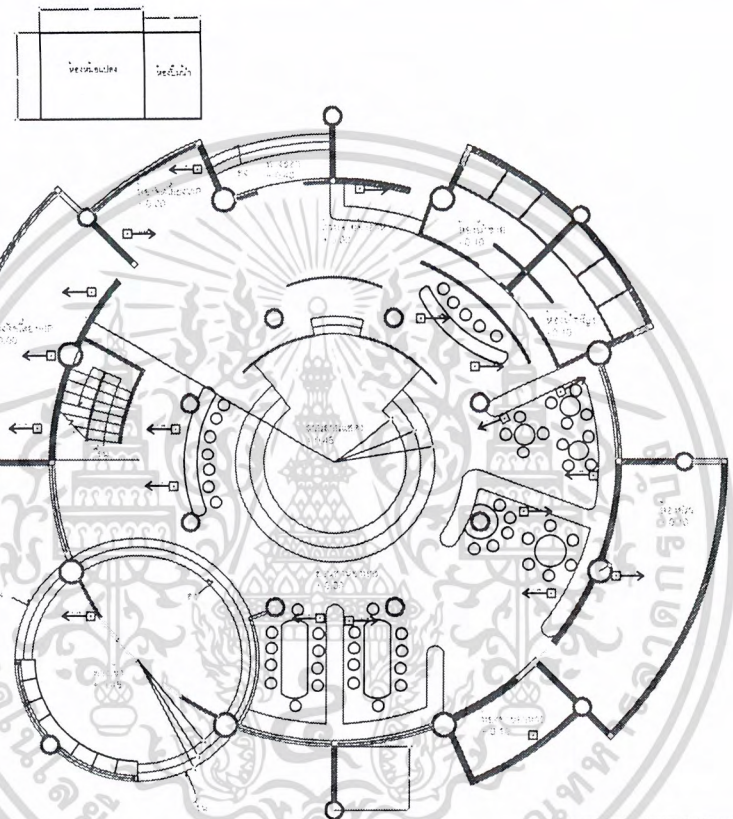
RESTURANT	
TITLE SOUND OF 1ST FLOOR 1:40	
SHEET NUMBER E-26	TOTAL 37



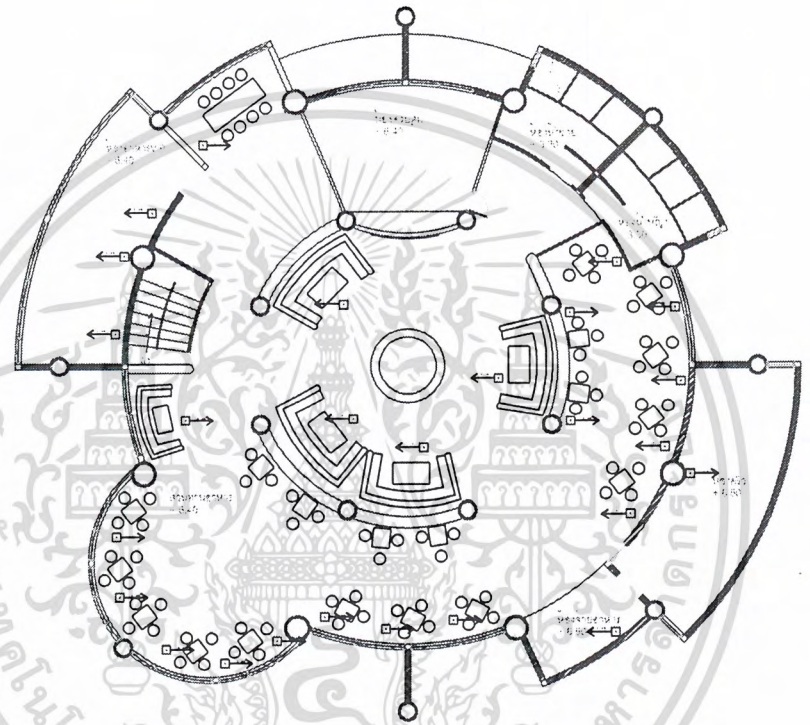
RESTURANT	
TITLE SOUND OF 2ND FLOOR 1:40	
SHEET NUMBER E-27	TOTAL 37



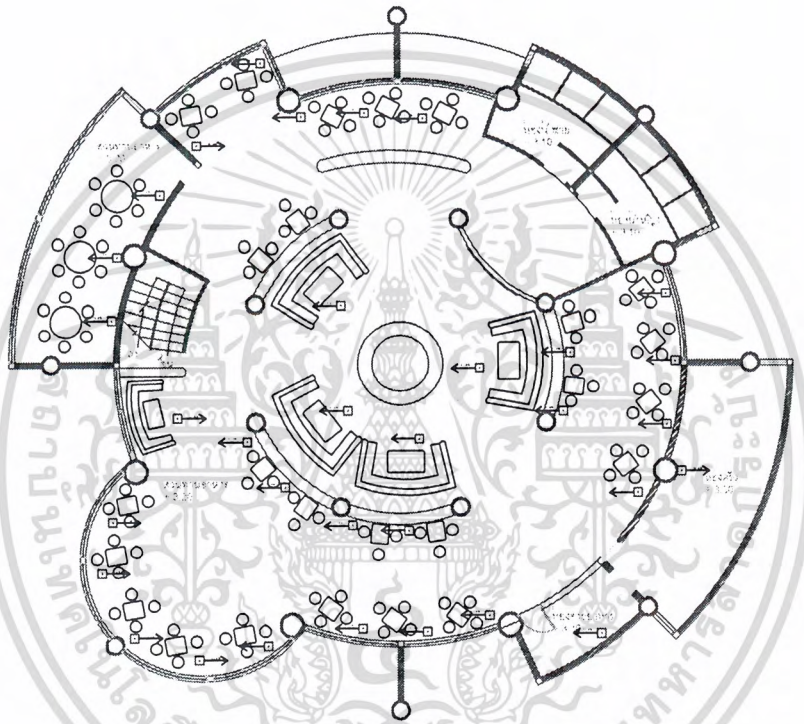
RESTURANT	
TITLE SOUND OF 3RD FLOOR 1:40	
SHEET NUMBER E-28	TOTAL 37



RESTURANT	
TITLE DATA SYSTEM OF 1ST FLOOR 1:40	
SHEET NUMBER E-29	TOTAL 37



RESTURANT	
TITLE DATA SYSTEM OF 2ND FLOOR 1:40	
SHEET NUMBER E-30	TOTAL 37

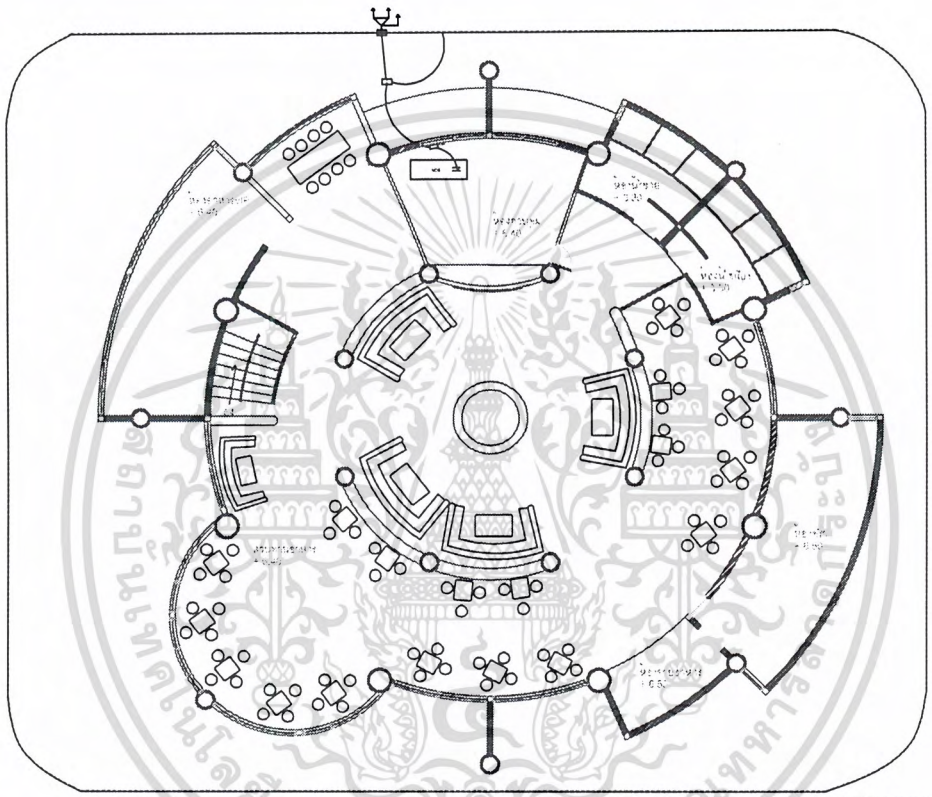


RESTURANT	
TITLE DATA SYSTEM OF 3RD FLOOR 1:40	
SHEET NUMBER E-31	TOTAL 37

ล่อฟ้า

: TERMINAL HIGHT 5 M
<48°

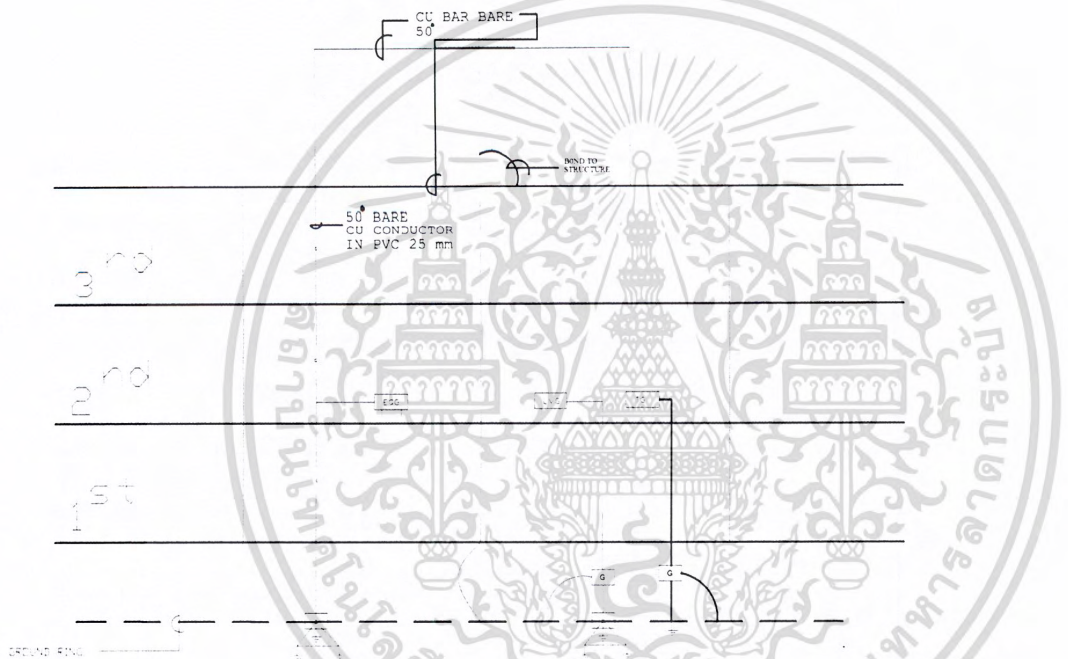
RESTURANT	
TITLE LIGHTNING PROTECTION OF ROOF FLOOR 1:40	
SHEET NUMBER E-32	TOTAL 37



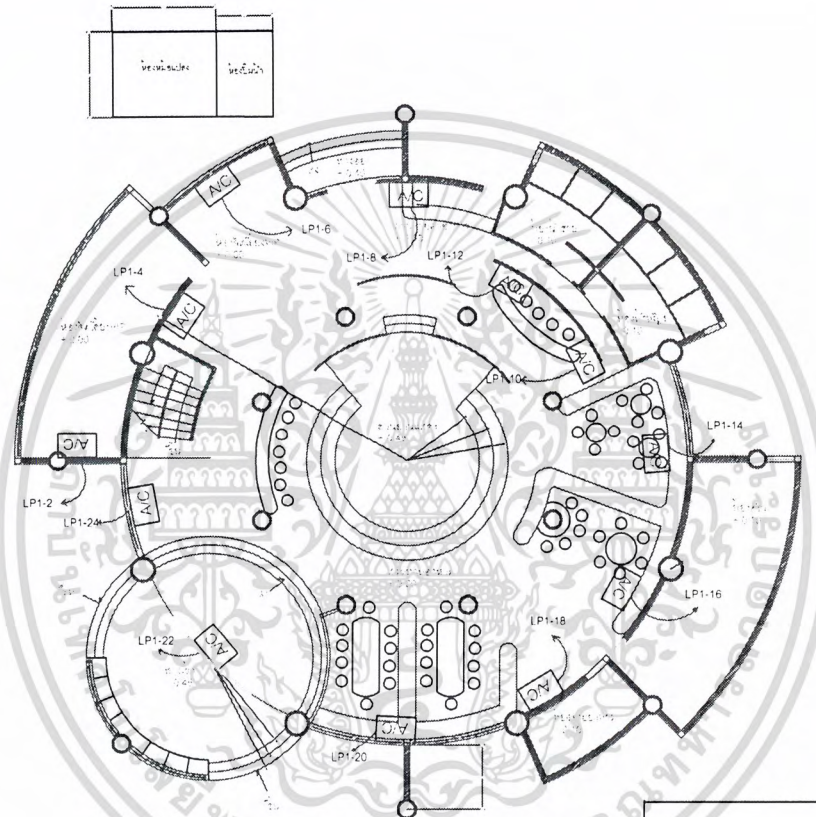
RESTURANT

TITLE
GROUNDING SYSTEM OF 2ND FLOOR
1:40

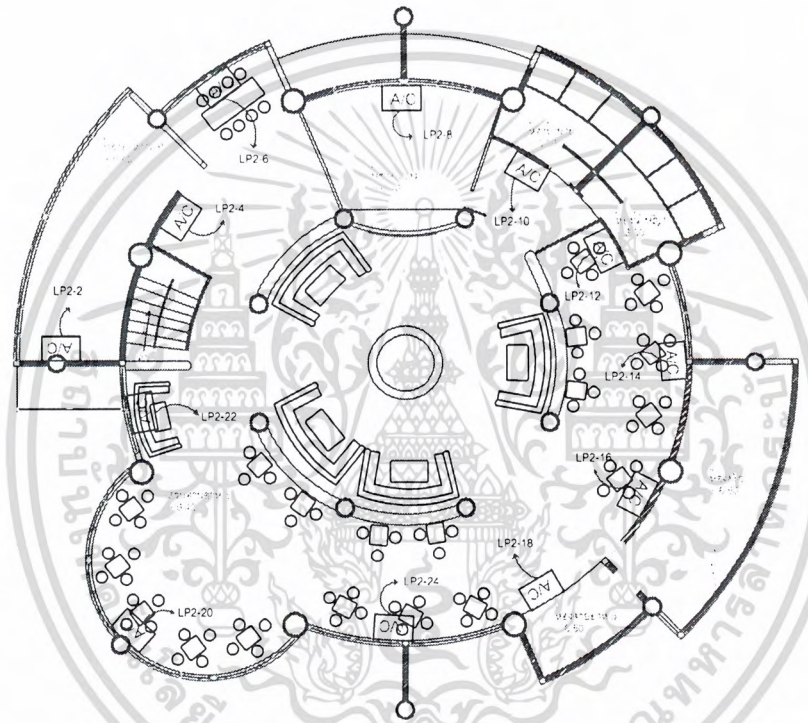
SHEET NUMBER	TOTAL
E-33	37



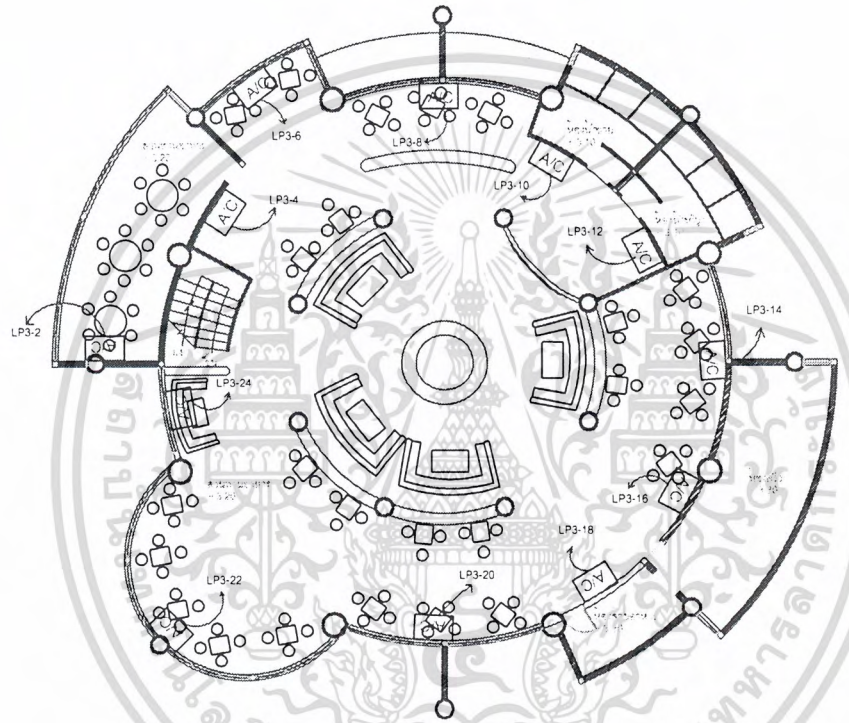
RESTURANT	
TITLE LIGHTNING PROTECTION & GROUNDING SYSTEM RIZER DIAGRAM	
SHEET NUMBER E-34	TOTAL 37



RESTURANT	
TITLE AIR OF 1ST FLOOR 1:40	
SHEET NUMBER E-35	TOTAL 37



RESTURANT	
TITLE AIR OF 2ND FLOOR 1:40	
SHEET NUMBER E-36	TOTAL 37



RESTURANT	
TITLE AIR OF 3RD FLOOR 1:40	
SHEET NUMBER E-37	TOTAL 37

ภาคผนวก ข.
อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Molded Case Circuit Breaker

สวิทช์ตัดตอนอัตโนมัติ (MCCB)
แบบ Thermal Magnetic Type

การเลือกรุ่นต่างๆ เพื่อการใช้งาน (Catalog Number)

ขนาด 100 แอมแปร์เฟรม รุ่น FA,FH,FC,FI
ขนาด 250 แอมแปร์เฟรม รุ่น KA,KH,KC,KI
ขนาด 400 แอมแปร์เฟรม รุ่น LA,LH,LC,LI
ขนาด 1,000 แอมแปร์เฟรม รุ่น MA,MH

Note :
A = Standard Interrupting
H = High Interrupting
C = Extra High Interrupting
I = Current Limiting

FA	L	3	6	100	2100

L = Lug Type

1 = 1 Pole, 2 = 2 Pole, 3 = 3 Pole

2 = 240 Volts, 4 = 480 volts, 6 = 600 Volts

ขนาดของ Ampere Rating

อุปกรณ์ประกอบเพิ่มเติม (ถ้ามี)

Ampere Rating ขนาดแอมป์	One Pole แบบหนึ่งโพล		Two Pole แบบสองโพล		Three Pole แบบสามโพล		Conductor Size mm^2
	Catalog No. รุ่น	Unit Price ราคาต่อหน่วย	Catalog No. รุ่น	Unit Price ราคาต่อหน่วย	Catalog No. รุ่น	Unit Price ราคาต่อหน่วย	ขนาดสายตารางมิลลิเมตร
FAL 100 Ampere Frame			**ทนกระแสลัดวงจร (IC) 18kA**			**Standard Interrupting 18kA**	
15	FAL14015	2,800.-	FAL24015	5,100.-	FAL34015	5,700.-	2.5-25
20	FAL14020		FAL24020		FAL34020		
30	FAL14030		FAL24030		FAL34030		
40	FAL14040	3,000.-	FAL24040	5,300.-	FAL34040	6,000.-	
50	FAL14050		FAL24050		FAL34050		
60	FAL14060		FAL24060		FAL34060		
70	FAL14070	3,100.-	FAL24070	5,400.-	FAL34070	6,100.-	2.5-50
80	FAL14080		FAL24080		FAL34080		
90	FAL14090		FAL24090		FAL34090		
100	FAL14100	3,200.-	FAL24100	5,500.-	FAL34100	6,200.-	
FHL 100 Ampere Frame			**ทนกระแสลัดวงจร (IC) 25kA**			**High Interrupting 25kA**	
15	FHL16015	3,200.-	FHL26015	5,700.-	FHL36015	6,300.-	2.5-255
20	FHL16020		FHL26020		FHL36020		
30	FHL16030		FHL26030		FHL36030		
40	FHL16040	3,500.-	FHL26040	6,000.-	FHL36040	6,600.-	
50	FHL16050		FHL26050		FHL36050		
60	FHL16060		FHL26060		FHL36060		
70	FHL16070	3,600.-	FHL26070	6,100.-	FHL36070	6,700.-	2.5-50
80	FHL16080		FHL26080		FHL36080		
90	FHL16090		FHL26090		FHL36090		
100	FHL16100	3,700.-	FHL26100	6,200.-	FHL36100	6,800.-	
FCL 100 Ampere Frame			**ทนกระแสลัดวงจร (IC) 65kA**			**Extra High Interrupting 65kA**	
15	ไม่ได้ผลิต Not Available		FCL24015	9,300.-	FCL34015	9,700.-	2.5-25
20			FCL24020		FCL34020		
30			FCL24030		FCL34030		
40			FCL24040	9,500.-	FCL34040	10,000.-	
50			FCL24050		FCL34050		
60			FCL24060		FCL34060		
70			FCL24070	9,600.-	FCL34070	10,100.-	2.5-50
80			FCL24080		FCL34080		
90			FCL24090		FCL34090		
100			FCL24100	9,700.-	FCL34100	10,200.-	
FIL 100 Ampere Frame			**ทนกระแสลัดวงจร (IC) 200kA**			**Current Limiting 200kA**	
20	ไม่ได้ผลิต Not Available		FIL26020	ใช้ราคา 3 โพล Use 3 Pole	FIL36020	23,000.-	2.5-25
30			FIL26030		FIL36030		
40			FIL26040		FIL36040		
50			FIL26050		FIL36050	23,550.-	
60			FIL26060		FIL36060		
70			FIL26070		FIL36070		
80			FIL26080		FIL36080	23,900.-	2.5-50
90			FIL26090		FIL36090		
100			FIL26100		FIL36100	24,200.-	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Molded Case Circuit Breaker

สวิทช์ตัดตอนอัตโนมัติ (MCCB)
แบบ Thermal Magnetic Type

FIL
Two & Three Pole
20-100 Amperes

KAL/KHL/KCL
Two & Three Pole
70-250 Amperes

KIL
Two & Three Pole
110-250 Amperes

LAL/LHL
Two & Three Pole
125-400 Amperes

Ampere Rating ขนาดแอมป์	AC Magnetic Trip Settings Amperes ▲ Low	High	Two Pole แบบสองโพล Catalog No. รุ่น	Unit Price ราคาต่อหน่วย	Three Pole แบบสามโพล Catalog No. รุ่น	Unit Price ราคาต่อหน่วย	Conductor Size mm² ขนาดสายตารางมิลลิเมตร
KAL 250 Ampere Frame			**หนกระแสลัดวงจร (IC) 25 kA**			**Standard Interrupting 25 kA**	
70	350	700	KAL26070	11,500.-	KAL36070	12,700.-	1 x 35-185
80	400	800	KAL26080		KAL36080		
90	450	900	KAL26090		KAL36090		
100	500	1000	KAL26100		KAL36100		
110	550	1100	KAL26110	12,000.-	KAL36110	13,200.-	
125	625	1250	KAL26125		KAL36125		
150	750	1500	KAL26150		KAL36150		
175	875	1750	KAL26175		KAL36175		
200	1000	2000	KAL26200	12,600.-	KAL36200	13,800.-	1 x 50-185
225	1125	2250	KAL26225		KAL36225		
250	1250	2500	KAL26250	16,100.-	KAL36250	17,200.-	
KHL 250 Ampere Frame			**หนกระแสลัดวงจร (IC) 35 kA**			**High Interrupting 35 kA**	
70	350	700	KHL26070	18,400.-	KHL36070	20,700.-	1 x 35-185
80	400	800	KHL26080		KHL36080		
90	450	900	KHL26090		KHL36090		
100	500	1000	KHL26100		KHL36100		
110	550	1100	KHL26110	19,600.-	KHL36110	21,900.-	
125	625	1250	KHL26125		KHL36125		
150	750	1500	KHL26150		KHL36150		
175	875	1750	KHL26175		KHL36175		
200	1000	2000	KHL26200	20,700.-	KHL36200	23,000.-	1 x 50-185
225	1125	2250	KHL26225		KHL36225		
250	1250	2500	KHL26250	24,200.-	KHL36250	26,500.-	
KCL 250 Ampere Frame			**หนกระแสลัดวงจร (IC) 65 kA**			**Extra High Interrupting 65 kA**	
110	550	1100	KCL24110	ใช้ราคา 3 โพล Use 3 Pole	KCL34110	23,000.-	1 x 35-185
125	625	1250	KCL24125		KCL34125		
150	750	1500	KCL24150		KCL34150		
175	875	1750	KCL24175		KCL34175		
200	1000	2000	KCL24200		KCL34200	25,300.-	1 x 50-185
225	1125	2250	KCL24225		KCL34225		
250	1250	2500	KCL24250		KCL34250	31,000.-	
KIL 250 Ampere Frame			**หนกระแสลัดวงจร (IC) 200 kA**			**Current Limiting 200 kA**	
110	550	1100	KIL26110	ใช้ราคา 3 โพล Use 3 Pole	KIL36110	30,000.-	1 x 35-185
125	625	1250	KIL26125		KIL36125		
150	750	1500	KIL26150		KIL36150		
175	875	1750	KIL26175		KIL36175		
200	1000	2000	KIL26200		KIL36200	32,200.-	1 x 50-185
225	1125	2250	KIL26225		KIL36225		
250	1250	2500	KIL26250		KIL36250	38,000.-	
LAL 400 Ampere Frame			**หนกระแสลัดวงจร (IC) 30 kA**			**Standard Interrupting 30 kA**	
125	625	1250	LAL26125	ใช้ราคา 3 โพล Use 3 Pole	LAL36125	25,300.-	1 x 50-300 2 x 50-150
150	750	1500	LAL26150		LAL36150		
175	875	1750	LAL26175		LAL36175		
200	1000	2000	LAL26200		LAL36200		
225	1125	2250	LAL26225		LAL36225	26,000.-	
250	1250	3500	LAL26250		LAL36250		
300	1500	3000	LAL26300		LAL36300	27,000.-	2 x 90-240
350	1750	3500	LAL26350		LAL36350		
400	2000	4000	LAL26400		LAL36400		
LHL 400 Ampere Frame			**หนกระแสลัดวงจร (IC) 35 kA**			**High Interrupting 35 kA**	
125	625	1250	LHL26125	ใช้ราคา 3 โพล Use 3 Pole	LHL36125	34,000.-	1 x 50-300 2 x 50-150
150	750	1500	LHL26150		LHL36150		
175	875	1750	LHL26175		LHL36175		
200	1000	2000	LHL26200		LHL36200		
225	1125	2250	LHL26225		LHL36225	35,000.-	
250	1250	2500	LHL26250		LHL36250		
300	1500	3000	LHL26300		LHL36300	36,000.-	2 x 90-240
350	1750	3500	LHL26350				
400	2000	4000	LHL26400				

▲ UL magnetic trip setting tolerances are 25% (High) From the nominal values shown.

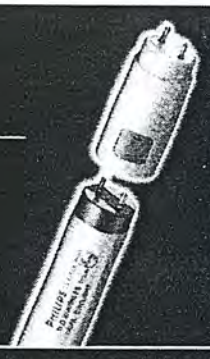
หมายเหตุ: ถ้านำเบรคเกอร์ไปใช้ในการป้องกันและสตาร์ทมอเตอร์ ควรปรับ AC Magnetic Trip ไปอยู่ตำแหน่ง High

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลอด TL-D 36W/54

เปรียบเทียบกับ

หลอด CLICK-2-SAVE



ต้นทุนทั้งหมดต่อปี (Total cost of ownership per year)

ผลิตภัณฑ์ที่ใช้เปรียบเทียบ

- รูปแบบ 1 x 36W พร้อม ballast แม่เหล็กสูญเสียต่ำ ใช้กับหลอด TL-D 36W/54 ขนาด 2,600 ลูเมน ความยาวหลอด 122 ซม. จำนวน 1 หลอด ต่อ 100 ชุด
- รูปแบบ 1 x 36W พร้อม ballast แม่เหล็กสูญเสียต่ำ ใช้กับหลอด CLICK-2-SAVE 36W/865 ขนาด 2,600 ลูเมน ความยาวหลอด 85 ซม. จำนวน 1 หลอด ต่อ 100 ชุด (หลอด CLICK-2-SAVE ติดตั้งได้โดยไม่ต้องใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์พิเศษ อายุการใช้งานนานกว่า 10 ปี)

ปัจจัยที่การใช้งาน

- ระบบไฟฟ้าสำหรับประชาชนทั่วไป, โรงงานอุตสาหกรรม, สำนักงานขนาดเล็กและขนาดกลาง
- ค่าไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวงและการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค
- ค่าสิ้นเปลืองของอุปกรณ์ควบคุมแสงสว่างแบบแม่เหล็กสูญเสียต่ำ ชนิด RTA36W (ราคา 9 บาท)
- ค่าสิ้นเปลืองของหลอด TL-D 36W/54 กับไฟ 36W
- ค่าสิ้นเปลืองของหลอด CLICK-2-SAVE กับไฟ 36W
- อายุการใช้งานของหลอด CLICK-2-SAVE = 10 ปี
- อายุการใช้งานของหลอด TL-D 36W/54 = 13,000 ชั่วโมง
- อายุการใช้งานของหลอด CLICK-2-SAVE 36W = 15,000 ชั่วโมง
- จำนวนชั่วโมงใช้งาน = 4,000 ชั่วโมงต่อปี
- ค่าแรงช่างไฟฟ้า 3 บาท / หลอด (คิดจากอัตราค่าแรงขั้นต่ำ)
- การคำนวณเปรียบเทียบการลงทุนของหลอด TL-D 36W/54 และจำนวน 100 ชุด กับหลอด CLICK-2-SAVE 36W/865 โดยเริ่มจากจุดคุ้มทุนซึ่งเป็นจุดที่เริ่มจากเสียเงินลงทุนครั้งแรกเท่ากัน

ลำดับที่	รายการ	1 x TL-D 36W/54	1 x C2S 36W
1	ความสว่างของหลอดไฟ (ลูเมน)	2,600	2,600
2	จำนวนหลอดไฟ (ชุด)	100	100
3	ราคาหลอด CLICK-2-SAVE (บาท / หลอด)*	0	70
4	เงินลงทุนค่าหลอดครั้งแรก (บาท) [2 x 3]	0	7,000
5	เงินลงทุนที่ต้องจ่ายเพิ่มสำหรับหลอด CLICK-2-SAVE (บาท)		7,000
6	กำลังไฟที่ใช้ของหลอด (วัตต์)	36	30
7	กำลังสูญเสียของบัลลาสต์แม่เหล็กสูญเสียต่ำ (วัตต์)	9	9
8	กำลังไฟที่ใช้รวม (วัตต์) [2 x (6 + 7)]	4,500	3,900
9	ชั่วโมงการใช้งานต่อปี** 4,000 ชั่วโมง (ที่โรงงานใช้งาน) [8 x 4,000 ชม. / 1,000 วัตต์]	18,000	15,600
10	ค่าไฟฟ้าต่อปี (บาท) (หน่วยละ 3 บาท) [9 x 3 บาท]	54,000	46,800
11	อายุการใช้งานของหลอดไฟ (ชั่วโมง)	13,000	15,000
12	ราคาหลอดไฟ (บาท / หลอด)*	50	70
13	ราคาหลอดไฟทั้งหมด (บาท) [2 x 12]	5,000	7,000
14	ค่าเปลี่ยนหลอดไฟที่ตามมาต่อปี (บาท) [13 x (4,000 ชม./ 11)]	1,538	1,867
15	ค่าใช้จ่ายทั้งหมด (บาท) [10 + 14]	55,538	48,667
16	เงินที่ลงทุนมาคืนประหยัดได้ต่อปี (บาท)		6,872
17	ระยะเวลาในการคืนทุนที่จ่ายเพิ่ม (ปี) [5 / 16]		1.02
18	เงินที่ประหยัดได้จากการใช้หลอด CLICK-2-SAVE ตลอดอายุการใช้งานที่ 15,000 ชั่วโมง (บาท)		25,769
19	ค่าใช้จ่ายรายปีที่ประหยัดได้ (%) [16 / 15 ของ TL-D 36W/54]		12.37%

* ราคาอาจเปลี่ยนแปลงได้ โปรดตรวจสอบจากตัวแทนจำหน่ายหลอดไฟฟิลิปส์

** ระยะเวลาคืนทุนค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ต่อปีขึ้นอยู่กับจำนวนชั่วโมงที่ใช้ไฟฟ้าแสงสว่าง

ประโยชน์ที่ได้รับ

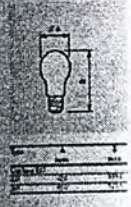
1. กำลังไฟฟ้ารวมต่ำกว่าหลอด TL-D 36W/54 เท่าตัว 6 วัตต์ต่อหลอดโดยที่ความสว่างยังเท่าเดิม
2. สามารถใช้ร่วมแกนที่หลอด TL-D 36W/54 เดิมได้ทันทีโดยไม่ต้องดัดแปลงอะไรเพิ่มเติม
3. ยืนยาวด้วยคุณภาพความถูกต้องมากขึ้นภายใต้แสงจากหลอด C2S เนื่องจากเป็นหลอดสีเดย์ไลท์ซุปเปอร์ 80 ให้ค่าความถูกต้องของสีที่ 85
4. ขั้วต่อมีอายุการใช้งานนานกว่า 10 ปี ลงทุนพียงครั้งแรกเท่านั้น
5. ระยะเวลาคืนทุนประมาณ 1.0 ที่การใช้งาน 4,200 ชั่วโมงต่อปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Conventional Incan

A60 E27 Clear

หลอดไฟฟ้าหลอดแก้วทรงลูกแพร์ หรือ A60 มีทั้งรุ่นกระเปาะแก้วใสและแก้วฝ้า เหมาะสำหรับให้แสงสว่างทั่วไปใช้ได้กับ ทุกสถานที่ เช่น ที่อยู่อาศัย ร้านค้า โรงแรม ร้านอาหาร เป็นต้น อายุการใช้งานเฉลี่ย 1,000 ชั่วโมง



รายการสินค้า	ราคาปลีก (รวม VAT)
GLS CL 25W B22	18.00
GLS CL 25W E27	18.00
GLS CL 40W B22	18.00
GLS CL 40W E27	18.00
GLS CL 60W B22	18.00
GLS CL 60W E27	18.00
GLS CL 100W B22	18.00
GLS CL 100W E27	18.00

**บริษัทฯขอสงวนสิทธิ์ในการเปลี่ยนแปลงราคาสินค้าโดยไม่ต้องแจ้งให้ทราบล่วงหน้า

ข้อมูลรายละเอียดเพิ่มเติม กรุณาติดต่อส่วนกิจการไฟฟ้า
บริษัท ฟิลิปส์ อิเล็กทรอนิกส์ (ประเทศไทย) จำกัด 515 หมู่ 4 นิคมอุตสาหกรรมบางปู
ซอย 8 ถ. ถนนพัฒนา 3 ตำบลแพรกษา อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรปราการ 10280
โทรศัพท์ 0-2709-3300 โทรสาร 0-2740-4960-1

PHILIPS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

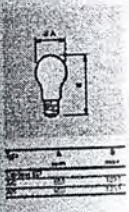
Lamp

Pricelist 2004

Conventional Incan

A60 E27 Clear

หลอดไฟฟ้าหลอดแก้วทรงลูกแพร์ หรือ A60 มีทั้งรุ่นกระเปาะแก้วใสและแก้วฝ้า เหมาะสำหรับให้แสงสว่างทั่วไปใช้ได้กับ ทุกสถานที่ เช่น ที่อยู่อาศัย ร้านค้า โรงแรม ร้านอาหาร เป็นต้น อายุการใช้งานเฉลี่ย 1,000 ชั่วโมง



รายการสินค้า	ราคาปลีก (รวม VAT)
GLS CL 25W B22	18.00
GLS CL 25W E27	18.00
GLS CL 40W B22	18.00
GLS CL 40W E27	18.00
GLS CL 60W B22	18.00
GLS CL 60W E27	18.00
GLS CL 100W B22	18.00
GLS CL 100W E27	18.00

**บริษัทฯขอสงวนสิทธิ์ในการเปลี่ยนแปลงราคาสินค้าโดยไม่ต้องแจ้งให้ทราบล่วงหน้า

สอบถามรายละเอียดเพิ่มเติม กรุณาติดต่อส่วนกิจการไฟฟ้า
บริษัท ฟิลิปส์ อิเล็กทรอนิกส์ (ประเทศไทย) จำกัด 515 หมู่ 4 นิคมอุตสาหกรรมบางปู
ซอย 8 ถ. ถนนพัฒนา 3 ตำบลแพรกษา อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรปราการ 10280
โทรศัพท์ 0-2709-3300 โทรสาร 0-2740-4960-1

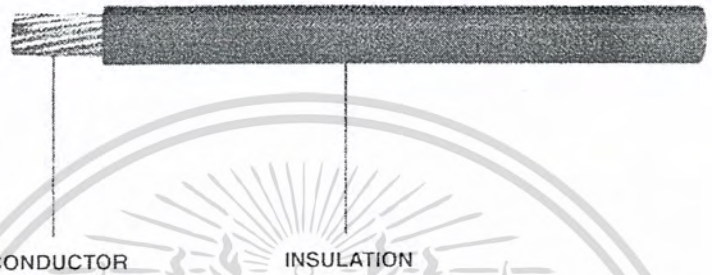
PHILIPS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

THW, MEA TYPE A

TIS 11-2531
Table 4

750 V 70°C PVC INSULATED, SINGLE CORE



CABLE STRUCTURE

CONDUCTOR	:	Solid and stranded annealed copper, sizes 0.5 mm^2 up to 500 mm^2
INSULATION	:	PVC, Any color
CLASSIFICATION	:	Maximum conductor temperature 70°C Circuit voltage not exceeding 750 volts
TESTING VOLTAGE	:	2,500 volts
REFERENCE	:	TIS 11-2531, Table 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

THW, MEA TYPE A

TIS 11-2531
TABLE 4

Nominal Cross Sectional area (mm^2)	Number and diameter of wire (No./mm)	Insulation Thickness (mm)	Max. Overall diameter (mm)	Minimum insulation resistance at 70° C (MΩ-Km)	Maximum continuous current rating in free air (Ampere)	Cable weight (approx.) (Kg/Km)	Standard length (m)
0.5	1 / 0.80	0.8	3.0	0.0175	9	11	100/C
1	1 / 1.13	0.8	3.3	0.0141	13	17	100/C
1	7 / 0.43	0.8	3.5	0.0135	13	18	100/C
1.5	1 / 1.38	0.8	3.6	0.0123	17	22	100/C
1.5	7 / 0.53	0.8	3.8	0.0116	17	24	100/C
2.5	1 / 1.78	0.8	4.0	0.0102	23	32	100/C
2.5	7 / 0.67	0.8	4.3	0.0093	23	35	100/C
4	1 / 2.25	0.9	4.8	0.0094	32	49	100/C
4	7 / 0.85	0.9	5.2	0.0085	32	50	100/C
6	7 / 1.04	0.9	5.8	0.0073	43	75	100/C
10	7 / 1.35	1.1	7.2	0.0069	60	120	100/C
16	7 / 1.70	1.1	8.4	0.0057	83	180	100/C
25	7 / 2.14	1.3	10.5	0.0054	114	280	100/C
35	19 / 1.53	1.3	11.5	0.0047	141	380	100/C
50	19 / 1.78	1.5	13.5	0.0046	175	500	500/D
70	19 / 2.14	1.5	15.5	0.0039	221	700	500/D
95	19 / 2.52	1.7	18.0	0.0038	275	1,000	500/D
120	37 / 2.03	1.7	19.5	0.0034	321	1,200	500/D
150	37 / 2.25	1.9	21.5	0.0034	367	1,500	500/D
185	37 / 2.52	2.1	24.0	0.0034	424	1,900	500/D
240	61 / 2.25	2.3	27.0	0.0033	505	2,500	500/D
300	61 / 2.52	2.5	30.0	0.0032	581	3,100	500/D
400	61 / 2.85	2.7	33.5	0.0030	675	3,900	500/D
500	61 / 3.20	3.1	38.5	0.0031	781	5,000	500/D

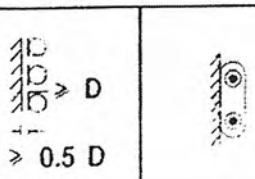
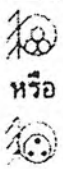
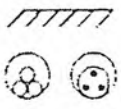
C : Packing in coil.
D : Packing in drum.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.

ตารางค่ามาตรฐานที่ใช้ในการคำนวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดสาย (mm^2)	ขนาดกระแส (A)						
	วิธีการเดินสาย						
	 ≥ D ≥ 0.5 D		 หรือ		หรือ		
	ก	ข	ค		ง		จ
			ท่อโลหะ	ท่ออโลหะ	ท่อโลหะ	ท่ออโลหะ	
0.5	9	8	8	7	10	9	-
1	14	11	11	10	15	13	21
1.5	17	15	14	13	18	16	26
2.5	23	20	18	17	24	21	34
4	31	27	24	23	32	28	45
6	42	35	31	30	42	36	56
10	60	50	43	42	58	50	75
16	81	66	56	54	77	65	97
25	111	89	77	74	103	87	125
35	137	110	95	91	126	105	150
50	169	-	119	114	156	129	177
70	217	-	148	141	195	160	216
95	271	-	187	180	242	200	259
120	316	-	214	205	279	228	294
150	364	-	251	236	322	259	330
185	424	-	287	269	370	296	372
240	509	-	344	329	440	352	431
300	592	-	400	373	508	400	487
400	696	-	474	416	599	455	552
500	818	-	541	469	684	516	623

D = เส้นผ่านศูนย์กลางของสายไฟฟ้า

หมายเหตุ อุณหภูมิโดยรอบต่างจาก 40 °C (สำหรับวิธีการเดินสาย ก-ค) หรือ 30 °C (สำหรับวิธีการเดินสาย ง และ จ) ให้คูณค่าขนาดกระแสด้วยตัวคูณลดดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดสาย (mm^2)	2 ตัวนำ DC (mV/A/m)	2 ตัวนำ AC 1 เฟส		3,4 ตัวนำ AC 3 เฟส	
		เดินในท่อโลหะ (mV/A/m)	เดินลอย (mV/A/m)	เดินในท่อโลหะ (mV/A/m)	เดินลอย (mV/A/m)
2.5	17.73	17.73	17.73	15.40	15.40
4	11.03	11.03	11.03	9.60	9.60
6	7.37	7.37	7.37	6.40	6.40
10	4.38	4.38	4.38	3.80	3.80
16	2.75	2.75	2.75	2.40	2.40
25	1.74	1.74	1.83	1.50	1.58
35	1.25	1.27	1.36	1.09	1.18
50	0.95	0.97	1.08	0.84	0.94
70	0.64	0.68	0.81	0.59	0.70
95	0.46	0.52	0.65	0.45	0.56
120	0.37	0.43	0.57	0.37	0.49
150	0.30	0.37	0.50	0.32	0.43
185	0.24	0.32	0.45	0.28	0.39
240	0.18	0.28	0.39	0.24	0.34
300	0.15	0.25	0.35	0.21	0.30
400	0.12	0.22	0.32	0.19	0.28
500	0.09	0.20	0.29	0.18	0.25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดสาย (mm^2)	ขนาดกระแส (A)				
	ลักษณะการใช้งาน				
	ก	ข	ค		ง
	สายเดี่ยว เดินในอากาศ	สายเดี่ยว 3 เส้น เดินในท่อโลหะ ในอากาศ	สายเดี่ยว 3 เส้น เดินในท่อฝังดิน		สายเดี่ยวไม่เกิน 3 เส้น หรือสายหลายแกนไม่เกิน 3 แกน ฝังดินโดยตรง
			ท่อโลหะ	ท่ออโลหะ	
2.5	36	25	31	28	44
4	47	33	41	36	57
6	60	42	52	46	71
10	82	56	70	61	94
16	110	76	93	81	122
25	148	100	123	107	156
35	184	123	151	130	187
50	224	153	184	156	221
70	286	191	230	197	270
95	356	239	285	241	325
120	417	275	329	277	368
150	481	322	380	318	413
185	559	368	436	363	466
240	672	440	518	430	539
300	782	510	615	501	607
400	921	604	734	586	687
500	1080	686	855	685	773

ขนาดสาย (mm^2)	R ที่ 70 °C Ω/km	X (Ω/km) ในท่ออโลหะ	X (Ω/km) ในท่อโลหะ	X (Ω/km) เดินบน Rack (เดินลอย)
2.5	8.8658	0.1228	0.1535	0.3559
4	5.5157	0.1146	0.1433	0.3412
6	3.6851	0.1116	0.1395	0.3251
10	2.1895	0.1059	0.1324	0.3087
16	1.3759	0.1035	0.1294	0.2943
25	0.8698	0.0981	0.1226	0.2798
35	0.6269	0.0983	0.1229	0.2661
50	0.4723	0.0933	0.1166	0.2566
70	0.3207	0.0904	0.1130	0.2450
95	0.2309	0.0902	0.1128	0.2347
120	0.1840	0.0879	0.1099	0.2263
150	0.1493	0.0870	0.1088	0.2198
185	0.1196	0.0873	0.1091	0.2127
240	0.0918	0.0865	0.1081	0.2037
300	0.0737	0.0862	0.1078	0.1966
400	0.0587	0.0841	0.1052	0.1889
500	0.0467	0.0850	0.1063	0.1816

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดสาย (mm^2)	2 ตัวนำ DC (mV/A/m)	2 ตัวนำ AC 1 เฟส		3,4 ตัวนำ AC 3 เฟส	
		เดินในท่อโลหะ (mV/A/m)	เดินลอย (mV/A/m)	เดินในท่อโลหะ (mV/A/m)	เดินลอย (mV/A/m)
2.5	17.73	17.73	17.73	15.40	15.40
4	11.03	11.03	11.03	9.60	9.60
6	7.37	7.37	7.37	6.40	6.40
10	4.38	4.38	4.38	3.80	3.80
16	2.75	2.75	2.75	2.40	2.40
25	1.74	1.74	1.83	1.50	1.58
35	1.25	1.27	1.36	1.09	1.18
50	0.95	0.97	1.08	0.84	0.94
70	0.64	0.68	0.81	0.59	0.70
95	0.46	0.52	0.65	0.45	0.56
120	0.37	0.43	0.57	0.37	0.49
150	0.30	0.37	0.50	0.32	0.43
185	0.24	0.32	0.45	0.28	0.39
240	0.18	0.28	0.39	0.24	0.34
300	0.15	0.25	0.35	0.21	0.30
400	0.12	0.22	0.32	0.19	0.28
500	0.09	0.20	0.29	0.18	0.25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

VOLTAGE DROP

CONDUCTOR TYPE PD-IV AND PD-THW RUN IN METALLIC CONDUIT

CONDUCTOR CROSS SECTION SQ.MM.	AC(r) RESISTANCE AT 70° C IN METALLIC CONDUIT Ω/KM	INDUCTIVE REACTANCE X IN METALLIC CONDUIT Ω/KM	Three phase effective resistance per unit length $\sqrt{3}$ (rcosθ + Xsinθ) at 70° c various power factor Ω/KM				
			1.00 Ω/KM	0.95 Ω/KM	0.90 Ω/KM	0.85 Ω/KM	0.80 Ω/KM
2.5	8.8658	0.1949	15.3560	14.6936	13.9676	13.2304	12.4874
4	5.5157	0.1811	9.5535	9.1737	8.7349	8.2857	7.8310
6	3.6851	0.1735	6.3828	6.1575	5.8755	5.5837	5.2865
10	2.1895	0.1768	3.7923	3.6983	3.5466	3.3848	3.2176
16	1.3759	0.1712	2.3831	2.3566	2.2741	2.1819	2.0844
25	0.8698	0.1621	1.5065	1.5189	1.4783	1.4285	1.3737
35	0.6332	0.1558	1.0967	1.1262	1.1047	1.0744	1.0393
50	0.4723	0.1533	0.8180	0.8601	0.8520	0.8352	0.8138
70	0.3303	0.1468	0.5721	0.6229	0.6257	0.6202	0.6102
95	0.2425	0.1409	0.4200	0.4751	0.4842	0.4854	0.4822
120	0.1940	0.1412	0.3360	0.3956	0.4090	0.4144	0.4156
150	0.1587	0.1397	0.2749	0.3367	0.3529	0.3611	0.3651
185	0.1281	0.1359	0.2219	0.2843	0.3023	0.3126	0.3187
240	0.1019	0.1319	0.1765	0.2390	0.2584	0.2704	0.2783
300	0.0834	0.1312	0.1445	0.2082	0.2291	0.2425	0.2519

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

VOLTAGE DROP
CONDUCTOR TYPE PD-THW RUN IN NON-METALLIC CONDUIT
TYPE PD-NYY RUN IN AIR OR DIRECT BURYING IN GROUND

CONDUCTOR CROSS SECTION	AC(r) RESISTANCE AT 70° C	INDUCTIVE REACTANCE X	Three phase effective resistance per unit length $\sqrt{3}$ (rcosθ + Xsinθ) at 70° c various power factor Ω/KM				
SQ.MM.	Ω/KM	Ω/KM	1.00 Ω/KM	0.95 Ω/KM	0.90 Ω/KM	0.85 Ω/KM	0.80 Ω/KM
2.5	8.8658	0.1548	15.3560	14.6719	13.9373	13.1939	12.4457
4	5.5157	0.1438	9.5535	9.1536	8.7067	8.2517	7.7922
6	3.6851	0.1380	6.3828	6.1383	5.8487	5.5513	5.2496
10	2.1895	0.1413	3.7923	3.6791	3.5198	3.3524	3.1807
16	1.3759	0.1366	2.3831	2.3379	2.2479	2.1503	2.0485
25	0.8698	0.1293	1.5065	1.5011	1.4535	1.3985	1.3396
35	0.6269	0.1235	1.0858	1.0983	1.0705	1.0356	0.9970
50	0.4630	0.1233	0.8019	0.8285	0.8148	0.7941	0.7697
70	0.3207	0.1172	0.5555	0.5911	0.5884	0.5791	0.5662
95	0.2309	0.1136	0.3999	0.4414	0.4457	0.4436	0.4380
120	0.1840	0.1121	0.3187	0.3634	0.3715	0.3732	0.3715
150	0.1493	0.1121	0.2586	0.3063	0.3174	0.3221	0.3234
185	0.1196	0.1094	0.2072	0.2560	0.2690	0.2759	0.2794
240	0.0918	0.1073	0.1590	0.2091	0.2241	0.2331	0.2387
300	0.0737	0.1066	0.1277	0.1789	0.1954	0.2058	0.2129

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

VOLTAGE DROP

CONDUCTOR TYPE PD-THW RUN IN NON-METALLIC CONDUIT

TYPE PD-NYY RUN IN AIR OR DIRECT BURYING IN GROUND

CONDUCTOR CROSS SECTION	AC(r) RESISTANCE AT 70° C	INDUCTIVE REACTANCE X	Single phase effective resistance per unit length 2 (rcosθ + Xsinθ) at 70° c various power factor Ω/KM				
SQ.MM.	Ω/KM	Ω/KM	1.00 Ω/KM	0.95 Ω/KM	0.90 Ω/KM	0.85 Ω/KM	0.80 Ω/KM
2.5	8.8658	0.1548	17.7316	16.9417	16.0934	15.2350	14.37[illegible]
4	5.5157	0.1438	11.0314	10.5696	10.0536	9.5282	8.997[illegible]
6	3.6851	0.1380	7.3702	7.0879	6.7535	6.4101	6.06[illegible]
10	2.1895	0.1413	4.3790	4.2483	4.0643	3.8710	3.672[illegible]
16	1.3759	0.1366	2.7518	2.6995	2.5957	2.4829	2.3663
25	0.8698	0.1293	1.7396	1.7334	1.6784	1.6149	1.5468
35	0.6269	0.1235	1.2538	1.2682	1.2361	1.1958	1.1512
50	0.4630	0.1233	0.9260	0.9567	0.9409	0.9170	0.8886
70	0.3207	0.1172	0.6414	0.6825	0.6794	0.6687	0.6538
95	0.2309	0.1136	0.4618	0.5097	0.5147	0.5122	0.5058
120	0.1840	0.1121	0.3680	0.4196	0.4289	0.4309	0.4289
150	0.1493	0.1121	0.2986	0.3537	0.3665	0.3719	0.3734
185	0.1196	0.1094	0.2392	0.2956	0.3107	0.3186	0.3226
240	0.0918	0.1073	0.1836	0.2414	0.2588	0.2691	0.2756
300	0.0737	0.1066	0.1474	0.2066	0.2256	0.2376	0.2458

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

VOLTAGE DROP

CONDUCTOR TYPE PD-IV AND PD-THW RUN IN METALLIC CONDUIT

CONDUCTOR CROSS SECTION SQMM.	AC(r) RESISTANCE AT 70° C IN METALLIC CONDUIT Ω/KM	INDUCTIVE REACTANCE X IN METALLIC CONDUIT Ω/KM	Single phase effective resistance per unit length 2 (rcosθ + Xsinθ) at 70° c various power factor Ω/KM				
			1.00 Ω/KM	0.95 Ω/KM	0.90 Ω/KM	0.85 Ω/KM	0.80 Ω/KM
2.5	8.8658	0.1949	17.7316	16.9667	16.1283	15.2772	14.4192
4	5.5157	0.1811	11.0314	10.5929	10.0861	9.5675	9.0424
6	3.6851	0.1735	7.3702	7.1100	6.7844	6.4475	6.1044
10	2.1895	0.1768	4.3790	4.2705	4.0952	3.9084	3.7154
16	1.3759	0.1712	2.7518	2.7211	2.6259	2.5194	2.4069
25	0.8698	0.1621	1.7398	1.7539	1.7070	1.6494	1.5862
35	0.6332	0.1558	1.2664	1.3004	1.2757	1.2406	1.2001
50	0.4723	0.1533	0.9446	0.9931	0.9838	0.9644	0.9396
70	0.3303	0.1468	0.6606	0.7192	0.7225	0.7162	0.7046
95	0.2425	0.1409	0.4850	0.5486	0.5592	0.5605	0.5568
120	0.1940	0.1412	0.3880	0.4568	0.4723	0.4786	0.4798
150	0.1587	0.1397	0.3174	0.3888	0.4074	0.4170	0.4216
185	0.1281	0.1359	0.2562	0.3283	0.3491	0.3609	0.3680
240	0.1019	0.1319	0.2038	0.2760	0.2984	0.3122	0.3213
300	0.0834	0.1312	0.1668	0.2404	0.2645	0.2800	0.2909

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดสายไฟ (mm^2)	จำนวนสายสูงสุดของสายไฟฟ้าตารางที่ 4 ในท่อร้อยสาย											
1	7	13	20	33	-	-	-	-	-	-	-	-
1.5	6	11	17	28	44	-	-	-	-	-	-	-
2.5	4	8	13	22	34	-	-	-	-	-	-	-
4	3	5	9	15	23	36	-	-	-	-	-	-
6	2	4	7	12	19	29	-	-	-	-	-	-
10	1	3	4	7	12	19	32	-	-	-	-	-
16	1	1	3	5	9	14	23	36	-	-	-	-
25	1	1	1	3	5	9	15	23	29	-	-	-
35	-	1	1	3	4	7	12	19	24	30	-	-
50	-	-	1	1	3	5	9	14	17	21	34	-
70	-	-	1	1	2	4	7	10	13	16	26	37
95	-	-	1	1	1	3	5	7	10	12	19	27
120	-	-	-	1	1	2	4	6	8	10	16	23
150	-	-	-	1	1	1	3	5	7	8	13	19
185	-	-	-	-	1	1	2	4	5	6	10	15
240	-	-	-	-	1	1	1	3	4	5	8	12
300	-	-	-	-	-	1	1	2	3	4	6	10
400	-	-	-	-	-	1	1	1	2	3	5	8
500	-	-	-	-	-	-	1	1	1	2	4	6
เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อร้อยสาย mm	15	20	25	32	40	50	65	80	90	100	125	150
(นิ้ว)	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	3 1/2	4	5	6

หมายเหตุ

- ตารางที่ 4.4 และ 4.5 ใช้ตามภาคผนวกของมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดสายไฟ (mm^2)	จำนวนสายสูงสุดของสายไฟฟ้าตารางที่ 6 ในท่อร้อยสาย											
1	1	1	3	5	8	12	21	33	-	-	-	-
1.5	1	1	2	4	7	11	19	30	-	-	-	-
2.5	1	1	2	4	7	10	17	26	33	-	-	-
4	1	1	1	3	6	9	15	23	29	36	-	-
6	-	1	1	3	5	8	13	21	26	33	-	-
10	-	1	1	2	4	6	11	17	22	27	-	-
16	-	1	1	1	3	5	10	15	19	23	36	-
25	-	1	1	1	3	4	8	12	15	19	29	-
35	-	-	1	1	1	3	6	10	12	15	24	35
50	-	-	1	1	1	3	5	8	11	13	21	31
70	-	-	-	1	1	2	4	7	8	11	17	24
95	-	-	-	1	1	1	3	5	7	8	13	19
120	-	-	-	1	1	1	3	4	6	7	11	17
150	-	-	-	-	1	1	1	3	4	5	9	13
185	-	-	-	-	1	1	1	3	4	5	7	11
240	-	-	-	-	-	1	1	2	3	4	6	9
300	-	-	-	-	-	1	1	1	2	3	5	7
400	-	-	-	-	-	-	1	1	1	2	4	6
500	-	-	-	-	-	-	1	1	1	1	3	4
เส้นผ่านศูนย์กลาง ของท่อร้อยสาย mm	15	20	25	32	40	50	65	80	90	100	125	150
(นิ้ว)	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	3 1/2	4	5	6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดต่ำสุดของสายต่อหลักดินของระบบไฟฟ้ากระแสสลับ

ขนาดตัวนำประธาน (ตัวนำทองแดง) (ตร.มม.)	ขนาดต่ำสุดของสายต่อหลักดิน (ตัวนำทองแดง) (ตร.มม.)
ไม่เกิน 35	10*
เกิน 35 แต่ไม่เกิน 50	16
เกิน 50 แต่ไม่เกิน 95	25
เกิน 95 แต่ไม่เกิน 185	35
เกิน 185 แต่ไม่เกิน 300	50
เกิน 300 แต่ไม่เกิน 500	70
เกิน 500	95

หมายเหตุ * แนะนำให้ติดตั้งในท่อโลหะหนา ท่อโลหะหนาปานกลาง ท่อโลหะบาง หรือท่ออโลหะ และการติดตั้งสอดคล้องตามข้อ 5.4 และ 5.8

ขนาดต่ำสุดของสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า

พิกัดหรือขนาดปรับตั้งของเครื่องป้องกันกระแสเกินไม่เกิน (แอมแปร์)	ขนาดต่ำสุดของสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า (ตัวนำทองแดง) (ตร.มม.)
16	1.5*
20	2.5*
40	4*
70	6*
100	10
200	16
400	25
500	35
800	50
1000	70
1250	95
2000	120
2500	185
4000	240
6000	400

หมายเหตุ * ขนาดต่ำสุดของสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้าใช้สำหรับที่อยู่อาศัยหรือยานพาหนะของผู้ใช้ไฟที่อยู่ห่างจากหม้อแปลงระบบจำหน่ายระยะไม่เกิน 100 เมตร กรณีที่ผู้ใช้ไฟอยู่ห่างจากหม้อแปลงระบบจำหน่ายระยะเกิน 100 เมตร ให้คูณด้วยตัวประกอบแก้ ผนวก ฌ. ตารางที่ ฌ 6 ถึง ตารางที่ ฌ 12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าโหลดของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

(Split Type) 1 เฟส 220V

ความจุ (Capacity)		โหลด (kVA)
ตันความเย็น (TR)	BTUH	
1	12,000	1.47
1.5	18,000	1.65
2	24,000	2.55
3	36,000	4.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้