สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ระบบควบคุมภายในถ้ำประดับเพชร

ELECTRICAL CONTROL SYSTEM IN PRADAPPETCH CAVE

โดย

นางสาว มนัสวี จิตติวัฒนพงศ์

นาย ลีเชาว์ แซ่ห่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกหมู่.....
เลขทะเบียน 62574
วัน,เดือน,ปี 19 ส.ค. 2549

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

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปีการศึกษา 2548

ระบบควบคุมภายในถ้ำประดับเพชร
ELECTRICAL CONTROL SYSTEM IN PRADAPPETCH CAVE

โดย

นางสาว มนัสวี จิตติวัฒนพงศ์

นาย ลีเชาว์ แซ่ห่าน

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ. นิทัศน์ กฤษณจินดา

ผศ. ชนินทร์ ทิพโยภาส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2548

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบควบคุมภายในถ้ำประดับเพชร

ผู้จัดทำ

1. นางสาว มนัสวี จิตติวัฒนพงศ์
2. นาย ลีเชาว์ แซ่ห่าน

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ นิทัศน์ กฤษณจินดา)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ชนินทร์ ทิพโยภาส)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

I

ระบบควบคุมภายในถ้ำประดับเพชร

นางสาว มนัสวี จิตติวัฒนพงศ์
นาย ลีเชาว์ แซ่ห่าน
รศ. นิทัศน์ กฤษณจินดา อาจารย์ที่ปรึกษา
ผศ. ชนินทร์ ทิพโยภาส อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2548

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ได้ทำการออกแบบระบบไฟฟ้ากำลัง และระบบไฟฟ้าสื่อสารในถ้ำ โดยระบบต่างๆนี้จะถูกควบคุมผ่านทางระบบอินเตอร์เน็ต เพื่อให้ผู้ควบคุมทางวนอุทยานสามารถควบคุมระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ และยังเป็นการรักษาความปลอดภัยของทั้งนักท่องเที่ยวและประติมากรรมภายในถ้ำด้วย ซึ่งถือว่าเป็นโครงงานนำร่อง

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการนำเทคโนโลยีที่มีในประเทศไทยมาใช้กับถ้ำ เพื่อเป็นการพัฒนารูปแบบการท่องเที่ยวอีกรูปแบบหนึ่ง ได้มีการออกแบบทางเดินให้เหมาะสมกับสภาพของถ้ำ การออกแบบระบบไฟฟ้ากำลัง ระบบไฟฟ้าสื่อสาร และทำการควบคุมระบบต่างๆ ผ่านระบบอินเตอร์เน็ต หรือควบคุมผ่านคอมพิวเตอร์โดยตรง การควบคุมจะทำการโดยการเขียนโปรแกรมควบคุม การออกแบบระบบต่าง ๆ จะคำนึงถึงความเหมาะสมและความสวยงามของสภาพแวดล้อม โดยไม่เป็นการทำลายสภาพแวดล้อม ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้นอกจากจะเป็นการพัฒนาถ้ำให้เป็นแหล่งท่องเที่ยวเพื่อเป็นการเพิ่มรายได้ให้กับประเทศชาติแล้ว ยังเป็นโครงงานนำร่องที่จะนำไปพัฒนาถ้ำแหล่งอื่นได้อีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CONTROL SYSTEM IN PRADAPPETCH CAVE

Manatsavee Jittiwattanapong
Lichou Han
Associate.Prof.Nitad Kritsanajinda Advisor
Assist.Prof.Chanin Tipayophad Advisor
2005

ABSTRACT

According to this bachelor thesis, it contains the design of power electricity and communication electricity of cave empowered and controlled by computer system. In order to efficiently control the journey through the cave path and to highly safe travelers and cave's natural treasures, this thesis is determinedly and time-consuming written.

This thesis presents Thai technology, which help to develop the traveling in cave. The design of power electricity and communication electricity are also developed to be suitable for the cave figure. Moreover, this thesis helps to make the cave as an interesting traveling place, which attracts travelers to come. The Thai GDP also has the potential to increase. Actually, this thesis can help to develop another cave as well.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ในการทำโปรเจคครั้งนี้ ทำให้ข้าพเจ้าได้มีมุมมองที่กว้างขึ้น ได้เรียนรู้ถึงความรู้ที่ไม่ได้มีแต่ในตำราวิชาการ รวมถึงการเข้ากับบุคคลอื่นๆในสังคม ซึ่งเป็นความเป็นจริงในการใช้ชีวิต ปัญหาย่อมเกิดขึ้นได้เสมอในการทำงาน แต่ก็สามารถผ่านไปได้ด้วยดีด้วยการร่วมมือของเพื่อนร่วมงานและอาจารย์ที่ปรึกษา

ทั้งนี้โปรเจคครั้งนี้จะไม่สามารถทำสำเร็จได้ หากว่าไม่มีอาจารย์ที่ปรึกษา คือ รศ.นิทัศน์ กฤษณจินดา และ ผศ.ชนินทร์ ทิพโยภาส ที่คอยดูแลและให้ความช่วยเหลือชี้แนะในการแก้ปัญหาต่างๆ อีกทั้งยังให้ความรู้ในด้านที่ไม่มีในการเรียนการสอน นั่นคือประสบการณ์ในการทำงาน ท่านทั้งสองสอนในเรื่องที่ข้าพเจ้าและเพื่อนร่วมงานไม่ทราบ ขอขอบคุณ คุณวชิระ ม่วงแก้ว และถ้าไม่ได้รับการช่วยเหลือจากวนอุทยานถ้ำเพชร - ถ้ำทอง สำนักบริหารจัดการในพื้นที่อนุรักษ์ที่ 6 (นครสวรรค์) ต.ตาคลี อ.ตากฟ้า จ.นครสวรรค์ ที่ให้การสำรวจถ้ำเพชร-ถ้ำทอง แล้วยังให้แผนที่ภายในถ้ำเพื่อใช้ในการทำโปรเจคครั้งนี้ ขอบคุณพี่ยุทธนา ทองบุญเกื้อ ที่อำนวยความสะดวกในการสำรวจถ้ำประดับเพชร รวมถึงเจ้าหน้าที่วนอุทยานทั้งหมดที่ช่วยนำทาง และที่สำคัญคือบริษัท DLT ที่ให้ความช่วยเหลือด้านอุปกรณ์และให้ความรู้ด้านการเขียนโปรแกรมควบคุม AllLight ขอบคุณพี่วีที่ให้ความช่วยเหลือโดยตลอดเรื่องโปรแกรม ขอบคุณพี่หนุ่ยที่ให้ขอยืมหนังสือโปรแกรม ขอบคุณพี่ตั้มที่ให้คำแนะนำดีๆในการทำโปรเจค ที่ขาดไม่ได้เลยคือพระคุณของบิดามารดาที่ได้ให้กำเนิด คุณย่า คุณอา พี่ชายและน้องชาย และขอขอบคุณอาจารย์ท่านอื่นๆที่ได้ให้ความรู้กับข้าพเจ้า

.....

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ.....I

ABSTRACT.....II

สารบัญรูป..... III

สารบัญตาราง.....VI

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความสำคัญของปัญหา.....1

1.2 วัตถุประสงค์ของการ.....2

1.3 ขอบเขตและข้อกำหนดในการวิจัย.....2

1.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน.....3

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย.....3

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....5

2.1 บทนำ.....5

2.1.1 ระบบแสงสว่างภายในถ้ำประดับเพชร.....5

2.2 การออกแบบระบบไฟฟ้า.....6

2.2.1 ระบบไฟฟ้ากำลังที่ผู้ออกแบบจะต้องรับผิดชอบได้แก่.....6

2.2.2 ระบบไฟฟ้าสื่อสารที่ผู้ออกแบบจะต้องรับผิดชอบได้แก่.....7

2.2.3 ความปลอดภัย (Safety)..... 7

2.2.4 ค่าลงทุนเริ่มแรกที่ต่ำที่สุด (Minimum Initial Investment).....7

2.2.5 ระบบไฟฟ้าต้องสามารถจ่ายไฟฟ้าอย่างต่อเนื่อง.....7
(Maximum Service Continuity)

2.2.6 ระบบไฟฟ้าจะต้องมีความคล่องตัวสูงและสามารถขยายโหลดได้..... 7
(Maximum Flexibility Expandability)

2.2.7 ประสิทธิภาพทางไฟฟ้าสูงสุด (Maximum Electrical Efficiency).....8

2.2.8 ค่าบำรุงรักษาที่ต่ำที่สุด (Minimum Maintenance Cost).....8

2.2.9 คุณภาพกำลังไฟฟ้าสูงสุด (Maximum Power Quantity).....8

2.2.10 มาตรฐานทางไฟฟ้า..... 8

2.2.11 ระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้า.....10

2.2.12 ระบบไฟฟ้ากำลัง..... 10

2.2.13 การส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าในประเทศไทย.....10

2.2.14 การไฟฟ้านครหลวง.....10

2.2.15 การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค.....11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

2.2.16 การจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับผู้ใช้ไฟฟ้า.....11
2.2.17 เครื่องกำหนดไฟฟ้าสำรอง (Standby Generator).....12
2.3 Circuit Breaker.....13
2.3.1 Circuit Breaker ไฟฟ้าแรงดันต่ำ.....13
2.3.2 พิกัดกระแสและผลกระทบ มีหลายกรณีด้วยกันดังนี้.....17
2.3.3 พิกัดกระแสของ circuit breaker.....19
2.4 แรงดันตก (Voltage Drop).....19
2.4.1 การหาค่าแรงดันตกโดยสมการ.....20
2.4.2 การอ่านค่าจากชาร์ต.....21
2.4.3 การหาค่าแรงดันตกด้วยการใช้ตาราง.....21
2.5 สายไฟฟ้า.....22
2.5.1 สายไฟฟ้าแรงดันต่ำ.....23
2.5.2 สายไฟฟ้าแรงดันสูง.....25
2.5.3 ขั้นตอนการคำนวณหาขนาดสายไฟ.....27
2.6 ท่อสายไฟฟ้า.....28
2.6.1 ท่อโลหะบาง (Electrical Metallic Tubing).....28
2.6.2 ท่อโลหะหนาปานกลาง (Intermediate Metal Conduit).....28
2.6.3 ท่อโลหะหนา (Rigid Steel Conduit).....28
2.6.4 ท่อโลหะอ่อน (Flexible Metal Conduit).....29
2.6.5 ท่อพีวีซี (Polyvinyl Chloride).....29
2.6.6 ท่อHDPE (High Density Polyethylene).....29
2.7 ระบบไฟฟ้าแสงสว่างฉุกเฉิน.....30
2.7.1 โคมไฟฟ้าฉุกเฉิน.....30
2.7.2 แบตเตอรี่.....30
2.7.3 เครื่องประจุแบตเตอรี่.....31
2.7.4 อินเวอร์เตอร์.....31
2.7.5 สายไฟฟ้า.....31
2.7.6 สวิตช์และอุปกรณ์ป้องกันสำหรับโคมไฟฟ้าฉุกเฉิน.....32
2.8 แหล่งกำเนิดแสง.....32
2.8.1 หลอดเผาไส้.....32
2.8.2 หลอดดิสชาร์จ.....32
2.9 โคม.....34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

2.9.1 แบ่งตามชนิดของหลอดไฟที่ใช้....34
2.9.2 แบ่งตามลักษณะการติดตั้ง....34
2.9.3 แบ่งตามลักษณะการใช้งาน....34
2.9.4 แบ่งตามลักษณะการกระจายแสง....34
2.10 การต่อลงดิน....35
2.10.1 การต่อลงดินของระบบ....35
2.10.2 การต่อลงดินของบริภัณฑ์หรืออุปกรณ์ไฟฟ้า....37
2.11 ดัชนีแสดงค่ามาตรฐานการป้องกัน....37
2.12 การจัดลำดับของบริภัณฑ์การป้องกัน....39
2.12.1 Fully Rated Protective System....39
2.12.2 Selective Protective System....39
2.12.3 Cascade Protective System....40
2.12.4 ความรู้เบื้องต้นในการทำ Coordination....41
2.13 วิธีการควบคุมระบบไฟฟ้าโดยการเขียนโปรแกรมควบคุม AllLight....43
2.13.1พื้นฐานเกี่ยวกับระบบ AllLight....43
2.13.2 รูปแบบคำสั่ง AllLight Protocal....43
2.13.3 Out Put Data....44
2.13.4 AllLight Protocal Table....45
2.13.5 การควบคุมอุปกรณ์ AllLight จากคอมพิวเตอร์....46
2.13.6 การต่อ AllLight Controller ระหว่างกล่อง (Inter Port)....47

บทที่ 3 การออกแบบและสร้าง....48
3.1 การคำนวณระบบไฟฟ้า....48
3.1.1 การคำนวณโหลดไฟฟ้าทางเดิน....48
3.1.2 การคำนวณโหลดไฟฟ้าแสดงชิ้นงาน....50
3.1.3 การคำนวณปลั๊กไฟ....63
3.1.4 การคำนวณโหลดไฟฟ้าฉุกเฉิน....63
3.1.5 การ Balance Load....65
3.1.6 การคำนวณกระแส short circuit....65
3.1.7 การคำนวณหาค่าแรงดันดก....69
3.2 การออกแบบทางเดินเท้า (Board Walks)....71
3.3 การเขียนโปรแกรมระบบ AllLight ด้วย Visual Basic....77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

3.4 การใช้งาน Microsoft ADO Data Control 6.....79
3.5 การใช้งาน Microsoft Data Grid Control 6.....82

บทที่ 4 ผลการทดลอง.....84
4.1 การใช้งานโปรแกรมควบคุมภายในถ้ำประดับเพชร.....84
4.2 แสดงการ Simulation โปรแกรมควบคุมภายในถ้ำประดับเพชร.....89
4.3 ลักษณะการทำงานของ AllLight Box.....94
4.4 แสดงบรรยากาศจำลองภายในถ้ำ.....96

บทที่ 5 บทสรุปและเสนอแนวทางที่จะดำเนินการ.....99

ภาคผนวก.....100

กิตติกรรมประกาศ

เอกสารอ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1.1	Flow Chart แสดงขั้นตอนการทำงาน	4
2.1	ลักษณะการทำงานของ Thermal unit	13
2.2	ลักษณะการทำงานของ Magnetic unit	14
2.3	Diagram ของ Electronic Trip CB	14
2.4	วงจรการทำงานของ ELCB	17
2.5	Flow Chart ขั้นตอนการคำควณหาขนาดสายไฟ	27
2.6	Single Line Diagram ของระบบไฟฟ้าย่อย	38
2.7	Fully Selective Protective System	40
2.8	Partially Selective Protective System	40
2.9	Single Line Diagram ของกรณี Cascade Protective System	41
2.10	Flow Chart ขั้นตอนการหาขนาดบริภัณฑ์ป้องกัน	42
2.11	การต่อ AllLight Computer Control เข้ากับ Port RS-232 (Serial Port)	46
2.12	แสดงช่องสัญญาณ Inter Port ของ AllLight Box	47
2.13	การต่อ AllLight Controller ระหว่างกล่อง (Inter Port)	47
3.1	ทางเดินเท้ามาตรฐาน (Board Walk)	72
3.2	แสดงตำแหน่งของ Sensor และแสงสว่างทางเดินบน Board Walk	73
3.3	แสดงการวางสายไฟใต้ Board Walk	73
3.4	แสดง Board Walk มาตาฐานกรณีที่ทางเดินเป็นทางขึ้นลงชันไม่เกิน 450	74
3.5	แสดงการวางสายไฟ ตำแหน่ง Sensor และตำแหน่งหลอดไฟ	74
3.6	แสดงรางกั้นกรณีบริเวณนั้นอันตราย	74
3.7	แสดงลักษณะโคมไฟที่นำมาติดที่ราวกันตก	75
3.8	แสดงลักษณะโคมไฟไม้เทียมของชิ้นงาน	75
3.9	แสดงถึงอุปกรณ์ที่ใช้เป็นฐานตั้งกล้องวงจรปิด	76
3.10	แสดงถึงป้าย Signage บอกรายละเอียด	76
3.11	หน้าต่างดอนเปิดโปรแกรม	77
3.12	แถบเครื่องมือ Microsoft Visual Basic	77
3.13	แสดงหน้าจอ Component	78
3.14	แสดง Formที่กำลังใช้งาน Icon ของ Microsoft Comm Control	78
3.15	แสดงหน้าจอกำหนดคุณสมบัติ	79
3.16	การเพิ่ม Microsoft ADO Data Control 6 ใน Microsoft Visual Basic 6	80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
3.17	การใช้ Microsoft ADO Data Control 6	80
3.18	Properties ของ Microsoft ADO Data Control 6	81
3.19	การเรียกใช้ Data Base ของ Microsoft ADO Data Control 6	81
3.20	Microsoft Jet 4 OLE DB Provider	82
3.21	Microsoft Jet 4 OLE DB Provider	82
3.22	การเพิ่ม Microsoft Data Grid Control 6	83
3.23	การเรียกใช้ข้อมูลจาก ADO	83
4.1	หน้าต่างโปรแกรมขณะเริ่มเปิดโปรแกรม	84
4.2	หน้าต่างโปรแกรมขณะทำการ Login ระบบ	85
4.3	หน้าต่างโปรแกรมการเพิ่มหรือเปลี่ยนแปลง User Name และ Password	85
4.4	หน้าต่างโปรแกรมการเลือก Server Address ที่ต้องการเชื่อมต่อ	86
4.5	หน้าต่างโปรแกรมการเลือก ID Box ที่ต้องการควบคุม	86
4.6	หน้าต่างโปรแกรมการเลือก IP Box ที่ต้องการควบคุม	87
4.7	หน้าต่างโปรแกรมการเลือก Camera ที่ต้องการควบคุม	87
4.8	หน้าต่างซึ่งแสดงข้อมูลเวลาของผู้ควบคุมโปรแกรม	88
4.9	ฐานข้อมูลของผู้เข้าควบคุมและเวลาเข้าควบคุมโปรแกรม	88
4.10	ฐานข้อมูล User Name ของผู้ควบคุมโปรแกรม	89
4.11	การควบคุม ID BOX 1 ที่ IP Box 1 ที่ Camera 1 และที่switch 1,4,5 และ8	89
4.12	การควบคุม ID BOX 2 ที่ IP Box 1 ที่ Camera 2 และ ที่switch 1,2,4 และ5	90
4.13	การ DIM ที่ระดับความสว่าง 100%	90
4.14	การ DIM ที่ระดับความสว่าง 70%	91
4.15	การ DIM ที่ระดับความสว่าง 50%	91
4.16	การ DIM ที่ระดับความสว่าง 30%	92
4.17	การ DIM ที่ระดับความสว่าง 0%	92
4.18	หน้าต่างเกี่ยวกับโปรแกรม	93
4.19	หน้าต่างวิธีใช้งานโปรแกรม	93
4.20	ลักษณะการต่อ AllLight Box	94
4.21	การเชื่อมต่อระหว่าง AllLight box สองกล่อง	94
4.22	แสดง Switch ตัวที่ 1,5,8 ของ box ที่ 1 หลังถูกควบคุมให้ on	95
4.23	แสดง Switch ตัวที่ 1,2,3,4 ของ box ที่ 2 หลังถูกควบคุมให้ on	95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
4.24	แสดงบรรยากาศจำลองภายในถ้ำ ซึ่งมองจากด้านบน	96
4.25	บรรยากาศจำลองทางเดินและราวจับบริเวณเหวภายในถ้ำ	96
4.26	บรรยากาศจำลองบันไดทางลงภายในถ้ำ	97
4.27	บรรยากาศจำลองทางเดินและบันไดภายในถ้ำ	97
4.28	บรรยากาศจำลองบริเวณชิ้นงานเจ้าแม่กวนอิม	98
4.29	บรรยากาศจำลองบริเวณชิ้นงานช้างสามเศียร	98

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ค่าการเปรียบเทียบระหว่างความสูงกับกระแสและแรงดัน	18
2.2	แสดงข้อมูลค่า R และ X ของสาย THW	20
2.3	ตารางเปรียบเทียบคุณสมบัติของฉนวน PVC และ XLPE	22
2.4	ลักษณะการใช้งานของสายไฟฟ้า VAF	23
2.5	แสดงความหมายของตัวเลขในการป้องกัน	38
2.6	รูปแบบ Out Put Data	43
2.7	แสดงค่า CMD 1 และ CMD2	44
2.8	แสดงค่า LG 1 และ LG 2	44
2.9	แสดงค่า Input Data	44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่1
บทนำ

1.1 ความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันประเทศไทยถือว่าเป็นประเทศที่กำลังพัฒนาไปด้านหน้าอย่างต่อเนื่องหลาย ๆ ด้าน ไม่ว่าจะเป็นทางด้านเทคโนโลยี ทางด้านอุตสาหกรรม และทางด้านการท่องเที่ยว โดยประเทศไทย เป็นประเทศที่มีความอุดมสมบูรณ์ทางธรรมชาติ และมีแหล่งท่องเที่ยวมากมายภายในประเทศ ซึ่งสามารถดึงดูดนักท่องเที่ยวได้อย่างดีและทำรายได้ให้กับประเทศชาติอย่างมากมาย ดังนั้นจึงส่งผลให้ทางภาครัฐและภาคเอกชนได้ดำเนินการพัฒนาแหล่งท่องเที่ยวตามสถานที่ต่างๆ เพื่อดึงดูดนักท่องเที่ยวจากประเทศต่าง ๆ รวมถึงนักท่องเที่ยวภายในประเทศไทยเองด้วย เพื่อให้สถานที่ท่องเที่ยวภายในประเทศสามารถสร้างรายได้เพิ่มขึ้นจากการเพิ่มจำนวนนักท่องเที่ยวตามสถานที่ท่องเที่ยวต่าง ๆ แต่อาจจะมีสถานที่ท่องเที่ยวบางแห่งที่ยังไม่ได้รับการสำรวจและพัฒนาดูแลให้ดีเท่าที่ควรเช่น ถ้ำตามภูเขาต่าง ๆ

ถ้ำเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่มีอยู่ภายในประเทศไทยเป็นจำนวนมาก และมีความสวยงามอย่างมาก แต่เนื่องจากอยู่ตามภูเขาสูงจึงไม่ได้รับความสนใจที่จะเข้าไปสำรวจและพัฒนาเป็นแหล่งท่องเที่ยวมากนัก ดังนั้นถ้ามีการสำรวจและพัฒนาถ้ำต่าง ๆ ภายในประเทศเพิ่มขึ้น ก็จะเป็นอีกช่องทางหนึ่ง ที่จะดึงดูดนักท่องเที่ยวทั้งในและต่างประเทศให้หันมาท่องเที่ยวถ้ำภายในประเทศไทยมากขึ้น ซึ่งจะเป็นอีกช่องทางหนึ่งที่จะทำรายได้ให้กับประเทศในด้านการท่องเที่ยว ปัจจุบันการท่องเที่ยวภายในถ้ำส่วนใหญ่จะเป็นการใช้แสงสว่างจากตะเกียงจ้าวพายุ หรือการติดตั้งหลอดไฟต่างๆ เช่นหลอดฟลูออเรสเซนต์ ซึ่งจะเห็นว่าการกระทำเหล่านั้นจะเป็นการลดทอนทัศนียภาพอันสวยงามภายในถ้ำ และเป็นการทำลายสถาปัตยกรรมที่สร้างขึ้นโดยธรรมชาติภายในถ้ำ ดังนั้นทางกลุ่มจึงเล็งเห็นความสำคัญในสิ่งนี้จึงได้จัดทำเป็นโครงงานขึ้น โดยนำความรู้และเทคโนโลยีที่มีมาใช้ในการพัฒนาออกแบบถ้ำให้สวยงามและเหมาะสมกับสิ่งแวดล้อม

ซึ่งทางกลุ่มคิดที่จะทำการออกแบบระบบไฟฟ้าต่างๆ ภายในถ้ำ รวมถึงแสงสว่างต่างๆ ตามทางเดิน ชิ้นงานที่สร้างขึ้นโดยธรรมชาติให้ดูสวยงามและเป็นธรรมชาติ โดยไม่เป็นการทำลายสภาพแวดล้อม นอกจากนี้ยังได้ทำการออกแบบลักษณะทางเดินภายในถ้ำให้สามารถเดินได้สะดวกและปลอดภัย รวมถึงจะนำเหตุการณ์จริงในขณะที่มีนักท่องเที่ยวกำลังเที่ยวอยู่ภายในถ้ำ ส่งเข้าสู่โลกอินเตอร์เน็ตเพื่อให้คนภายนอกสามารถรับรู้ถึงความสวยงามภายในถ้ำ ซึ่งเป็นการโฆษณาและดึงดูดนักทุ่งเที่ยวในอีกทางหนึ่ง ในอีกแง่หนึ่งก็เป็นการรักษาความปลอดภัยต่างๆภายในถ้ำรวมถึงเป็นการรักษาธรรมชาติไม่ให้ถูกทำลายไปจากบุคคลที่เข้ามาภายในถ้ำ ซึ่งระบบต่างๆ นั้นทางกลุ่มคิดที่จะเขียนโปรแกรมควบคุมโดยใช้โปรแกรม Visual Basic ในการควบคุมการทำงานของระบบ ทั้งในส่วนของระบบไฟฟ้า แสงสว่างตามทางเดิน ชิ้นงาน และระบบส่งภาพผ่านอินเตอร์เน็ต รวมการระบบรักษาความปลอดภัยต่างๆ ภายในถ้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนความสวยงามทางแสงของชิ้นงานต่างๆ จะนำความรู้ทางสถาปัตยกรรมมาร่วมออกแบบด้วย เพื่อให้สอดคล้องและเข้ากับธรรมชาติภายในถ้ำ

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเป็นการให้นักศึกษานำความรู้ที่ได้เรียนมาใช้ในการทำงานจริง และรู้จักการทำงานเป็นทีม

2. เพื่อให้นักศึกษาได้รู้หน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องและได้ติดต่อหน่วยงานเหล่านั้น เพื่อขอความร่วมมือในการทำโครงงาน

3. เป็นการนำความรู้ทางวิศวกรรมและสถาปัตยกรรมมาใช้ในการพัฒนาแหล่งท่องเที่ยวที่เป็นถ้ำ ให้เป็นแหล่งท่องเที่ยวที่มีความปลอดภัยและน่าท่องเที่ยวมากขึ้น

4. เป็นการพัฒนาระบบไฟฟ้าและระบบสื่อสารเข้าสู่โลก Internet เช่น การควบคุมการเปิดปิดระบบแสงสว่าง การควบคุมระบบกล้องวงจรปิดผ่านทาง Internet และนำเสนอภาพภายในถ้ำผ่านทาง Internet แบบ Real-Time เพื่อเป็นการโฆษณาแหล่งท่องเที่ยวอีกแบบหนึ่ง

5. เพื่อเป็นโครงงานนำร่อง ในการพัฒนาถ้ำให้เกิดขึ้นและเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งอาจนำพาให้เกิดการพัฒนาแหล่งท่องเที่ยวต่างๆต่อไป

1.3 ขอบเขตและข้อกำหนดในการวิจัย

โครงงานนี้เป็นการออกแบบระบบไฟฟ้าภายในถ้ำ โดยถ้ำที่ใช้ในโครงงานนี้คือ ถ้ำประดับเพชร ตั้งอยู่ที่วนอุทยานถ้ำเพชร-ถ้ำทอง อำเภอตาคลี จังหวัดนครสวรรค์ โดยโครงงานแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลักๆ คือ ระบบไฟฟ้ากำลัง และระบบไฟฟ้าสื่อสาร โดยทั้งสองจะระบบถูกเชื่อมต่อกันและส่ง ออกเพื่อแสดงทางInternet โดยแต่ละระบบประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

ระบบไฟฟ้ากำลัง

1. ระบบการจ่ายกำลังไฟฟ้า (Power Distribution System)
2. ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง (Lighting System)
3. ระบบไฟฟ้าสำรอง (Standby Power System)
4. ระบบไฟฟ้าแสงสว่างฉุกเฉิน (Emergency Light System)
5. ระบบรักษาความปลอดภัย (Security System)

ระบบไฟฟ้าสื่อสาร

1. ระบบเสียง (Sound System)
2. ระบบโทรทัศน์วงจรปิด (Close Circuit TV System)

โดยทั้งสองระบบจะถูกเชื่อมต่อกัน เพื่อทำการแสดงผลออกสู่ระบบ Internet รวมถึงสามารถควบคุมระบบผ่านทางInternet ได้ด้วย โดยการใช้โปรแกรม Visual Basic และโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Protocol เพื่อควบคุมระบบไฟฟ้าแสงสว่าง และควบคุมระบบโทรทัศน์วงจรปิด เพื่อนำเสนอทางวนอุทยาน ถ้ำเพชรถ้ำทอง โดยการวางระบบต่างๆภายในถ้ำได้ใช้การแนะนำทางสถาปัตยกรรมด้วย เพื่อให้ระบบต่างๆภายในถ้ำออกมาสวยงามและกลมกลืนกับธรรมชาติรวมถึงไม่เป็นอันตรายต่อระบบนิเวศวิทยาด้วย ซึ่งตรงนี่เป็นส่วนสำคัญที่จะต้องนำเสนอต่อวนอุทยานด้วย

การออกแบบระบบไฟฟ้าภายในถ้ำยังไม่มี มาตรฐานหรือข้ออ้างอิง ใดระบุเฉพาะไว้ ดังนั้นในการออกแบบระบบไฟฟ้าต่างๆ ภายในถ้ำของโครงงานนี้จึงได้ยึดหลัก การติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย(ว.ส.ท.) เพื่อให้งานออกมาเป็นไปตามมาตรฐานมากที่สุด

1.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

หลังจากที่ทราบหัวข้อโครงงาน และทำความเข้าใจเกี่ยวกับรายละเอียดภายในโครงงานแล้ว ก็ได้ทำการหาสถานที่ของโครงงานโดยการติดต่อทางสำนักงาน วนอุทยานเขต12 จังหวัดนครสวรรค์ เพื่อนำเสนอโครงงาน โดยสถานที่ที่ได้รับคือ ถ้ำประดับเพชร ซึ่งอยู่ภายในวนอุทยานถ้ำเพชร-ถ้ำทอง อำเภอตาคลี จังหวัดนครสวรรค์ นอกจากนี้ยังได้รับคำแนะนำและข้อมูลเกี่ยวกับถ้ำดังกล่าวด้วย

จากนั้นจึงได้เดินทางไปที่ถ้ำประดับเพชร เพื่อเก็บรายละเอียดภายในถ้ำ โดยถ้ำดังกล่าวยังไม่เคยมีการสำรวจมาก่อน จึงได้จัดทำแผนที่ภายในถ้ำขึ้น และยังสำรวจทางเดินประดิมากรรม รวมถึงบริเวณอันตรายซึ่งเป็นเหว โดยทำการบันทึกเป็นวิดีโอ เพื่อนำไปเสนอ ผ.ศ.ชนินทร์ ทิพโยภาส อาจารย์คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ ซึ่งร่วมเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานนี้ด้วย เพื่อออกแบบทางเดิน การเลือกใช้วัสดุ ลักษณะการให้แสง รวมถึงการติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆภายในถ้ำเพื่อให้กลมกลืนกับธรรมชาติมากที่สุด

ออกแบบระบบระบบไฟฟ้าต่างๆภายในถ้ำ โดยการออกแบบนั้นยึดตามมาตรฐาน การติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย(ว.ส.ท.) และได้รับคำปรึกษาจาก ร.ศ. นิทัศน์ กฤษณจินดา

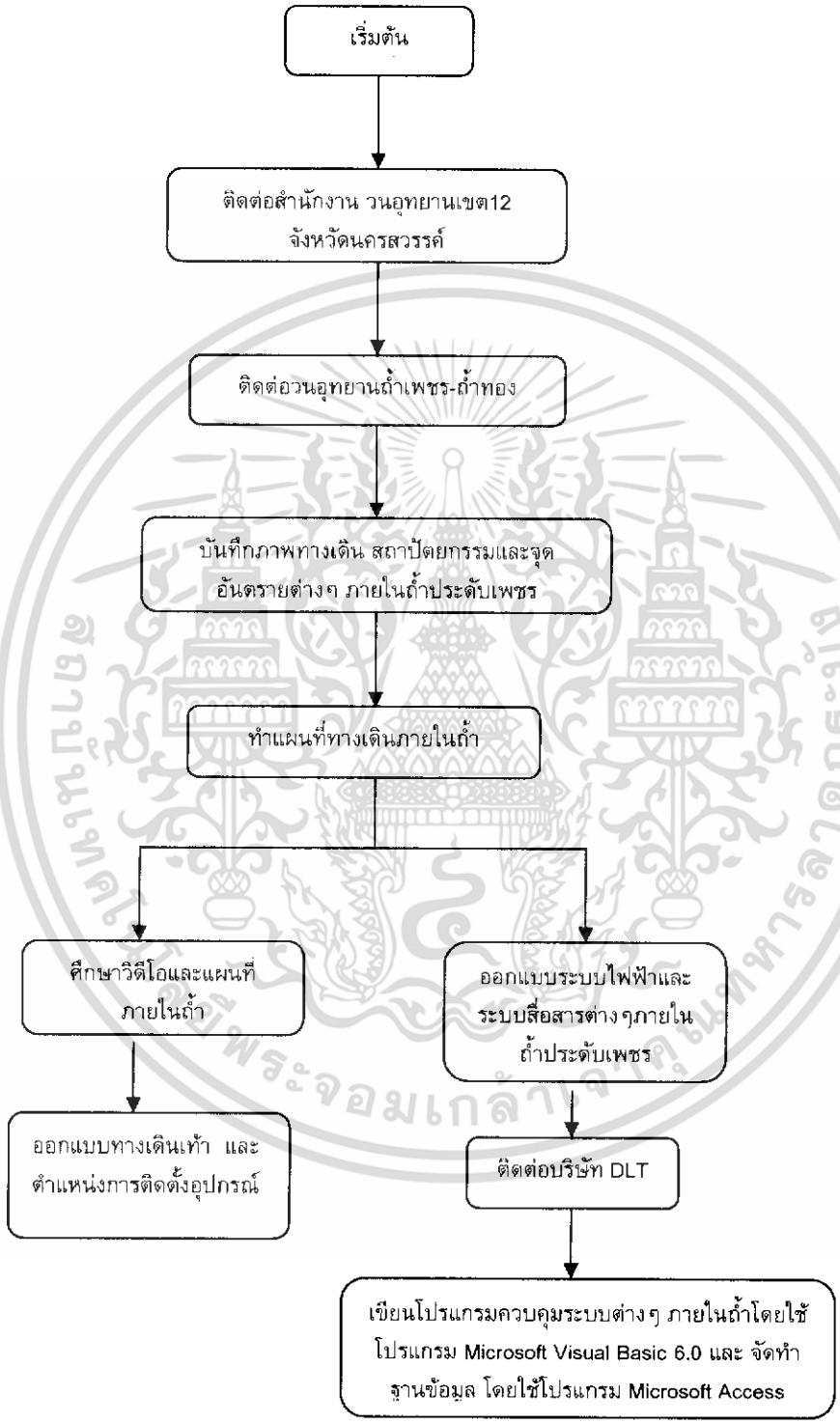
ระบบโทรทัศน์วงจรปิด เดินทางไปที่บริษัท DLT เพื่อนำเสนอโครงงานและเพื่อขอความร่วมมือและขอรายละเอียดต่างๆเกี่ยวกับระบบAllLight

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

สถานที่ท่องเที่ยวทางธรรมชาติภายในประเทศไทยมีมากขึ้น ทำให้ถ้ำภายในประเทศไทยซึ่งไม่ใช่แหล่งท่องเที่ยวที่มีชื่อเสียงของประเทศไทย กลับเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่น่าสนใจของประเทศ ซึ่งจะช่วยดึงดูดนักท่องเที่ยวทั้งภายในและต่างประเทศให้มาท่องเที่ยวถ้ำในประเทศไทยมากขึ้น ทั้งยังเป็นการนำเสนอสถานที่ท่องเที่ยวทางธรรมชาติที่สวยงามของประเทศไทย ซึ่งยังไม่ได้ถูกสำรวจ นอกจากนี้ยังเป็นการรักษาสถาปัตยกรรมทางธรรมชาติของประเทศไม่ให้ถูกทำลายจากบุคคล และยังช่วยให้ถ้ำกลายเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่ปลอดภัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงงานช่วยให้นักศึกษาได้ทดลองทำงานจริง ร่วมถึงการติดต่อกับองค์กรหน่วยงานต่างๆ และการทำงานเป็นกลุ่ม ตรงจุดนี้จะช่วยให้นักศึกษาสามารถออกไปทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ



รูปที่ 1.1 Flow Chart แสดงขั้นตอนการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 บทนำ

การออกแบบระบบไฟฟ้า หมายถึง การจัดการจ่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้าไปยังโครงการต่างๆ หรือการจ่ายจากจุดรับไฟฟ้าภายในโครงการไปยังอุปกรณ์ต่างๆภายในโครงการ

การออกแบบระบบไฟฟ้า ถือเป็นงานที่ต้องใช้ความรู้ในหลายเรื่อง และต้องใฝ่หาความรู้ใหม่ เพื่อประกอบการตัดสินใจในงานทั้งระบบของโครงการ โดยผู้ออกแบบต้องเป็นผู้ที่มีความรับผิดชอบต่องาน เพื่อให้งานที่ออกมาตรงตามมาตรฐาน ข้อกำหนดต่างๆ ได้อย่างถูกต้อง ซึ่งแต่ละประเทศย่อมไม่เหมือนกันเนื่องจากสภาพภูมิอากาศและสิ่งแวดล้อมของแต่ละประเทศ

2.1.1 ระบบแสงสว่างภายในถ้ำประดับเพชร ระบบแสงสว่างภายในถ้ำประดับเพชร เดิมนั่นไม่มีการติดตั้งระบบไฟฟ้าใดๆ เพราะเนื่องจากเป็นถ้ำที่เพิ่งสำรวจ โดยนักท่องเที่ยวส่วนใหญ่ที่เข้าไป จะใช้ไฟฉายเป็นแหล่งกำเนิดแสงสว่าง ซึ่งความสว่างนี้ได้รบกวนต่อสิ่งมีชีวิตภายในถ้ำ เช่น ค้างคาว แมลงต่างๆ และอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อนักท่องเที่ยว เนื่องจากการเดินเที่ยวที่ไม่สะดวก ทั้งยังเป็นการส่งเสริมทำให้ผู้ที่เข้าไปทำลายสถาปัตยกรรมภายในถ้ำ เพราะไม่มีระบบแสงสว่างที่จะทำให้ทราบว่าสถาปัตยกรรมต่างภายในถ้ำยังสมบูรณ์เหมือนเดิมหรือไม่ ดังนั้นการพัฒนาระบบแสงสว่างภายในถ้ำจึงสามารถกำจัดปัญหาที่เกิดขึ้นได้ตลอดจนยังสามารถควบคุมความสว่างภายในถ้ำให้เหมาะสม โดยยังคงนิเวศวิทยาภายในถ้ำให้ยังคงเป็นธรรมชาติ

ระบบแสงสว่างภายในถ้ำประดับเพชร แบ่งออกได้3 กลุ่ม

1. ระบบแสงสว่างทางเดิน
2. ระบบแสงสว่างตามชิ้นงาน
3. ระบบแสงสว่างฉุกเฉิน

2.1.1.1 ระบบแสงสว่างทางเดิน ระบบแสงสว่างทางเดินจะประกอบด้วยหลอดไฟชนิดคอมแพคฟลูออเรสเซ็นต์ ขนาด 5 วัตต์ ติดสลับฟันปลาตลอดทางเดิน โดยจะมีเซนต์เซอร์ลำแสง เป็นตัวควบคุมการเปิดปิดไฟของวงจร โดยตั้งเวลาติดและดับ ให้เหมาะสมกับขนาดในแต่ละส่วนของถ้ำ

2.1.1.2 ระบบแสงสว่างตามชิ้นงาน ในส่วนของระบบแสงสว่างแสดงชิ้นงาน จะมีการแบ่งออกตามจำนวนชิ้นงานที่จะทำการแสดง โดยจะเลือกชิ้นงานที่สวยงามและน่าสนใจขึ้นมาแสดง โดยภายในถ้ำประดับเพชรจะมีชิ้นงานที่น่าสนใจทั้งหมด14 แห่ง

1. สิงห์หมอบ
2. น้ำตกเพชร
3. พระปรางค์สองยอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ช้างสามเศียร
5. เจ้าแม่กวนอิม
6. โครงสร้างมนุษย์ร่างยักษ์
7. ช้างหมอบ
8. นางอาย
9. หินเพชร
10. ธารน้ำเพชร
11. ห้องประดับเพชร
12. ช้างน้อย
13. ห้องวิมารเมฆ
14. หินปะการัง

โดยแสงสว่างชิ้นงานจะใช้หลอดไฟIncandescent ขนาด100 w และ สำหรับชิ้นงานโครงสร้างมนุษย์ร่างยักษ์จะใช้หลอดไฟ Incandescent ขนาด120 w แทน นอกจากนี้แต่ละชิ้นงานยังใช้หลอดไฟ metal halide ขนาด 20 w โดยจะมีตำแหน่งและทิศทางในการติดตั้งหลอดไฟเพื่อให้ได้แสงสว่างที่สวยงามรวมทั้งระดับความสว่างที่สามารถควบคุมได้โดยโปรแกรมผ่าน Alllight box

2.1.1.3 ระบบแสงสว่างฉุกเฉิน ระบบไฟฟ้าฉุกเฉินนี้จะใช้หลอดไฟสำหรับไฟฉุกเฉิน เนื่องจากภายในถ้ำประดับเพชรมีจุดอันตรายหลายจุดดังนั้น การที่จะใช้หลอดไฟจากระบบไฟทางเดินที่ติดตั้งอยู่แล้วจะไม่เหมาะสม โดยในสภาวะปรกติระบบไฟฉุกเฉินจะได้รับไฟจากระบบปรกติ แต่เมื่อไฟจากการไฟฟ้าดับ ระบบไฟฟ้าฉุกเฉินก็จะรับไฟจากระบบไฟสำรอง ซึ่งการจัดทำระบบไฟฟ้าฉุกเฉินในแบบดังกล่าวจะช่วยให้สามารถเปิดไฟฉุกเฉินได้ ในกรณีที่เกิดอุบัติเหตุหรือเกิดเหตุฉุกเฉินที่ไม่ใช่ไฟจากการไฟฟ้าดับ และเมื่อไฟจากการไฟฟ้าดับระบบก็จะรับไฟจากระบบไฟสำรอง โดยในส่วนของระบบไฟฉุกเฉินนี้จะไม่สามารถควบคุมโดย เซนต์เซอร์ลำแสงหรือ รีโมทคอนโทรล

2.2 การออกแบบระบบไฟฟ้า

ระบบไฟฟ้าจะแบ่งออกเป็น 2 ระบบหลัก คือ

1. ระบบไฟฟ้ากำลัง
2. ระบบไฟฟ้าสื่อสาร

2.2.1 ระบบไฟฟ้ากำลังที่ผู้ออกแบบจะต้องรับผิดชอบได้แก่

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ระบบการขนส่งแนวดิ่ง (Vertical Transportation System)

2.2.2 ระบบไฟฟ้าสื่อสารที่ผู้ออกแบบจะต้องรับผิดชอบได้แก่

1. ระบบเสียง (Sound System)
2. ระบบโทรทัศน์วงจรปิด (Close Circuit TV System)
3. ระบบโทรศัพท์ (Telephone System)
4. ระบบสัญญาณเตือนอัคคีภัย (Fire Alarm System)
5. ระบบเสาอากาศโทรทัศน์รวม (Master Antenna TV System)
6. ระบบรักษาความปลอดภัย (Security System)
7. ระบบควบคุมอาคารอัตโนมัติ (Building Automatic System)

แบบระบบไฟฟ้าที่ดี

แบบของระบบไฟฟ้าที่ดีนั้นจะต้องได้ตามข้อกำหนดดังต่อไปนี้

2.2.3 ความปลอดภัย (Safety) ระบบไฟฟ้ากำลังที่ออกแบบต้องให้ความปลอดภัยอย่างสูงต่อผู้ปฏิบัติงาน ต่ออุปกรณ์ไฟฟ้า และต่อสถานที่ โดยผู้ออกแบบต้องปฏิบัติตามมาตรฐานของประเทศ และข้อกำหนดการออกแบบของท้องถิ่นด้วย ในด้านการออกแบบการติดตั้งวัสดุ การเลือกอุปกรณ์ที่ใช้และการจัดอุปกรณ์ป้องกัน โดยวิศวกรผู้ออกแบบจะต้องรู้ถึงสถานที่ที่จะออกแบบ ขั้นตอนการปฏิบัติงาน เพื่อให้สารถออกแบบระบบไฟฟ้าได้อย่างปลอดภัย และถูกต้องตามมาตรฐาน

2.2.4 ค่าลงทุนเริ่มแรกที่ต่ำที่สุด (Minimum Initial Investment) งบประมาณของเจ้าของโครงการ เป็นตัวกำหนดที่สำคัญที่จะทำให้วิศวกร เลือกระบบและอุปกรณ์จ่างๆ ภายในโครงการ แต่ในที่นี้ต้องปลอดภัยและได้ตามมาตรฐาน

2.2.5 ระบบไฟฟ้าต้องสามารถจ่ายไฟฟ้าอย่างต่อเนื่อง (Maximum Service Continuity) ระดับความต้องการไฟฟ้าอย่างต่อเนื่อง และความน่าเชื่อถือของระบบถือของระบบนั้นขึ้นกับชนิดของโหลด สถานประกอบการ และกระบวนการผลิตเราสามารถทำให้มีการจ่ายไฟฟ้าอย่างต่อเนื่องได้ดีขึ้นและมีความเชื่อถือได้สูงขึ้น โดย

1. จัดให้มีแหล่งจ่ายไฟฟ้ากำลังจากหลายแหล่ง
2. จัดให้มีเส้นทางการต่อโหลด ไฟฟ้าได้หลายทางมากขึ้น
3. จัดหาแหล่งที่มีแหล่งกำเนิดไฟฟ้าของตนเอง เช่น มีชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรอง แบตเตอร์รี่สำหรับจ่ายระบบไฟฟ้า ระบบ UPS
4. เลือกอุปกรณ์ไฟฟ้าและตัวนำไฟฟ้าที่มีคุณภาพสูง
5. เลือกใช้วิธีติดตั้งที่ดีที่สุด เช่นสายไฟควรร้อยในท่อ

2.2.6 ระบบไฟฟ้าจะต้องมีความคล่องตัวสูงและสามารถขยายโหลดได้ (Maximum Flexibility Expandability) เนื่องจากสถานประกอบการส่วนมากจะมีการใช้ไฟฟ้าอย่างต่อเนื่อง ระบบจ่ายไฟฟ้าต้องสามรถรองรับการเปลี่ยนแปลงนี้ได้นอกจากนี้ผู้ออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะต้อง เผื่อระบบไฟฟ้าสำรองรับการขยายโหลดในอนาคต โดยอาจจะเพิ่มขนาดหม้อแปลง เพิ่มสายไฟ หรืออุปกรณ์ป้องกัน

2.2.7 ประสิทธิภาพทางไฟฟ้าสูงสุด (Maximum Electrical Efficiency) ระบบไฟฟ้าจะทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพนั้นอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ในระบบต้องมีความสูญเสียน้อยที่สุด ดังนั้นผู้ออกแบบจะต้องเลือกใช้อุปกรณ์ที่ดี แม้ว่าอุปกรณ์ดังกล่าวจะมีค่าเริ่มต้นสูง แต่เมื่อเวลาผ่านไปซักระยะจะคุ้มทุน

2.2.8 ค่าบำรุงรักษาที่ต่ำที่สุด (Minimum Maintenance Cost) ในระบบไฟฟ้านั้นยิ่งมีการจ่ายไฟฟ้าต่อเนื่อง และสามารถปรับสภาพต่างๆได้มากเท่าไร ราคาในการบำรุงรักษาก็จะมากตามไปด้วย ดังนั้นในระบบไฟฟ้าจึงควรออกแบบให้มีวงจรไฟฟ้าช่วยหมุนเวียนกันจ่ายกำลังไฟฟ้าให้แก่อุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ เพื่อที่จะสามารถบำรุงรักษาเครื่องหนึ่งในขณะที่ใช้งานอีกเครื่องหนึ่ง

2.2.9 คุณภาพกำลังไฟฟ้าสูงสุด (Maximum Power Quantity) เช่น แรงดันไฟฟ้าต้องสม่ำเสมอ กระแสและแรงดันมีฮาร์โมนิกน้อย ผู้ออกแบบต้องคำนึงถึงตรงนี้เสมอในขณะที่ทำการออกแบบระบบไฟฟ้าโดยวัตถุประสงค์ต่างๆเหล่านี้อาจจะมีความสัมพันธ์กันหรือขัดแย้งกันในบางหัวข้อ ยิ่งเราออกแบบให้ระบบมีคุณภาพ ค่าลงทุนแรกเริ่มหรือค่าการบำรุงรักษาก็จะเมขึ้น ดังนั้นผู้ออกแบบควรพิจารณาถึงปัจจัยพื้นฐาน ชนิดอุปกรณ์ที่ใช้และโหลดต่างๆ ว่าควรใช้ขนาดเท่าไร ชนิดใดจึงเหมาะสม

2.2.10 มาตรฐานทางไฟฟ้า ในการออกแบบระบบไฟฟ้านั้น จะต้องออกแบบตามมาตรฐานและข้อกำหนดต่างๆ ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 อย่าง

- มาตรฐานอุปกรณ์ไฟฟ้า
- มาตรฐานการติดตั้งระบบและอุปกรณ์ไฟฟ้า

ซึ่งมาตรฐานแต่ละอย่างยังแบ่งออกได้อีกเป็น 2 อย่าง คือ

- มาตรฐานประจำชาติ (National Standard)
- มาตรฐานสากล (International Standard)

2.2.10.1 มาตรฐานประจำชาติ (National Standard) มาตรฐานประจำชาติของแต่ละประเทศ ต่างกำหนดขึ้นมาเพื่อใช้ภายในประเทศตนเอง เพื่อให้มาตรฐานสอดคล้องกับสภาพภูมิอากาศ สภาพแวดล้อมและตรงกับวิธีการปฏิบัติงานของประเทศตนเอง มาตรฐานประจำชาติที่สำคัญ ได้แก่

- ANSI (American National Standard Institute)
- JIS (Japanese Industrial Standard)
- CEI (Comitato Elettrotecnico Italians)
- DIN (Deutsches Institute fur Normung)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.10.2 มาตรฐานสากล (International Standard) มาตรฐานสากลเป็นมาตรฐานที่มีสมาชิกอยู่หลายประเทศ เช่น มาตรฐาน

- ISO (International Electrotechnical Commission) มีหน้าที่กำหนดมาตรฐาน ทั่วไปทางวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี
- IEC (International Electrotechnical Commission) เป็นองค์กรความร่วมมือ ระหว่างประเทศที่ร่างมาตรฐานทางไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์
- EN (European Standard) มีหน้าที่กำหนดมาตรฐานทางไฟฟ้าของยุโรป

สำหรับประเทศไทยในอดีตใช้วิธีแปลและเรียบเรียงตามมาตรฐาน IEC แต่ในขณะนี้ได้นำมาตรฐาน IEC ทั้งฉบับซึ่งเขียนเป็นภาษาอังกฤษมาใช้ มาเป็นมาตรฐานของประเทศไทยเลย

2.2.10.3 มาตรฐานอุปกรณ์ไฟฟ้า อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้มีมากมาย ส่วนมากจะมีมาตรฐานควบคุมคุณภาพอยู่แล้ว โดยมาตรฐานที่นิยมใช้มากคือมาตรฐานของ IEC ดังนั้นผู้ออกแบบระบบไฟฟ้าในประเทศไทย ควรใช้ข้อกำหนด (Specification) ของอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ เป็นมาตรฐาน IEC และมาตรฐานไทย (มอก.) เป็นหลัก ยกเว้นอุปกรณ์นั้นๆไม่มีในมาตรฐาน IEC และมาตรฐานไทย (มอก.)

2.2.10.4 มาตรฐานการติดตั้งระบบและอุปกรณ์ไฟฟ้า อาจแบ่งได้เป็น

- มาตรฐานต่างประเทศ
- มาตรฐานสากล
- มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย

2.2.10.4.1 มาตรฐานต่างประเทศ มาตรฐานต่างประเทศที่นิยมใช้กันมากในประเทศไทย คือ NEC (National Electrical Code) ซึ่งเป็นมาตรฐานการติดตั้งระบบและอุปกรณ์ไฟฟ้าของอเมริกาถึงแม้ว่าจะเป็นมาตรฐานที่ดีมาก แต่เนื่องจากระบบ และมิติแตกต่างจากประเทศไทย จึงใช้ในประเทศไทยไม่ได้

2.2.10.4.2 มาตรฐานสากล มาตรฐานสากลในการติดตั้งระบบอุปกรณ์ไฟฟ้าเป็นมาตรฐานที่เป็นสากลเพราะได้มีการรวมทั้งมาตรฐาน NEC และมาตรฐานยุโรปมาเป็นตัวอย่างในการร่าง และได้มีการปรับปรุงตลอดเวลาเพื่อให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้นเราเรียกมาตรฐานนี้ว่า IEC (International Electrotechnical Commission)

2.2.10.4.3 มาตรฐานการติดตั้งระบบและอุปกรณ์สำหรับประเทศไทย การติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทยนั้น ในอดีตการไฟฟ้านครหลวง(กฟน.) และการไฟฟ้าภูมิภาค(กฟภ.) มีมาตรฐานเป็นของตัวเอง ทำให้ผู้ออกแบบระบบไฟฟ้า และผู้ติดตั้งระบบและอุปกรณ์เกิดความสับสน ด้วยเหตุนี้สภาวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย(วสท.) ได้จัดทำมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย เพื่อให้ทั้งประเทศมีมาตรฐานเรื่องการติดตั้งทางไฟฟ้าเพียงฉบับเดียว มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้า สำหรับประเทศไทยฉบับใหม่นี้ เนื้อหาส่วนมากจะแปลและเรียบเรียงมาจาก National Electrical Code (NEC) และก็มีความพยายามที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะนำมาตรฐานของ IEC มาใช้ด้วย โดยเฉพาะส่วนของอุปกรณ์ไฟฟ้า เช่น เซอร์กิตเบรกเกอร์ จะต้องได้มาตรฐาน IEC 60898 และ IEC 60947-2 เป็นต้น

2.2.11 ระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้า ในการผลิตและส่งจ่ายกำลังไฟฟ้านั้นเริ่มต้นจากการผลิตกำลังไฟฟ้าซึ่งสามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้ที่ระดับแรงดันประมาณ 10-20 kV ด้วยปัญหาด้านฉนวนจึงไม่สามารถที่จะสร้างแรงดันให้สูงกว่านี้ได้ แต่การส่งกำลังไฟฟ้าในระยะทางไกลให้ได้ประสิทธิสูงขึ้น จะต้องทำการแปลงระดับแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าให้สูงขึ้นที่สถานีแปลงแรงดัน จากนั้นกำลังไฟฟ้าจะถูกส่งไปยังผู้ใช้ไฟฟ้าจะต้องทำการแปลงระดับแรงดันลงที่หม้อแปลงจำหน่าย ให้ระดับแรงดันต่ำลง เพื่อจ่ายไฟฟ้าให้แก่บริภัณฑ์ต่างๆ

2.2.12 ระบบไฟฟ้ากำลัง ระบบไฟฟ้ากำลังหมายถึง ระบบที่ประกอบด้วยระบบผลิต ระบบส่งจ่าย ระบบการจำหน่าย และระบบการใช้กำลังไฟฟ้า

1. ระบบการผลิต (Generating System) หมายถึง ระบบที่มีการเปลี่ยนแปลงพลังงานรูปอื่นๆมาเป็นพลังงานไฟฟ้า เช่น เปลี่ยนจากพลังงานศักย์ของน้ำ
2. ระบบการส่ง (Transmission System) หมายถึง ระบบการส่งกำลังไฟฟ้าจากระบบการผลิตไปยังระบบการจำหน่าย เพื่อจำหน่ายกำลังไฟฟ้าต่อไป โดยจะทำการส่งกำลังไฟฟ้าในระดับกำลังไฟฟ้าแรงสูง
3. ระบบการจำหน่าย (Distribution System) หมายถึง ระบบไฟฟ้าที่รับกำลังไฟฟ้าจากระบบส่งแล้วทำการลดระดับแรงลงจากระดับแรงดันสูงให้เป็นระดับปานกลาง ที่สถานีจำหน่ายไฟฟ้าย่อย เพื่อส่งกำลังไฟฟ้าให้กับระบบใช้ไฟฟ้ากำลังต่อไป
4. ระบบการใช้กำลังไฟฟ้า (Utilization System) หมายถึง ระบบไฟฟ้าที่รับกำลังจากระบบการจำหน่ายที่มีระดับแรงดันสูงเป็นแรงดันปานกลางแล้วทำการลดให้เป็นระดับแรงดันต่ำ เพื่อจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับบริภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้า

2.2.13 การส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าในประเทศไทย สำหรับประเทศไทยในขณะนี้การผลิตและการส่งจ่ายกำลังไฟฟ้านั้น ดำเนินงานโดยหน่วยงานซึ่งเป็นรัฐวิสาหกิจ 3 แห่ง คือ แต่ละแห่งก็รับผิดชอบแตกต่างกันดังนี้

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

2.2.14 การไฟฟ้านครหลวง การไฟฟ้านครหลวง มีหน้าที่บริการจำหน่ายกระแสไฟฟ้าในเขต 3 จังหวัด ได้แก่ กรุงเทพมหานคร สมุทรปราการ และ นนทบุรี โดยการไฟฟ้านครหลวงจะรับซื้อมาจาก การไฟฟ้าผลิตแห่งประเทศไทย การไฟฟ้านครหลวง มีการใช้ไฟฟ้ามากจึงจำเป็นต้องมีการส่งกำลังไฟฟ้าอย่างมีระบบ จึงจำแนกการส่งกำลังไฟฟ้าออกเป็น 3 ระบบ ดังนี้คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ระบบการส่งกำลังแรงดันสูง 230 kV, 115 kV และ 69 kV
- ระบบการจำหน่าย 24 kV, 12 kV โดยในอนาคต จะมีการเปลี่ยนแปลงเป็น 22kv ทั้งหมด
- ระบบการใช้กำลังไฟฟ้า โดยหม้อแปลงจะแปลงจาก 24 kV, 12kV ไปเป็นแรงดัน 416/240 แบบ 3 เฟส 4 สาย

2.2.15 การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคมีหน้าที่ในการจัดหา และจำหน่ายไฟฟ้าให้ทุกจังหวัดของประเทศไทย โดยไม่รวมกรุงเทพมหานครฯ นนทบุรี และสมุทรปราการ เรื่องแหล่งพลังงานมีทั้ง ผลิตเอง ซื้อจาการไฟฟ้าฝ่ายผลิต ซื้อจาการไฟฟ้านครหลวง ซื้อจากการพลังงานแห่งชาติ

2.2.15.1 ระบบการจำหน่ายแรงดันปานกลาง

- ระบบแรงดัน 22 kV ทุกจังหวัดยกเว้น ภาคใต้ ใช้ระบบนี้
- ระบบแรงดัน 33 kV ใช้ในภาคใต้ ตั้งแต่ระนองลงไป

2.2.15.2 ระบบการจำหน่ายแรงดันต่ำ การจำหน่ายระบบแรงดันต่ำก็มีอยู่ด้วยกัน 2 ระบบดังนี้

- ระบบการจำหน่ายแรงดันต่ำ 1เฟส 2สาย 230V และ 1เฟส 3สาย 460/230V
- ระบบการจำหน่ายแรงดันต่ำ 3เฟส 4สาย ระบบนี้มีแรงดันมาตรฐานคือ 400/230V

2.2.16 การจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับผู้ใช้ไฟฟ้า การจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับผู้ใช้ไฟฟ้า จะพิจารณาสถานประกอบการ ถ้าใช้โหลดน้อยกว่า 300 KVA ก็จะจ่ายไฟฟ้าแรงดันต่ำ (Low Voltage) ถ้าโหลดตั้งแต่ 300 KVAขึ้นไป การไฟฟ้าจะจ่ายระบบแรงดันปานกลาง (Medium Voltage) สำหรับสถานประกอบการที่ใช้ปริมาณการใช้ไฟฟ้าสูงมากๆ การไฟฟ้าก็จะจ่ายกำลังไฟฟ้าแรงดันสูง (High Voltage) ให้ ลักษณะการจ่ายไฟฟ้าระหว่างการไฟฟ้ากับผู้ใช้ไฟฟ้า

แรงดันต่ำ ในกรณีที่การไฟฟ้าจ่ายไฟฟ้าให้กับผู้ไฟฟ้าในระบบแรงดันต่ำโดยจะมีมิเตอร์เป็นตัวแบ่งแยกทรัพย์สินระหว่างการไฟฟ้า กับ ผู้ใช้ไฟฟ้า

แรงดันปานกลาง ในกรณีการไฟฟ้าจ่ายไฟฟ้าให้กับผู้ใช้ไฟในระบบแรงดันปานกลางนั้น ระบบจ่ายไฟฟ้าให้กับผู้ไฟฟ้าจะขึ้นอยู่กับการไฟฟ้าของแต่ละพื้นที่ และระบบของสถานประกอบการ สามารถแบ่งออกได้ 3 กรณี

- ผู้ใช้ไฟฟ้ารับไฟฟ้าด้วยสายอากาศ จากสายป้อนอากาศของการไฟฟ้า
- ผู้ใช้ไฟฟ้ารับไฟฟ้าด้วยสายไฟฟ้าใต้ดิน จากสายป้อนอากาศของการไฟฟ้า
- ผู้ใช้ไฟฟ้ารับไฟฟ้าด้วยสายไฟฟ้าใต้ดิน จากสายป้อนใต้ดินของการไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณีที่ผู้ใช้ไฟฟ้ารับไฟฟ้าด้วยสายอากาศ จากสายป้อนอากาศของการไฟฟ้า ทางการไฟฟ้าจะจ่ายสายป้อนให้เพียง1สายป้อน เท่านั้น ยกเว้นอาคารที่มีความสำคัญจะจ่ายให้ 2 สายป้อน

สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้ารับไฟฟ้าด้วยสายไฟฟ้าใต้ดิน จากสายป้อนอากาศของการไฟฟ้า การจ่ายระบบนี้ การไฟฟ้าจะเป็นเหนือ ส่วนสถานประกอบการจะใช้สายใต้ดินเพื่อไปยังสถานีไฟฟ้าย่อยที่ติดตั้งภายในอาคาร

สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้ารับไฟฟ้าด้วยสายไฟฟ้าใต้ดิน จากสายป้อนใต้ดินของการไฟฟ้า การจ่ายไฟฟ้าแบบนี้จะใช้เมื่อได้รับไฟฟ้ามาจากสายป้อนใต้ดินของการไฟฟ้า

2.2.17 เครื่องกำหนดไฟฟ้าสำรอง (Standby Generator) ชุดเครื่องกำหนดไฟฟ้า คือ บริภัณฑ์ทางด้านเครื่องกล-ไฟฟ้า ที่แปลงพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้า เพื่อจ่ายไฟฟ้าให้โหลดเมื่อระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้าเกิดการขัดข้อง หรือต่อขนานเข้ากับระบบไฟฟ้าเพื่อจ่ายโหลดร่วมกับการไฟฟ้า ชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีส่วนประกอบสำคัญคือ

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

2.2.17.1 เครื่องต้นกำลัง (Engine Prime Mover) เครื่องต้นกำลัง คือ เครื่องยนต์ที่ผลิตพลังงานกลเพื่อนำไปฉุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ให้สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าไปจ่ายโหลดได้ตามที่ต้องการ โดยเครื่องต้นกำลังที่ใช้ในชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรองมีอยู่หลายชนิด

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

2.2.17.2 เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Alternator) เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้ทั่วไป เป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับซึ่งมีส่วนประกอบที่สำคัญดังนี้

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

2.2.17.3 สวิตช์สับเปลี่ยน (Transfer Switch) สวิตช์สับเปลี่ยนที่ใช้สำหรับการสับเปลี่ยนโหลด จากแหล่งจ่ายไฟปรกติ (Normal Source) ไปยังชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหรือกลับกัน สวิตช์สับเปลี่ยนอาจแบ่งได้เป็น 2ชนิด คือ

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 Circuit Breaker

Circuit breaker หมายถึง เป็นบริภัณฑ์ไฟฟ้าที่ทำหน้าที่เป็นสวิตช์สำหรับเปิดและปิดวงจรไฟฟ้า กรณีที่อยู่ในสภาวะปกติ และสามารถเปิดวงจรออกโดยอัตโนมัติ เมื่อเกิดภาวะผิดปกติขึ้นอันเนื่องจากการใช้กำลังเกิน หรือการลัดวงจร ทำให้มีกระแสไหลผ่าน เกินกว่าค่าที่กำหนด โดยไม่มีความเสียหายเกิดขึ้น หลังจากที่ทำการแก้ไขสิ่งผิดปกติแล้วก็สามารถที่จะสับไฟฟ้าเข้าสู่ระบบได้ปกติ Circuit Breaker จะมีลักษณะการใช้งานอยู่สองลักษณะใหญ่ๆ คือ

1. การใช้งานในระบบไฟฟ้าแรงดันต่ำ (น้อยกว่า 1000 Volt)
2. การใช้งานในระบบไฟฟ้าแรงดันสูง (มากกว่า 1000 Volt)

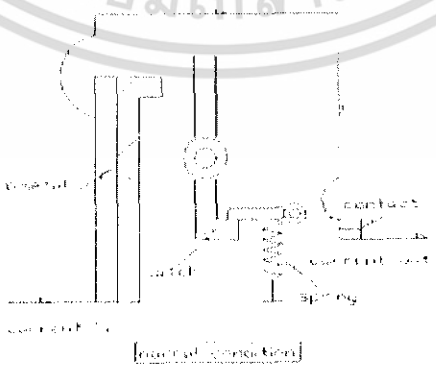
ในโครงงานนี้จะพูดถึง Circuit Breaker แบบแรงต่ำเท่านั้น

2.3.1 Circuit Breaker ไฟฟ้าแรงดันต่ำ ในระบบไฟฟ้าแรงดันต่ำนั้น Circuit Breaker จะใช้กันอยู่ประมาณสามชนิดด้วยกันได้แก่

1. Molded case circuit breaker (MCCB)
2. AIR circuit breaker
3. Miniature circuit breaker

2.3.1.1 molded case circuit breaker (MCCB) หมายถึง breaker ที่ถูกห่อหุ้มมิดชิดโดย mold 2 ส่วน มักทำด้วย phenolic ซึ่งเป็นฉนวนไฟฟ้าสามารถทนแรงดันใช้งานได้ breaker แบบนี้ มีหน้าที่หลัก 2 ประการคือทำหน้าที่เป็นสวิทช์เปิด-ปิดด้วยมือ และเปิดวงจรโดยอัตโนมัติ เมื่อมีกระแสไหลเกิน หรือเกิดลัดวงจร โดย breaker จะอยู่ในภาวะ trip ซึ่งอยู่กึ่งกลางระหว่างตำแหน่ง ON และ OFF เราสามารถ reset ใหม่ได้โดย กดคันโยกให้อยู่ ในตำแหน่ง OFF เสียก่อน แล้วค่อยโยกไปตำแหน่ง ON การทำงานแบบนี้เรียกว่า quick make , quick break ลักษณะของ molded case circuit breaker ที่พบบ่อยในท้องตลาดมี 2 ประเภทคือ

1. Thermal magnetic CB.
2. Solid state trip CB.



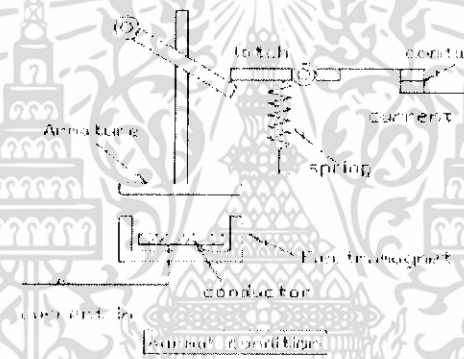
รูปที่ 2.1 ลักษณะการทำงานของ Thermal unit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1.1.1 Thermal magnetic molded case circuit breaker โดย Circuit Breaker แบบนี้มีส่วนประกอบสำคัญ 2 ส่วนคือ

2.3.1.1.1.1 Thermal unit ใช้สำหรับปลดวงจรเมื่อมีกระแสไหลเกินอันเนื่องมาจากการใช้โหลดมากเกินไป ลักษณะการทำงานดูได้จากรูปที่ 2.1 คือเมื่อมีกระแสเกินไหลผ่านโลหะ bimetal (เป็นโลหะ 2 ชนิด ที่มีสัมประสิทธิ์ ทางความร้อน ไม่เท่ากัน) จะทำให้ bimetal โก่งตัว ไปปลดอุปกรณ์ทางกล และทำให้ CB. ตัดวงจร เรียกว่าเกิดการ trip การปลดวงจรแบบนี้ต้องอาศัยเวลาพอสมควร ขึ้นอยู่กับกระแสขณะนั้น และความร้อน ที่เกิดขึ้นจนทำให้ bimetal โก่งตัว

2.3.1.1.1.2 Magnetic unit ใช้สำหรับปลดวงจรเมื่อเกิดกระแสลัดวงจรหรือมีกระแสค่าสูงๆ ประมาณ 8-10 เท่าขึ้นไป ไหลผ่าน กระแสจำนวนมากจะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กความเข้มสูง ดึงให้อุปกรณ์การปลดวงจรทำงานได้ การตัดวงจรแบบนี้เร็วกว่าแบบแรกมาก โอกาสที่ breaker จะชำรุดจากการตัดวงจรจึงมีน้อยกว่า ลักษณะการทำงานดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ลักษณะการทำงานของ Magnetic unit

รูปที่ 2.3 Diagram ของ Electronic Trip CB.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1.1.1.3 Solid state trip or Electronic trip molded case circuit breaker เป็น Breaker ชนิดหนึ่งที่มีอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทำหน้าที่วิเคราะห์กระแสเพื่อสั่งปลดวงจร จากรูปที่ 2.3 จะเห็นว่ามี CT อยู่ภายในตัว breaker ทำหน้าที่ แปลงกระแส ให้ต่ำลง ตามอัตราส่วนของ CT และมี microprocessor คอยวิเคราะห์กระแส หากมีค่าเกินกว่าที่กำหนด จะสั่งให้ tripping coil ซึ่งหมายถึง soliniod coil ดึงอุปกรณ์ทางกลให้ CB. ปลดวงจร ที่ด้านหน้าของ breaker ชนิดนี้จะมีปุ่มปรับค่ากระแสปลดวงจร , เวลาปลดวงจร และอื่นๆ นอกจากนี้ยังสามารถติดตั้ง อุปกรณ์เสริมที่เรียกว่า amp meter & fault indicator ซึ่งสามารถแสดงสาเหตุการ fault ของวงจรและค่ากระแสได้ ทำให้ทราบสาเหตุของการปลดวงจรได้ การวิเคราะห์กระแสของ Electronic trip CB. มี 2 วิธีคือ

1. Peak sensing เป็นการบันทึกค่ากระแสสูงสุด (Ipk) ที่ไหลผ่าน breaker แล้วนำมาคำนวณหากระแส RMS แต่วิธีนี้จะวัดได้ถูกต้อง เมื่อสัญญาณคลื่นกระแสเป็น sinusoidal เท่านั้น
2. True RMS sensing วิธีนี้ใช้การ sampling สัญญาณของกระแสที่ไหลผ่าน breaker เป็นช่วงๆ เพื่อหาค่า RMS ในแต่ละช่วงแล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย เป็นกระแส RMS ดังรูป ซึ่งสามารถนำไปใช้กับรูปคลื่นกระแสที่ไม่เป็น sinusoidal เช่นอุปกรณ์ที่ให้กำเนิด harmonic จำพวกเครื่องเชื่อมไฟฟ้า, มอเตอร์, converter เป็นต้น

2.3.1.2 Air circuit breaker (ACB) เป็น breaker ที่ใช้กับแรงดันน้อยกว่า 1000 volt มีขนาดใหญ่ใช้เป็น main CB. โดยทั่วไปมีพิกัดกระแสตั้งแต่ 225 ถึง 6300 A และมี interrupting capacity สูงตั้งแต่ 35 ถึง150 KA โครงสร้างทั่วไปทำด้วยเหล็กมีช่องดับอาร์ค (Arcing chamber) ที่ใหญ่โตแข็งแรงเพื่อให้สามารถรับกระแสลัดวงจรจำนวนมากได้ Air CB. ที่มีขายในท้องตลาด มักใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ตรวจจับ และวิเคราะห์กระแสเพื่อสั่งปลดวงจร ส่วนประกอบที่สำคัญของ Air CB. ได้แก่

- Arc chute cover เป็นฝาครอบ arc chute
- Auxiliary terminal shield
- Auxiliaries connection block
- Fixed integral enclosure
- Safety shutters ม่านกั้น contact ซึ่งเป็นส่วนที่ติดอยู่กับฐานของ breaker (fixed portion) แบบ draw out จะปิดอัตโนมัติ เมื่อ contact ถูกแยกออกจากกัน
- Arc chute เป็นช่องดับอาร์ค ติดตั้งไว้บริเวณหน้าสัมผัสของ breaker
- Remote control voltage release ทำหน้าที่ควบคุมการปลด-สับ breaker โดยจะสั่งปลดหน้าสัมผัส ถ้าแรงดันที่ release ได้รับจากแหล่งจ่ายมีค่าต่ำกว่า rated voltage ระหว่าง 35% - 70% ถ้า voltage release ไม่ได้รับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงดันที่ถูกต้อง จะไม่สามารถสั่งสับ breakerได้ จนกว่าแรงดันที่ได้รับจะมีค่าตั้งแต่ 85% ของ rated voltage ขึ้นไป และเพื่อป้องกัน breaker trip จากภาวะ transients ที่อาจทำให้แรงดันตกชั่วขณะ ก็จะมีการติดตั้ง time delay ไว้ภายใน (built-in time delay)

- Motor for electrical charging of stored energy mechanism ติดตั้งเพิ่มเพื่อให้สามารถ charge สปริงแบบ manual ได้ด้วย ในชุดนี้ประกอบด้วย

1. gear motor
2. closing release
3. shunt release หรือ under voltage release
4. "springs charged" limit switch changeover contact

- Control unit ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของ breaker รวมทั้งสามารถปรับตั้งค่าต่างๆ ได้เช่น

1. short time protection
2. long time protection
3. earth fault protection เป็นต้น นอกจากนี้ยังใช้แสดงผลปริมาณทางไฟฟ้า เช่น กระแส, แรงดัน, เพาเวอร์แฟคเตอร์, กำลังไฟฟ้า หรือวัดกระแส fault ได้ด้วย

- Front cover เป็นฝาครอบด้านหน้าของ Air circuit breaker

Air CB. มี 2 ชนิดคือ Fixed type และ Draw out type

2.3.1.2.1 Fixed type เป็น breaker ชนิดยึดติดกับที่ ซึ่งที่จริงแล้วก็คือส่วนที่เคลื่อนที่ ของ breakerแบบ draw out โดยเพิ่มปีกโลหะ (fixing bracket) ประกบด้านข้างทั้ง 2 ด้าน

2.3.1.2.2 Draw out type เป็น breaker ชนิดชักออก ซึ่งติดตั้งบนฐานรางเลื่อน สามารถถอดเปลี่ยนหรือซ่อม ได้สะดวกรวดเร็ว breaker อีกชนิดหนึ่ง คือ direct current breaker มีใช้กับชนิด draw out เท่านั้น เพื่อขยายความสามารถการทนกระแสของ breaker

2.3.1.3 Miniature circuit breaker เป็น breaker ขนาดเล็ก ใช้ติดตั้งเป็นอุปกรณ์ป้องกันร่วมกับ แผงจ่ายไฟฟ้าย่อย (Load center) หรือ แผงจ่ายไฟฟ้าประจำห้องพักอาศัย (consumer unit) breaker ชนิดนี้ไม่สามารถปรับตั้ง ค่ากระแสตัดวงจรได้ มีทั้งแบบ 1 pole , 2 pole และ 3 pole อาศัยกลไกการปลดวงจรทั้งแบบ thermal และ magnetic พิกัดแรงดันของ breaker ชนิดนี้จะอยู่ที่ 240/415 Volt มี Ampere trip สูงสุด 100 A และมี interrupting capacity ตั้งแต่ 5 KA ขึ้นไป และเนื่องจากเป็น breaker ขนาดเล็กจึงมักใช้ป้องกันวงจรย่อยเช่น วงจรแสงสว่าง วงจรเต้ารับ หรือ
เครื่องใช้ไฟฟ้าขนาดเล็กทั่วไป นอกจากนี้ยังมีรุ่นที่สามารถป้องกันไฟฟ้าดูดได้ด้วย เรียกว่า Earth leakage circuit breaker (ELCB) เป็น miniature CB. ชนิดหนึ่งซึ่งมีอุปกรณ์เสริม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับตรวจจับกระแสว่า รั่วออกจากวงจรเกินกว่าค่าที่กำหนดหรือไม่ ถ้าเกินค่าที่ตั้งไว้ ก็จะสั่งปลดวงจร โดยกระแสรั่วไหลจะกำหนดตายตัว ไม่สามารถปรับตั้งได้เช่น 10 mA, 15 mA, 30 mA เป็นต้น ลักษณะการทำงานของ ELCB ดังรูปที่ 2.4

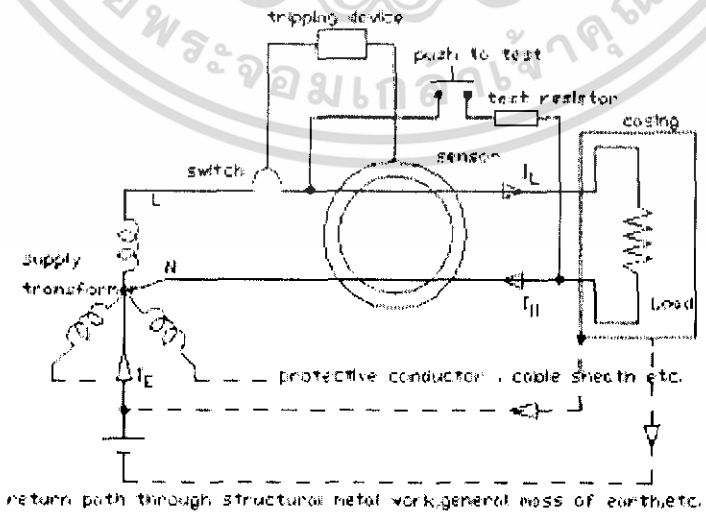
2.3.2 พิกัดกระแสและผลกระทบ มีหลายกรณีด้วยกันดังนี้

1. ผลกระทบจากความถี่ พิจารณาได้เป็น 2 กรณีคือ

- กรณี Thermal Unit ความถี่ไม่เกิน 50/60 Hz. ไม่จำเป็นต้องพิจารณา เนื่องจากมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่ากระแสน้อยมาก ความถี่เกินกว่า 50/60 Hz. จำเป็นต้องคิด โดยเฉพาะการใช้งานที่ความถี่สูงๆ หลายร้อย Hz. ซึ่งความถี่สูง จะมีผลให้ความสามารถ ในการนำกระแสลดลง
- กรณีของ Magnetic Unit เมื่อความถี่สูงเกินกว่า 50/60 Hz. กระแสที่ทำให้ magnetic unit ทำงานจะมีค่าสูงกว่าปกติ ทั้งสองกรณี สามารถศึกษาเพิ่มเติมได้จาก คู่มือหรือ catalog ของบริษัทนั้นๆ

2. ผลกระทบจากอุณหภูมิ พิจารณาได้เป็น 2 กรณีคือ

- กรณี Thermal-Magnetic Trip Molded case circuit breaker อุณหภูมิระหว่าง ลบ10 ถึง 24 องศาเซลเซียส breaker จะรับกระแสได้มากกว่าค่าที่ระบุบน name plate ทำให้การ trip ผิดพลาด นั่นคือเมื่อมีโหลดเกินพิกัด breaker จะไม่ปลดวงจร การนำ breakerไปใช้งานในที่ ที่มีอุณหภูมิต่ำต้องพิจารณาให้รอบคอบ อุณหภูมิระหว่าง 25 ถึง 40 องศาเซลเซียส กระแสพิกัดจะเป็นไปตามค่าที่ระบุบน name plate ของ breaker อุณหภูมิระหว่าง 41 ถึง 60 องศาเซลเซียส breaker ที่ทำงานอยู่ในช่วงอุณหภูมิดังกล่าวจะทำให้กระแสพิกัดลดลงจากค่าที่ระบุ บน name plate ซึ่งทำให้ breaker ปลดวงจรก่อนกำหนด



รูปที่ 2.4 วงจรการทำงานของ ELCB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

62574

- กรณีของ Magnetic Trip Molded case circuit breaker โดยทั่วไปแล้ว breaker แบบนี้สามารถทำงานได้ระหว่าง ลบ10 ถึง 60 องศาเซลเซียส ถ้าอุณหภูมิต่างไปจากนี้ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ก็อาจเสียหาย และทำให้ breaker ตัดวงจรผิดพลาดได้

3. ผลกระทบจากความสูงของพื้นที่ เมื่อนำเอา breaker แบบ Thermal-Magnetic Trip MCCB. ไปใช้ในพื้นที่ ที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเลมากๆ จะต้องทำการปรับตั้งค่า กระแสและแรงดันพิกัดใหม่ เนื่องจากพื้นที่ที่มีความสูงมากๆ ทำให้การระบายความร้อนยากขึ้น เพราะ breaker แบบนี้อาศัยอากาศเป็นตัวกลางช่วยดับอาร์ค เมื่อค่าไดอิเล็กตริกของอากาศลดลงตามความสูงที่เพิ่มขึ้น จึงทำให้กระแสและแรงดันพิกัดลดต่ำลงซึ่งสามารถดูได้จากตารางที่ 2.1

4. ผลกระทบจากการใช้กับไฟฟ้ากระแสตรง

- กรณี Thermal Unit ไม่มีผลกระทบแต่อย่างใด
- กรณีของ Magnetic Unit จะมีผลกระทบเนื่องจาก characteristic curve ของส่วน magnetic ใช้ค่า RMS ของไฟฟ้ากระแสสลับ การนำมาใช้กับไฟฟ้ากระแสตรง ต้องใช้ตัวคูณเพื่อแก้ค่าให้ถูกต้อง โดยปกติแล้วจะมีค่าสูงขึ้น

ตารางที่ 2.1 ค่าการเปรียบเทียบระหว่างความสูงกับกระแสและแรงดัน

Altitude Multiplier		
Altitude	current	voltage
0 - 6600 ft.	1	1
6600 - 8500 ft	.99	.95
8500 - 13000 ft	.96	.80
13000 - 30000+ ft.	.75	.40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3 พิกัดกระแสของ circuit breaker

2.3.3.1 Ampere Trip (AT) เป็นพิกัดกระแส handle rating ซึ่งบอกให้รู้ว่าสามารถทนกระแสใช้งานในภาวะปกติได้สูงสุดเท่าใด มักแสดงค่าไว้ที่ name plate หรือด้ามโยกของ breaker ซึ่งมาตรฐานของ NEC 1990 paragraph240-6 กำหนดดังนี้ 15 , 60 , 70 , 80 , 90 , 100 , 110 , 125 , 150 , 175 , 200 , 225 , 250 , 300 , 350 , 400 , 450 , 600 , 700 , 800 , 1000 , 1200 , 1600 , 2000 , 2500 , 3000 , 4000 , 5000 , 6000 A. ในกรณีที่ขนาดอุปกรณ์ของผู้ผลิตบางรายไม่มีค่าตรงกับค่าที่กำหนด ก็สามารถเลือกใช้ค่าที่สูงขึ้นไปแทนได้ สิ่งควรรู้เพิ่มเติมก็คือ พิกัดการทนกระแส ของ breaker ถูกแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคือ

1. standard circuit breaker ในที่นี้หมายถึงชนิด thermal magnetic ซึ่งถ้านำเอา breaker ชนิดนี้ไปใช้กับโหลดต่อเนื่อง จะปลดวงจรที่ 80 % ของพิกัดกระแส breaker
2. 100% rated circuit breaker แบบนี้ถ้านำไปใช้กับโหลดต่อเนื่อง จะตัดวงจรที่พิกัดกระแสของ breaker แต่จะมีเฉพาะสินค้าของอเมริกาเท่านั้น

2.3.3.2 Ampere Frame (AF) เป็นพิกัดกระแสโครง ซึ่งหมายถึงพิกัดการทนกระแสสูงสุดของ breaker ในรุ่นนั้นๆ Ampere Frame มีประโยชน์คือ สามารถเปลี่ยนพิกัด Ampere Trip ได้โดยที่ขนาด (มิติ) ของbreaker ยังคงเท่าเดิม ค่า AF ตามมาตรฐาน NEMA มีดังนี้ 50 , 100 , 225 , 250 , 400 , 600 , 800 , 1000 , 1200 , 1600 , 2000 , 2500 , 4000 , 5000 AF

2.3.3.3 Interrupting Capacity (IC) เป็นพิกัดการทนกระแสลัดวงจรสูงสุดโดยปลอดภัยของ breaker นั้นๆ โดยปกติกำหนดค่าการทนกระแสเป็น KA. ค่า IC จะบอกให้รู้ว่า breaker ที่ใช้นั้นมีความปลอดภัยมากน้อยเพียงใด การเลือกค่ากระแส IC จะต้องรู้ค่ากระแสลัดวงจร ณ. จุดนั้นๆ เสียก่อน ตามมาตรฐาน IEC947-2

2.4 แรงดันตก (Voltage Drop)

แรงดันตกเป็นปัญหาเมื่อมีการใช้สายไฟที่มีความยาวมากๆ ซึ่งมีผลกระทบต่ออุปกรณ์ไฟฟ้า เช่นหลอดไฟสว่างไม่เต็มที่ หรือไม่สามารถจุดหลอดได้กรณีที่เป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ใช้ starter ช่วยจุดหลอด, มอเตอร์ไม่มีแรงหมุนหรือไหม้ เป็นต้น ตามมาตรฐาน NEC กำหนดแรงดันตกดังนี้

1. แรงดันตกจากสายประธานจนถึงเครื่องใช้ไฟฟ้า (Load) ไม่เกิน 5%
2. แรงดันตกในสายป้อน (Feeder) ไม่เกิน 2%
3. แรงดันตกในวงจรย่อย ไม่เกิน 3%

การคำนวณค่าแรงดันตกในสายไฟให้อยู่ในเกณฑ์ที่มาตรฐานกำหนด ทำให้มั่นใจว่าสามารถใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้านั้นๆ ได้อย่างปลอดภัยและมีประสิทธิภาพ สูตรการคำนวณค่าแรงดันตก ทั้งสายป้อนและวงจรย่อย ใช้สูตรการคำนวณเหมือนกันคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1 การหาค่าแรงดันตกโดยสมการ

1. วงจร 3 เฟส

$$VD = \sqrt{3} \times I\left(R + jX_L\right) \times L \quad (2.1)$$

$$\%VD = \left(\frac{VD}{400}\right) \times 100\% \quad (2.2)$$

2. วงจร 1 เฟส

$$VD = 2 \times I(R + jX_L) \times L \quad (2.3)$$

$$\%VD = \left(\frac{VD}{230}\right) \times 100\% \quad (2.4)$$

โดยกำหนดให้

VD = Voltage Drop ; โวลต์

I = กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจร ; แอมแปร์

R = ความต้านทานเส้นเดียวของสายไฟฟ้า ; โอห์ม/เมตร

X_L = Reactance เส้นเดียวของสายไฟฟ้า ; โอห์ม/เมตร

L = ความยาวของสายไฟฟ้า ; เมตร

หมายเหตุ ความต้านทานที่ใช้เป็นความต้านทานกระแสสลับที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ส่วนรีแอกแตนซ์ขึ้นอยู่กับ การจัดสายและวิธีการเดินสาย ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 แสดงข้อมูลค่า R และ X ของสาย THW

ขนาดสาย ตร.มม	ความต้านทาน (โอห์ม/กม.)	รีแอกแตนซ์ในท่อโลหะ (โอห์ม/กม.)	รีแอกแตนซ์ในท่อโลหะ (โอห์ม/กม.)	รีแอกแตนซ์เดินลอยบน Rack (โอห์ม/กม.)
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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

2.4.2 การอ่านค่าจากชาร์ต การอ่านจากชาร์ต เป็นการนำค่าที่มาจากการคำนวณแล้วมาใช้ โดยความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้า, ขนาดสายไฟฟ้า, ความยาวสายไฟฟ้า, %แรงดันตก โดยข้อมูลที่ต้องรู้ในการอ่านค่าแรงดันตกคือ

- ระบบไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้า
- วิธีการเดินสาย
- ขนาดสายไฟฟ้าที่ใช้
- กระแสไฟฟ้าในวงจร เป็นแอมแปร์
- ความยาวของสายไฟฟ้าแต่ละขนาด

2.4.3 การหาค่าแรงดันตกด้วยการใช้ตาราง การหาค่าแรงดันตกโดยใช้ตารางมีส่วนของการคำนวณเข้ามาเล็กน้อย แต่เป็นการคำนวณที่ค่อนข้างสะดวก โดยค่าที่ใช้ในการคำนวณจะแบ่งเป็นกรณีระบบไฟฟ้า 1เฟส และระบบไฟฟ้าซึ่งสมการที่ใช้คำนวณจะแสดงค่าออกมาเป็นเปอร์เซ็นต์ของแรงดันตก

$$\%VD = \frac{(\%VD/A/100m) \times A \times L}{100} \quad (\%\text{โวลต์}) \qquad (2.5)$$

โดยข้อมูลที่ต้องทราบในการหาค่าจากตารางคือ

1. ระบบไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้า
2. ขนาดสายไฟฟ้าที่ใช้
3. ท่อร้อยสาย, ท่อโลหะ, อโลหะ

จากขั้นตอนการหาค่าแรงดันตกทั้ง 3 กรณีจะได้ค่าที่ออกมาใกล้เคียงกัน ค่าอาจคลาดเคลื่อนเล็กน้อยเนื่องจากการหาค่าจากการอ่านชาร์ตหรือ การดูค่าจากตาราง ค่าที่ได้จะเป็นค่าที่ปัด ดังนั้นจะได้ค่าที่คลาดเคลื่อนกันเล็กน้อย แต่ในทางปฏิบัติเป็นค่าที่สามารถยอมรับได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 สายไฟฟ้า

สายไฟฟ้ามีหน้าสำหรับนำพลังงานไฟฟ้า จากแหล่งจ่ายไฟไปยังบริภัณฑ์ไฟฟ้าต่างๆ ในปัจจุบันได้มีผู้ผลิตสายไฟฟ้าขึ้นมากมายหลายชนิด ตามความต้องการสำหรับการติดตั้งในระบบต่างๆ โดยคำนึงถึงความปลอดภัย ความเหมาะสมและความประหยัด สายไฟฟ้ามีส่วนประกอบที่สำคัญอยู่ 2 ส่วนคือ ตัวนำและฉนวน

1. ตัวนำของสายไฟฟ้าทำมาจากโลหะที่มีความนำไฟฟ้าสูง อาจเป็นตัวนำเดี่ยว (solid) หรือตัวนำตีเกลียว (strand) ที่นิยมได้แก่ ทองแดง และอลูมิเนียม ซึ่งมีข้อดี-ข้อเสีย ดังนี้

○ ทองแดง มีความนำไฟฟ้าสูงมาก แข็งแรง เหนียว ทนต่อการกัดกร่อนได้ดี ข้อเสียคือ น้ำหนักมาก ราคาแพง จึงไม่เหมาะกับงานแรงดันสูง แต่เหมาะกับงานทั่วไปโดยเฉพาะงานในอาคาร

○ อลูมิเนียม มีความนำไฟฟ้ารองจากทองแดง แต่เมื่อเทียบกรณีกระแสเท่ากันแล้ว อลูมิเนียมจะเบาและราคาถูกกว่า จึงเหมาะกับงานนอกอาคารและแรงดันสูง อลูมิเนียมถ้าทิ้งไว้ในอากาศ จะเกิดออกไซด์เป็นฉนวนฟิล์มบางๆ ป้องกันการสึกกร่อน แต่ทำให้การเชื่อมต่อทำได้ยาก

2. ฉนวน ทำหน้าที่ห่อหุ้มตัวนำ เพื่อป้องกันการสัมผัสโดยตรง ระหว่างตัวนำหรือตัวนำกับส่วนที่ต่อลงดิน ในระหว่างที่ตัวนำ นำกระแสไฟฟ้า จะเกิดพลังงานสูญเสีย ในรูปความร้อน ซึ่งจะถ่ายเทไปยังเนื้อฉนวน ความสามารถในการทนต่อความร้อน ของฉนวน จะเป็นตัวกำหนดความสามารถในการทน ความร้อนของสายไฟฟ้านั่นเอง การเลือกใช้ชนิดของฉนวน จะขึ้นกับอุณหภูมิใช้งาน แรงดันของระบบ และสภาพแวดล้อมในการติดตั้ง วัสดุที่นิยมใช้เป็น ฉนวนมากที่สุดในขณะนี้คือ Polyvinyl Chloride (PVC) และ Cross Linked Polyethylene (XLPE) การเปรียบเทียบคุณสมบัติของฉนวนแบบ PVC และ ฉนวนแบบ XLPE ดันในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ตารางเปรียบเทียบคุณสมบัติของฉนวน PVC และ XLPE

คุณสมบัติ	PVC	XLPE
พิกัดอุณหภูมิสูงสุดขณะใช้ (^{0}C)	70	90
พิกัดอุณหภูมิสูงสุดขณะลัดวงจร (^{0}C)	120	250
ค่าคงที่ไดอิเล็กตริก	6	2.4
ความหนาแน่น (g/cm^3)	1.4	0.92
ความนำความร้อน (cal/cm.sec^{0}c)	3.5	8
ความทนทานต่อแรงดึง (kg/mm^2)	2.5	3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประเภทขอบสายไฟฟ้าส่วนใหญ่แบ่งออกเป็นสองประเภทใหญ่ๆ คือ

1. สายไฟฟ้าที่ใช้ไฟฟ้าแรงดันต่ำ
2. สายไฟฟ้าที่ใช้ในไฟฟ้าแรงดันสูง

2.5.1 สายไฟฟ้าแรงดันต่ำ เป็นสายไฟฟ้าที่ใช้กับแรงดันไม่เกิน 750 V. เป็นสายไฟฟ้าหุ้มฉนวน ตัวนำทำด้วยทองแดงหรืออลูมิเนียม โดยทั่วไปเป็นสายทองแดงสายขนาดเล็กจะเป็นตัวนำเดี่ยว แต่สายขนาดใหญ่เป็นตัวนำตีเกลียว วัสดุฉนวนที่ใช้กับสายแรงดันต่ำคือ Polyvinyl Chloride (PVC) และ Cross-linked Polyethylene (XLPE) และสายไฟฟ้าแรงดันต่ำนี้มีอยู่หลายประเภทดังนี้

2.5.1.1 สายชนิด วีเอเอฟ (VAF) สายไฟตาม มอก.11-2531 ที่ตามท้องตลาดเรียกว่าสายชนิด วีเอเอฟ (VAF) เป็นสายชนิด ทนแรงดัน 300 V มีทั้งชนิดที่เป็นสายเดี่ยว สายคู่ และที่มีสายดินอยู่ด้วย ถ้าเป็นสายเดี่ยว จะเป็นสายกลม และถ้าเป็นชนิด 2 แกน หรือ 3 แกน จะเป็นสายแบน ตัวนำนอกจาก จะมีฉนวนหุ้ม แล้วยังมีเปลือกหุ้มอีกชั้นหนึ่ง สายคู่จะนิยมรัดด้วยเข็มขัดรัดสาย (Clip) ใช้ในบ้านอยู่อาศัยทั่วไป สายชนิดนี้ห้ามใช้ในวงจร 3 phase ที่มีแรงดัน 380 V เช่นกัน (ในระบบ 3 phase แต่แยกไปใช้งานเป็นแบบ 1 phase แรงดัน 220 V. จะใช้ได้) ลักษณะการใช้งานของสายไฟฟ้า VAF ดังในตารางที่ 2.4

2.5.1.2 สายชนิด ทีเอชดับเบิลยู (THW) สายไฟฟ้าตาม มอก.11-2531 ที่ในท้องตลาดนิยมเรียกว่า ทีเอชดับเบิลยู (THW) เป็นสาย ไฟฟ้าชนิดทนแรงดัน 750 V เป็นสายเดี่ยว นิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง โดยเฉพาะใน โรงงานอุตสาหกรรม เนื่องจากใช้ในวงจรไฟฟ้า 3 phase ได้ ปกติจะเดินร้อยในท่อร้อยสาย ชื่อ THW เป็นชื่อตามมาตรฐานอเมริกัน ซึ่งเป็นสายชนิดทนแรงดัน 600 V อุณหภูมิใช้งานที่ 75 องศาเซลเซียส แต่ในประเทศไทยนิยม เรียกสายที่ผลิตตาม มอก. 11 -2531 ว่า สาย THW เนื่องจากมีโครงสร้างคล้ายกัน และรู้กันทั่วไปในท้องตลาด

ตารางที่ 2.4 ลักษณะการใช้งานของสายไฟฟ้า VAF

สายกลม	สายแบน
เดินลอย	เดินเกาะผนัง
เดินเกาะผนัง เดินซ่อนในผนัง	เดินซ่อนในผนัง
เดินในช่องเดินสาย	ห้ามเดินในช่องเดินสาย
ห้ามเดินฝังโดยตรง	ห้ามฝังดินโดยตรง
หมายเหตุ การไฟฟ้านครหลวงยอมให้เดินร้อยท่อฝังดินได้ แต่ต้องป้องกันไม่ให้น้ำเข้าท่อและป้องกันไม่ให้สายมีโอกาสแช่น้ำ	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.1.3 สายชนิด เอ็นวายวาย (NYY) สายไฟฟ้าตาม มอก.11-2531 ตามท้องตลาดนิยมเรียกว่าสายชนิด เอ็นวายวาย (NYY) มีทั้งชนิดแกนเดียว และหลายแกน สายหลายแกน ก็จะเป็นสายชนิดกลมเช่นกัน สายชนิดนี้ทนแรงดันที่ 750 V. นิยมใช้อย่างกว้างขวางเช่นกัน เนื่องจากว่ามี ความทนต่อสภาพแวดล้อม เพราะมีเปลือกหุ้มอีกชั้นหนึ่ง บางทีเรียกว่าเป็นสายฉนวน 3 ชั้น ความจริงแล้ว สายชนิดนี้มีฉนวนชั้นเดียว อีกสองชั้นที่เหลือเป็นเปลือกเปลือกชั้นในทำหน้าที่เป็นแบบ (Form) ให้สายแต่ละแกนที่ดีเกลียวเข้าด้วยกัน มีลักษณะกลมแล้วจึงมีเปลือกนอกหุ้ม อีกชั้นหนึ่ง ทำหน้าที่ป้องกันความเสียหายทางกายภาพ

2.5.1.4 สายชนิด วีซีที (VCT) สายไฟฟ้าตาม มอก.11 - 2531 ตามท้องตลาดเรียกว่า สาย วีซีที (VCT) เป็นสายกลมมี ทั้งชนิดหนึ่งแกน 2 แกน 3 แกนและ 4 แกน ทนแรงดันที่ 750 V. มีฉนวนและเปลือกเช่นกัน มีข้อพิเศษกว่าก็คือ ตัวนำจะประกอบไปด้วยทองแดงฝอยเส้นเล็ก ๆ ทำให้มีข้อดีคือ อ่อนตัวและ ทนต่อสภาพการสั่นสะเทือนได้ดี เหมาะที่จะใช้เป็น สายเดินเข้าเครื่องจักร ที่มีการสั่นสะเทือนขณะใช้งาน สายชนิดนี้ ใช้งานได้ทั่วไปเหมือนสายชนิด NYY สาย VCT มีหลายแบบตามรูปทรงโดยแบ่งได้ทั้งแบบ VCT - GRD ซึ่งมี 2 แกน 3 แกนและ 4 แกน และมีสายดินเดินร่วมไปด้วยอีกเส้นหนึ่ง เพื่อให้เหมาะสำหรับใช้เครื่องอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต้องต่อลงดิน

2.5.1.5 สายไฟฟ้าชนิดนอกเหนือจากมาตรฐาน มอก. 11-2531

2.5.1.5.1 สายไฟฟ้าชนิด CV หรือ CVV นอกจากนี้ยังมีสายไฟฟ้าที่ไม่ได้ผลิตตามมาตรฐาน มอก. 11-2531 สายที่นิยมใช้งาน ได้อย่างกว้างขวางคือ สายที่ผลิตตามมาตรฐาน JIS C-3606 เป็นสายชนิดทนแรงดัน 600 V เป็นตัวนำทองแดง อุณหภูมิใช้งานของฉนวน 90 C^0 เรียกว่าสายไฟฟ้าชนิด CV ซึ่งมีขนาดกระแสสูงกว่าสายตาม มอก. 11-2531 ที่ขนาดเดียวกัน และวิธีการเดินสายเหมือนกัน เนื่องจากสายมีอุณหภูมิใช้งาน 90 C^0 ขั้วสายและเครื่องอุปกรณ์ที่สายชนิดนี้ต่ออยู่ ก็ต้องเป็นชนิดที่ออกแบบให้ใช้งานได้ 90 C^0 ด้วยเช่นกัน (หรือทำการลดค่าของกระแสของสายไฟฟ้าลงมา) สายชนิดนี้มีทั้งแกนเดียวและหลายแกน (Multi-Core) มีเปลือกนอก ฉนวนที่นิยมใช้ก็คือ XLPE เพื่อป้องกันความเสียหาย ทางกายภาพจึงใช้งานได้ทั่วไป รวมทั้งใช้เดินฝังดินโดยตรง

2.5.1.5.2 สายไฟฟ้าทนไฟ นอกจากนี้สายไฟฟ้าบางประเภทยังต้องสามารถทนไฟได้ตามประเภทงานที่ใช้งาน เนื่องจากสายปกติทั่วไปเปลือกหรือฉนวนทำมาจากวัสดุเช่น PVC หรือ XLPE เมื่อวัสดุเหล่านี้ถูกเพลิงไหม้อาจทำให้เกิดอันตรายร้ายแรงได้ เนื่องจากวัสดุเหล่านี้สามารถติดไฟได้ และจะลุกลามไปทั่วบริเวณทั้งตามช่องทางเดินสายไฟ นอกจากนี้ จะทำให้เกิดควันหนาแน่นและอากาศเป็นพิษกระจายอยู่ทั่วไป ทำให้คนหมดสติและเสียชีวิตในที่สุด เพื่อแก้ปัญหานี้สายไฟฟ้าทนไฟจึงต้องมีคุณสมบัติดังนี้

- ติดไฟยากและถ้าติดก็สามารถดับไฟเองได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- มีคุณสมบัติที่แสดงว่าภายใต้สถานการณ์ไฟไหม้ สายไฟยังสามารถจ่ายกระแสไฟได้ในช่วงเวลาหนึ่ง สายไฟฟ้าทนไฟควรใช้กับระบบและวงจรไฟฟ้าที่มีความสำคัญต่อความปลอดภัย

2.5.1.5.3 สายไฟเคเบิลชนิด MI ยังมีสายไฟฟ้าอีกชนิด เป็นสายเคเบิลเปลือกโลหะที่ตัวนำไฟฟ้าหุ้มด้วยฉนวนแร่ที่ผลิตจากโรงงานประกอบด้วยตัวนำเดี่ยวหรือมากกว่า มีฉนวนเป็นแร่ที่ถูกอัดแรงอย่างสูงและหุ้มด้วยปลอกทองแดงอย่างต่อเนื่อง ซึ่งป้องกันของเหลวและป้องกันก๊าซ

2.5.2 สายไฟฟ้าแรงดันสูง เป็นตัวนำตีเกลียวมีขนาดใหญ่ แบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ สายเปลือย และสายหุ้มฉนวน

2.5.2.1 สายเปลือย สายชนิดนี้ใช้กับแรงดันต่ำจะไม่ปลอดภัย จึงนิยมใช้กับแรงดันสูงและ มักทำจากสายอลูมิเนียมเพราะน้ำหนักเบา และราคาถูก แต่สายอลูมิเนียมล้วนสามารถรับแรงดึงได้ต่ำ จึงได้พัฒนาให้สามารถรับแรงดึงให้สูงขึ้น โดยเสริมแกนเหล็กหรือวัสดุอื่น สายเปลือยที่นิยมใช้ปัจจุบันได้แก่

2.5.2.1.1 สายอลูมิเนียมตีเกลียวเปลือย (AAC - All Aluminum Conductor) เป็นตัวนำอลูมิเนียมล้วนตีเกลียวเป็นชั้นๆ รับแรงดึงได้ต่ำ จึงไม่สามารถขึงสายให้มีระยะห่างมากๆ ได้ ปกติความยาวช่วงเสา ต้องไม่เกิน 50 เมตร ยกเว้นสายที่มีขนาด 95 mm^2 ขึ้นไป สามารถมีระยะช่วงเสามากถึง 100 เมตร มีลักษณะและข้อมูลทางเทคนิค (บางกอกเคเบิล)

2.5.2.1.2 สายอลูมิเนียมผสม (AAAC - All Aluminum Alloy Conductor) สายชนิดนี้มีส่วนผสมของอลูมิเนียม แมกนีเซียมและซิลิกอน ซึ่งมีความเหนียวและรับแรงดึงได้สูงกว่าสายอลูมิเนียมล้วน จึงสามารถขึงสายได้ห่างมากขึ้น นิยมใช้บริเวณชายทะเลเพราะสามารถทนการกัดกร่อนของไอเกลือได้ดี

2.5.2.1.3 สายอลูมิเนียมแกนเหล็ก (ACSR - Aluminum Conductor Steel Reinforced) เป็นสายอลูมิเนียมตีเกลียวและมีสายเหล็กอยู่ตรงกลางเพื่อให้สามารถรับแรงดึงได้สูงขึ้น ทำให้ขยายระยะห่างช่วงเสาได้มากขึ้น แต่จะไม่ใช้สายชนิดนี้บริเวณชายทะเลเพราะจะเกิดการกัดกร่อนจากไอเกลือ มีลักษณะและข้อมูลทางเทคนิค (บางกอกเคเบิล)

2.5.2.2 สายหุ้มฉนวน ในการเดินสายแรงสูงผ่านที่อยู่อาศัย เพื่อความปลอดภัยต้องใช้สายที่มีฉนวนหุ้มซึ่งทำให้มีความเชื่อถือสูงขึ้น ที่นิยมใช้มีดังนี้

2.5.2.2.1 สาย Partial Insulated Cable (PIC) โครงสร้างประกอบด้วยตัวนำอลูมิเนียมตีเกลียวอัดแน่น หุ้มด้วยฉนวน XLPE (Cross-linked Polyethylene) หรือ PE (Polyethylene) แล้วแต่ความเหมาะสม 1 ชั้น ปัจจุบันนิยมใช้ฉนวน XLPE ถึงแม้มีฉนวนหุ้ม ก็ไม่สามารถแตะต้องสายได้ เพราะฉนวนบางมาก ซึ่งจะช่วยลดการเกิดลัดวงจร ของสายเปลือยเท่านั้น ใช้เดินในอากาศผ่านลูกถ้วยแทนสายเปลือย

2.5.2.2.2 สาย Space Aerial Cable (SAC) โครงสร้างประกอบด้วยตัวนำอลูมิเนียมตีเกลียวหุ้มด้วยฉนวน XLPE เช่นเดียวกับสาย PIC แต่จะมีเปลือก (Sheath) ที่ทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จาก XLPE หุ้มฉนวนอีกชั้นหนึ่ง แต่ไม่มีซีลด์จึงไม่สามารถกั้นสนามไฟฟ้าที่ออกจากตัวนำได้ และถึงแม้จะมีเปลือกหุ้ม ก็ไม่ควรสัมผัสสายโดยตรง เพราะมีความเข้มสนามไฟฟ้าสูง ในการใช้งาน จำเป็นต้องติดตั้งบนฉนวนไฟฟ้าอีกทีหนึ่ง และต้องใช้ฉนวนที่เรียกว่า spacer ที่เหมาะสมกับแรงดันเป็นตัวรองรับ และเพื่อจำกัดระยะห่างระหว่างสาย แม้ว่าจะสามารถวางไว้ใกล้กันได้มากกว่าสาย PIC แต่ต้องไม่เกินค่าจำกัดค่าหนึ่งและต้องใช้ Messenger Wire เป็นตัวรับน้ำหนักและช่วยดึงสายไว้ Messenger Wireจะต่อลงดินทำหน้าที่เป็นสาย Overhead Ground Wire ด้วย

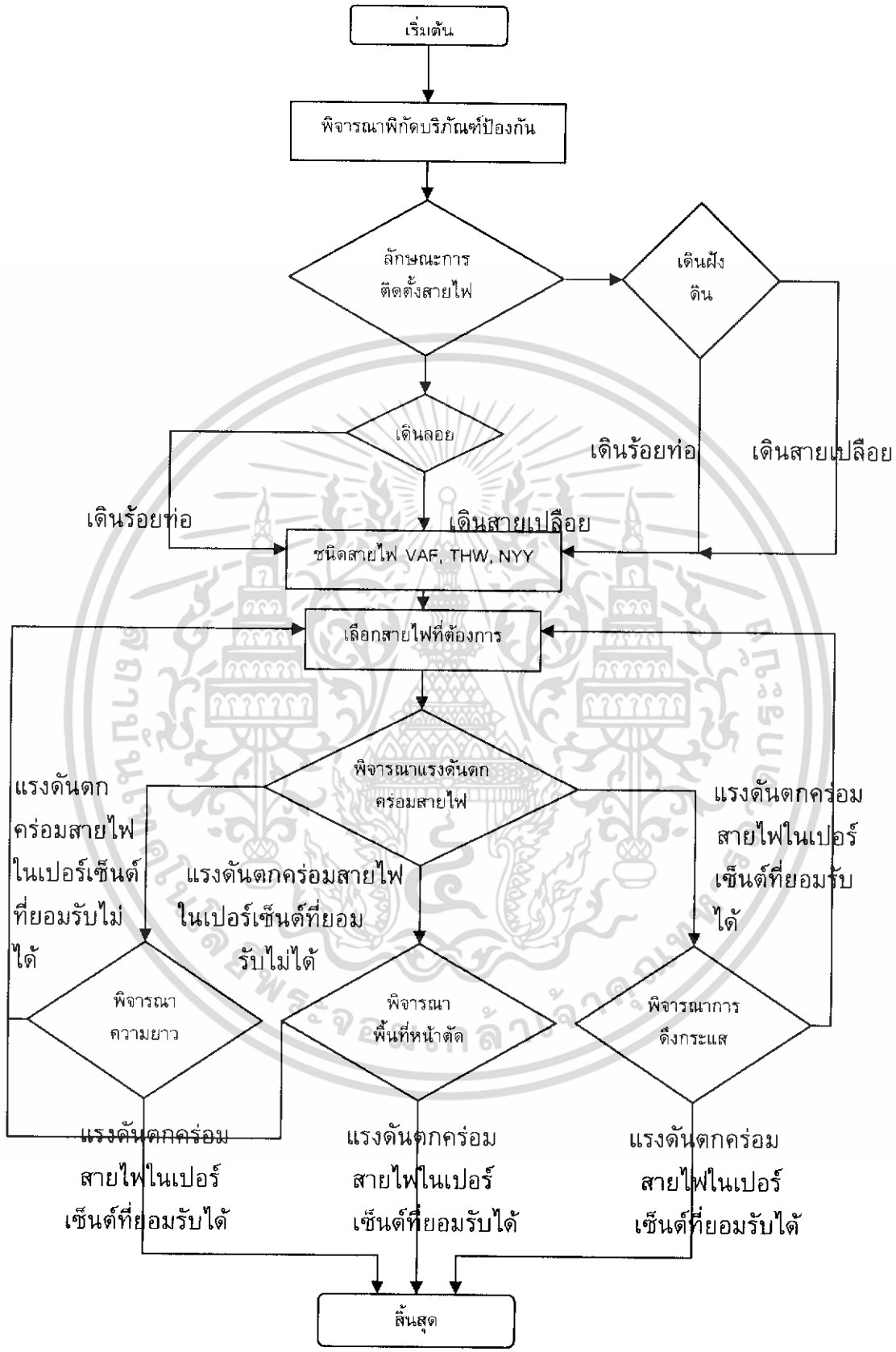
2.5.2.2.3 สาย Preassembly Aerial Cable สายชนิดนี้จัดเป็นสาย fully insulated มีโครงสร้างคล้ายสาย XLPE และสามารถวางใกล้กันได้ จึงใช้สายชนิดนี้ในบริเวณที่มีระยะห่างจากตัวอาคารจำกัด หรือผ่านบริเวณที่มีคนอาศัยอยู่

2.5.2.2.4 สาย Cross-linked Polyethylene (XLPE) สายชนิดนี้จัดเป็นสาย fully insulated มีโครงสร้างดังนี้

- ตัวนำ (Conductor) ส่วนใหญ่เป็นทองแดงตีเกลียว ซึ่งอาจจัดอยู่ในรูปแบบของ Copper Concentric Strand
- ซีลด์ของตัวนำ (Conductor Shield) ทำด้วยสารกึ่งตัวนำ มีหน้าที่ช่วยให้สนามไฟฟ้าระหว่างตัวนำกับฉนวนกระจายอย่างสม่ำเสมอในแนวรัศมี ช่วยลดการเกิด Break down ได้
- ฉนวน (Insulation) เป็นชั้นที่หุ้มซีลด์อีกทีหนึ่ง ทำด้วยฉนวน XLPE
- ซีลด์ของฉนวน (Insulation Shield) เป็นชั้นของ semi-conducting tape พันทับชั้นของฉนวนจากนั้นก็หุ้มด้วยชั้นของ Copper Tape อีกทีหนึ่ง ซีลด์ของฉนวนนี้ทำหน้าที่ จำกัดสนามไฟฟ้า ให้อยู่เฉพาะภายในสายเคเบิล เป็นการป้องกันการรบกวนระบบสื่อสาร นอกจากนี้การต่อซีลด์ลงดิน จะช่วยลดอันตราย จากการสัมผัสถูกสายเคเบิลด้วย และทำให้เกิดการกระจายของแรงดันอย่างสม่ำเสมอเวลาใช้งาน
- เปลือกนอก (Jacket) อาจเป็น Polyvinyl Chloride หรือ Polyethylene ก็ได้ แล้วแต่ลักษณะงาน ถ้าเป็นงานกลางแจ้ง มักใช้ Polyvinyl Chloride เพราะเฉื่อยต่อการติดไฟ ขณะที่ Polyethylene มักใช้งานเดินลอย เนื่องจากทนต่อสภาพดินฟ้าอากาศ สายชนิดนี้สามารถเดินลอย ในอากาศหรือฝังดินก็ได้ แต่นิยมฝังใต้ดิน เนื่องจากมีความแข็งแรง ทนทานสามารถทนต่อความชื้นได้ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.3 ขั้นตอนการคำนวณหาขนาดสายไฟ



รูปที่ 2.5 Flow Chart ขั้นตอนการคำควณหาขนาดสายไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 ท่อสายไฟฟ้า

ในการเดินสายไฟนั้น ถึงแม้ว่าฉนวนที่หุ้มสายไฟ จะมีความแข็งแรงทนทานพอสมควรแต่ว่ามันก็ยังไม่แข็งแรงพอที่จะทนต่อแรงกระแทกต่าง ๆ จากแรงภายนอกได้ ดังนั้นเพื่อเป็นการป้องกันสายไม่ให้ได้รับความเสียหายและสามารถใช้งานได้ยาวนาน ในปัจจุบันจึงนิยมที่จะเดินสายไฟฟ้าในท่อสาย ท่อสายเป็นอุปกรณ์ที่มีลักษณะเป็นท่อกลมหรือช่องสี่เหลี่ยมผิวในเรียบ ใช้ในการเดินสายไฟ โดยเฉพาะที่สายที่นิยมใช้ในปัจจุบันมีดับนี้

2.6.1 ท่อโลหะบาง (Electrical Metallic Tubing) ทำด้วยแผ่นเหล็กกล้าชนิดรีดร้อนหรือรีดเย็น หรือแผ่นเหล็กกล้าเคลือบสังกะสี ผิวภายในเคลือบด้วยอีนาเมล ทำให้ผิวท่อเรียบทั้งภายใน และภายนอกท่อ และมีความมันวาว ปลายท่อเรียบทั้ง 2 ด้านไม่สามารถทำเกลียวได้ มาตรฐานกำหนดให้ใช้ตัวอักษรสีเขียวระบุชนิด และขนาดของท่อ เรียกกันทั่วไปว่าท่อ EMT ปัจจุบันมีขนาดตั้งแต่ 1/2" - 2" และยาวท่อนละ 10 ฟุตหรือประมาณ 3 เมตร ท่อ EMT ใช้เดินลอยในอากาศ หรือฝังในผนังคอนกรีตได้ แต่ห้ามฝังดิน หรือฝังในพื้นคอนกรีต ในสถานที่อันตราย ระบบแรงสูง หรือบริเวณ ที่อาจเกิดความเสียหายทางกายภาพ ขนาดท่อที่มีขายในท้องตลาดคือ 1/2" , 3/4" , 1" , 1 1/4" , 1 1/2" , 2" การดัดท่อชนิดนี้ใช้ bender ที่มีขนาดเท่ากับขนาดท่อ สำหรับท่อที่มีขนาดใหญ่ อาจใช้ข้อโค้งสำเร็จรูป (Elbow) ที่วางขายทั่วไปได้เช่น ข้อโค้ง 90 องศา

2.6.2 ท่อโลหะหนาปานกลาง (Intermediate Metal Conduit) ทำด้วยแผ่นเหล็กกล้าชนิดรีดร้อนหรือรีดเย็น หรือแผ่นเหล็กกล้าเคลือบสังกะสี ผิวภายในเคลือบด้วยอีนาเมล ทำให้ผิวท่อเรียบทั้งภายใน และภายนอกท่อ และมีความมันวาว มีความหนากว่าท่อ EMT ปลายท่อทำเกลียวไว้ทั้ง 2 ด้าน มาตรฐานกำหนดให้ใช้ตัวอักษรสีส้ม (บางครั้งอาจเห็นเป็นสีแดง) ระบุชนิดและขนาดของท่อ เรียกกันทั่วไปว่าท่อ IMC มีขนาดตั้งแต่ 1/2" - 4" และยาวท่อนละ 10 ฟุต หรือประมาณ 3 เมตร ท่อ IMC ใช้เดินนอกอาคาร หรือฝังในผนัง-พื้นคอนกรีตได้ ขนาดท่อที่มีขายในท้องตลาดคือ 1/2" , 3/4" , 1" , 1 1/4" , 1 1/2" , 2" , 2 1/2" , 3" , 3 1/2" และ 4" การดัดท่อชนิดนี้ใช้ hickey ที่มีขนาดเท่ากัน สำหรับท่อที่มีขนาดใหญ่ อาจใช้ข้อโค้งสำเร็จรูป ที่วางขายทั่วไปได้เช่น ข้อโค้ง 90 องศา

2.6.3 ท่อโลหะหนา (Rigid Steel Conduit) ทำด้วยแผ่นเหล็กกล้าชนิดรีดร้อนหรือรีดเย็น หรือแผ่นเหล็กกล้าเคลือบสังกะสีทั้งผิวภายนอกและภายใน ทำให้ผิวท่อเรียบทั้งภายใน และภายนอกท่อ แต่ผิวจะด้านกว่าและหนากว่าท่อ EMT และ IMC ปลายท่อทำเกลียวไว้ทั้ง 2 ด้าน มาตรฐานกำหนดให้ใช้ตัวอักษรสีดำ ระบุชนิดและขนาดของท่อ เรียกกันทั่วไปว่าท่อ RSC มีขนาดตั้งแต่ 1/2" - 6" และยาวท่อนละ 10 ฟุตหรือประมาณ 3 เมตร ท่อ RSC ใช้เดินนอกอาคาร หรือฝังในผนัง-พื้นคอนกรีตได้ ขนาดท่อที่มีขายในท้องตลาดคือ 1/2" , 3/4" , 1" , 1 1/4" , 1 1/2" , 2" , 2 1/2" , 3" , 3 1/2", 4" ,5" และ 6" การดัดท่อชนิดนี้ใช้ hickey หรือเครื่องดัดท่อไฮดรอลิกที่มีขนาดเท่ากัน สำหรับท่อที่มีขนาดใหญ่ อาจใช้ข้อโค้งสำเร็จรูปคล้ายกับข้อโค้งสำเร็จรูปของท่อ IMC ที่วางขายทั่วไปได้เช่น ข้อโค้ง 90 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.4 ท่อโลหะอ่อน (Flexible Metal Conduit) ทำด้วยแผ่นเหล็กกล้าเคลือบสังกะสีทั้งผิวภายนอกและภายใน เป็นท่อที่มีความอ่อนตัว โค้งงอไปมาได้ เหมาะสำหรับต่อเข้ากับดวงโคม มอเตอร์หรือเครื่องจักรกลที่มีการสั่นสะเทือน มีขนาดตั้งแต่ 1/2" - 4"

- ท่อโลหะอ่อน ใช้เดินในสถานที่แห้งและเข้าถึงได้ ห้ามใช้เดินในสถานที่เปียก , ในช่องขึ้นลง , ในห้องเก็บแบตเตอรี่ , ในสถานที่อันตราย , ฝังดิน หรือฝังในคอนกรีต ขนาดท่อที่มีขายในท้องตลาดคือ 1/2" , 3/4" , 1" , 1 1/4" , 1 1/2" , 2" , 2 1/2" ,3" และ 4" ท่อโลหะอ่อนที่ใช้ต้องมีขนาดไม่เล็กกว่า 1/2" ยกเว้นท่อโลหะอ่อนที่ประกอบมากับขั้วหลอดไฟฟ้า และมีความยาวไม่เกิน 180 เซนติเมตร การจับยึดท่อชนิดนี้ต้องมีระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ไม่เกิน 1.50 เมตร และห่างจากกล่องต่อสาย ไม่เกิน 30 เซนติเมตร และห้ามใช้ท่อโลหะอ่อนเป็นตัวนำ แทนสายดิน
- ท่อโลหะอ่อนกันน้ำ เป็นท่อโลหะอ่อนที่มีเปลือก PVC หุ้มด้านนอกเพื่อกันความชื้น ไม่ให้เข้าไปภายในท่อได้ ใช้งานในบริเวณที่ต้องการความอ่อนตัวของท่อเพื่อป้องกันสายไฟฟ้า ชำรุด จากไอของเหลวหรือของแข็งหรือในที่อันตราย ห้ามใช้ในบริเวณที่อุณหภูมิใช้งานของ สายไฟฟ้าสูงมากจนทำให้ท่อเสียหายมีขนาดตั้งแต่ 1/2" - 4" การตัดท่อชนิดนี้ใช้เลื่อยตัดเหล็ก ทั่วไป ตัดตรงๆ

2.6.5 ท่อพีวีซี (Polyvinyl Chloride) ทำด้วยพลาสติกพีวีซี ที่มีคุณสมบัติด้านเปลวไฟ แต่ข้อเสียคือขณะที่ถูกไฟไหม้จะมีก๊าซพิษที่เป็นอันตรายต่อคนเราออกมาด้วย และไม่ทนต่อแสงอัลตร้าไวโอเล็ตทำให้ท่อกรอบเมื่อโดนแดดเป็นเวลานาน ที่ใช้ในงานไฟฟ้ามีสีเหลือง มีขนาดตั้งแต่ 1/2" - 4" และยาวท่อนละ 4 เมตร ท่อ PVC ใช้เดินลอยในอากาศ หรือฝังในผนังคอนกรีตได้ แต่ห้ามใช้ใน บริเวณที่อาจเกิดความเสียหายทางกายภาพ ขนาดท่อที่มีขายในท้องตลาด คือ 3/8" , 1/2" , 3/4" , 1" , 1 1/4" , 1 1/2" , 2" , 2 1/2" , 3" และ 4" สำหรับท่อขนาด 3" และ 4" มีความยาว 2 ขนาดคือ 4 และ 6 เมตร ขึ้นอยู่กับแต่ละบริษัท

2.6.6 ท่อHDPE (High Density Polyethylene) ทำด้วยพลาสติก Polyethylene ชนิด high density ที่มีคุณสมบัติด้านเปลวไฟ มีความแข็งแรงสูง ยืดหยุ่นตัวได้ดี มีทั้งแบบผิวเรียบ และแบบลูกฟูก ใช้เดินสายบนผิวในที่โล่ง, บนฝ้าในอาคาร, เดินสายใต้ดินทั้งแรงดันต่ำและ แรงดันสูงปานกลาง ทนต่อแรงกดอัดได้ดี ข้อได้เปรียบของท่อชนิดนี้ คือความอ่อนตัวจึงไม่ต้องดัดท่อทำให้เดินท่อได้สะดวกรวดเร็ว ขนาดของท่อ มีตั้งแต่ 1/2" ขึ้นไป

ข้อดีของท่อ HDPE ปัจจุบันนิยมใช้ท่อ HDPE แบบลูกฟูก (EFLEX) กันมาก เนื่องจากมีข้อดีหลายประการคือ

- ง่ายต่อการโค้งงอ
- มีความยาวต่อเนื่องมากระหว่าง 30 - 300 เมตร ทำให้ลดข้อต่อต่างๆ ลงไปได้มาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- แข็งแกร่งและน้ำหนักเบา
- ต้านทานต่อการผุกร่อนและทนทุกสภาพดินฟ้าอากาศ
- ยืดหยุ่นและทนต่อแรงกดทับได้ดี

มีแรงเสียดทานภายในท่อต่ำ จึงร้อยสายในท่อได้ง่ายขึ้น ทำให้กำหนดระยะห่างของบ่อพักสาย (Man Hole) ได้ไกลขึ้นกว่าเดิม

2.7 ระบบไฟฟ้าแสงสว่างฉุกเฉิน

ในระบบไฟฟ้าแสงสว่างทั่วไปการจะมีแหล่งจ่ายอยู่ 2 ชนิด คือ แหล่งจ่ายไฟฟ้าแสงสว่างในสภาวะปกติและแหล่งจ่ายไฟฟ้าแสงสว่างในสภาวะฉุกเฉิน โดยเมื่อแหล่งจ่ายไฟฟ้าแสงสว่างในสภาวะปกติล้มเหลวแหล่งจ่ายไฟฟ้าแสงสว่างในสภาวะฉุกเฉิน จะทำงานต่อเนื่องภายในเวลาที่กำหนด เพื่อประโยชน์ในการเคลื่อนย้ายผู้ที่ยังตกค้างภายในบริเวณอาคารหรือสถานที่ที่ระบบจ่ายไฟฟ้าแสงสว่างในสภาวะปกติล้มเหลวออกมายังที่ที่มีความปลอดภัย ซึ่งแหล่งจ่ายไฟฟ้าแสงสว่างในสภาวะปกติ และแหล่งจ่ายไฟฟ้าแสงสว่างในสภาวะฉุกเฉินต้องอิสระไม่เกี่ยวข้องกัน

การทำงานของระบบไฟฟ้าแสงสว่างฉุกเฉิน จะทำงานเพื่อระบบจ่ายฟ้าแสงสว่างปกติล้มเหลว โดยระบบไฟฟ้าแสงสว่างฉุกเฉินจะต้องเริ่มทำงานต่อเนื่องอย่างสมบูรณ์ภายในเวลา 5 วินาที บริภัณฑ์ไฟฟ้าที่ใช้ในระบบไฟฟ้าแสงสว่างฉุกเฉินจะต้องสอดคล้องกับข้อกำหนดที่มาตรฐาน ว.ส.ท ได้กำหนดไว้

2.7.1 โคมไฟฟ้าฉุกเฉิน

1. โคมไฟฟ้าฉุกเฉินต้องเป็นชนิดที่ต้านทานต่อเปลวไฟและการติดไฟ
2. หากเป็นโคมที่ใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ต้องไม่มีสตาร์ทเตอร์
3. ปริมาณแสงของโคมต้องออกมาเต็มพิกัดภายใน 60 วินาที
4. ในพื้นที่ที่มีความเสี่ยงสูงปริมาณแสงของโคม ต้องออกมาเต็มพิกัดภายใน 0.25 วินาที โคมไฟต้องสามารถทำงานในอุณหภูมิแวดล้อม 70 องศาเซลเซียสและทำงานได้ไม่น้อยกว่า 45 นาที

2.7.2 แบตเตอรี่

1. แหล่งกำเนิดหรืออุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง จะต้องตั้งอยู่ในห้องหรือพื้นที่ปิดล้อมที่สามารถทนไฟได้ไม่น้อยกว่า 1½ ชั่วโมง
2. ห้องแบตเตอรี่ต้องสามารถระบายอากาศได้ดี
3. การปลดแบตเตอรี่ออกจากระบบ เมื่อแรงดันของแบตเตอรี่ต่ำกว่าแรงดันไฟฟ้าต่ำสุด (End Voltage) ณ. แรงดันต่อไปนี้

- แบตเตอรี่ชนิดนิเคิลแคดเมี่ยมแรงดันไฟฟ้าต่ำสุด 1 โวลต์/เซลล์
- แบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรดแรงดันไฟฟ้าต่ำสุด 1.6 โวลต์/เซลล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การเชื่อมต่อระหว่างแบตเตอรี่ต้องใช้อุปกรณ์เฉพาะที่เหมาะกับแบตเตอรี่เท่านั้น

2.7.3 เครื่องประจุแบตเตอรี่

1. เครื่องประจุแบตเตอรี่ต้องเป็นแบบแรงดันคงที่ (Constant Voltage Charge) สามารถประจุแบตเตอรี่จนเต็มและหยุดการประจุอัตโนมัติ
2. เครื่องประจุแบตเตอรี่ต้องควบคุมการประจุไม่ให้แรงดันเกินที่กำหนดดังนี้

- แบตเตอรี่ชนิดนิเคิลแคดเมี่ยม แรงดันไฟฟ้าสูงไม่เกิน 1.4 โวลต์/เซลล์
- แบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรด แรงดันไฟฟ้าสูงสุดไม่เกิน 2.25 โวลต์/เซลล์

3. เมื่อแบตเตอรี่คายประจุจ่ายแก่ ไฟฉุกเฉินจนหมดช่วงพิกัดเวลาทำงานฉุกเฉินแล้ว ต้องทำการประจุกลับเข้าไปโดยใช้เวลาในการประจุไม่เกิน 24 ชั่วโมง และแบตเตอรี่ต้องสามารถจ่ายไฟได้ตามพิกัดช่วงเวลาฉุกเฉิน
4. แบตเตอรี่ต้องมีเครื่องวัดและอุปกรณ์ควบคุมดังต่อไปนี้

- เครื่องปลดวงจรและเครื่องป้องกันกระแสเกินด้านเข้า
- หลอดไฟแสดงการจ่ายเข้า
- โวลต์มิเตอร์กระแสตรง เป็นตัวบอกการทำงานในอัตราแรงดันประจุคงที่หรือการเพิ่มอัตราแรงดันประจุ
- แอมมิเตอร์กระแสตรง เพื่อวัดค่ากระแสที่ใช้ในการประจุ
- ฟิวส์ หรือ เซอร์กิตเบรกเกอร์ด้านจ่ายไปยังแสงสว่างฉุกเฉิน

2.7.4 อินเวอร์เตอร์

1. ระบบแบตเตอรี่ต้องมีชุดอินเวอร์เตอร์ เพื่อทำหน้าที่เปลี่ยนแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่มาจากแบตเตอรี่ ให้เป็นแรงดันกระแสสลับเพื่อจ่ายโหลดไฟฟ้าแสงสว่างฉุกเฉิน
2. ชุดอินเวอร์เตอร์เพื่อทำหน้าที่เปลี่ยนแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง ที่มาจากแบตเตอรี่ให้เป็นแรงดันกระแสสลับ เพื่อจ่ายโหลดไฟฟ้าแสงสว่างฉุกเฉิน และเมื่อแหล่งจ่ายไฟฟ้าปกติสามารถจ่ายไฟได้ ชุดอินเวอร์เตอร์จะถูกปลดออกจากแบตเตอรี่ และพร้อมจะทำงานอีกครั้งเมื่อแหล่งจ่ายปกติล้มเหลว
3. อินเวอร์เตอร์ต้องสามารถจ่ายโหลดไฟฟ้าแสงสว่างฉุกเฉินที่ต่ออยู่ได้อย่างต่อเนื่อง และต้องทำงานตามข้อกำหนดดังนี้

- ความถี่ออก : บวก, ลบ 5% ของความถี่พิกัด
- แรงดันออก : บวก, ลบ 5% ของแรงดันพิกัด

2.7.5 สายไฟฟ้า

1. สายไฟฟ้าต้องเป็นสายชนิดทนไฟ และต้องมีการป้องกันความเสียหายทางกายภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ขนาดสายไฟฟ้าต้องสามารถรับกระแสที่ไหลในวงจรได้ แต่ต้องมีขนาดไม่ต่ำกว่า 10 ตารางมิลลิเมตร และแรงดันตกไม่เกิน 10%

2.7.6 สวิตช์และอุปกรณ์ป้องกันสำหรับโคมไฟฟ้าฉุกเฉิน สวิตช์และอุปกรณ์ป้องกัน ต้องมีพิกัดไม่น้อยกว่า 2 เท่าของกระแสในวงจรและไม่เกิน 50%

2.8 แหล่งกำเนิดแสง

แหล่งกำเนิดแสง สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ คือ ประเภทหลอดเผาไส้ หลอดแก๊สดิสชาร์จ ซึ่งประเภทแก๊สดิสชาร์จนี้มีทั้งแบบความดันสูงและความดันต่ำ โดยหลอดแต่ละแบบมีรายละเอียดดังนี้

2.8.1 หลอดเผาไส้

2.8.1.1 หลอดเผาไส้ โดยเมื่อให้ความร้อนแก่ไส้หลอดจนมีอุณหภูมิสูง จะทำให้ไส้หลอดเรื่องแสง ส่วนมากมักใช้ไส้หลอดที่ทำมาจากทังสเตน และเป็นชนิดที่เป็นแบบคอยล์ (Coil) เนื่องจากมีความต้านทานน้อยกว่าแบบอื่นๆ และภายในเปลือกหุ้มจะบรรจุก๊าซเฉื่อยไว้ภายใน เช่น อาร์กอน ไนโตรเจน เพื่อลดการระเหยเป็นไอของไส้หลอด

2.8.1.2 หลอดทังสเตน-แฮโลเจน (Tungsten-Halogen) หลอดชนิดนี้ใช้หลักการในการกำเนิดแสงเหมือนกับหลอดเผาไส้ ต่างกันที่บรรจุก๊าซแฮโลเจนไว้ภายในหลอดแก้วควอตซ์ โดยก๊าซแฮโลเจนไว้เพื่อให้เกิดจักรของก๊าซแฮโลเจน การเกิดจักรของก๊าซแฮโลเจนตะช่วยให้ไส้หลอดมีอุณหภูมิคงที่ นั้นคือมีค่าเมนคงที่

คุณสมบัติของหลอดเผาไส้ คืออายุการใช้งานสั้น และประสิทธิภาพต่ำ แต่มีข้อดีคือราคาไม่แพงและสามารถหาซื้อได้ง่าย นอกจากนี้การตอบสนองของสี (Colour Rendition) สามารถยอมรับได้ และง่ายต่อการปรับลดแสง (Dim) ซึ่งจุดนี้เป็นตัวสำคัญในการพิจารณาเลือกใช้หลอดประเภทนี้ ส่วนการประหยัดหลอดทางผู้ผลิตได้มีการปรับปรุงอยู่ตลอดเวลา โดยก๊าซที่บรรจุได้พยายามเปลี่ยนจากอาร์กอนเป็นคริปทอน ซึ่งทำให้ค่าวัตต์ที่ใช้ลดลงแต่ประสิทธิภาพไม่ลดลง และยังช่วยให้อายุการใช้งานเพิ่มขึ้นด้วย

2.8.2 หลอดดิสชาร์จ หลักการของหลอดประเภทนี้พิจารณาที่หลักการค่าความต้านทานเป็นศูนย์หรือความต้านทายติดลบ โดยเมื่อภายในหลอดเป็นออไนส์ (Ionize) จะทำให้ค่าความต้านทานในหลอดลดลง ซึ่งถ้าความต้านทานใกล้ศูนย์จะทำให้กระแสที่ไหลเข้ามีค่ามากใกล้อนันต์ จึงต้องทำให้หลอดประเภทนี้มีอุปกรณ์จำกัดกระแส คือ บัลลาสต์ และยังทำหน้าที่จุดแรงดัน ปรับปรุงค่าประกอยกำลัง

2.8.2.1 หลอดความดันไอต่ำ (Low pressure)

2.8.2.1.1 หลอดฟลูออเรสเซนต์ มีหลักการคือเมื่อป้อนกระแสจะทำให้เกิดการดิสชาร์จ และเกิดคลื่นรังสีอัลตราไวโอเลตไปกระทบสารฟอสเฟอร์ที่เคลือบบนผิวหลอดก็จะเปลี่ยนเป็นคลื่นแสงที่ส่วนใหญ่เป็นแสงที่ตามนุษย์มองเห็น โดยหลอดแบ่งเป็น 3 ประเภท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-ชนิดอุ่นไส้ เป็นชนิดที่เราคุ้นเคยมากที่สุด ซึ่งมักจะสว่างได้ก็เมื่อทำการอุ่นแคโทด โดยปล่อยให้กระแสไหลผ่านตัวมันก่อน จนกระทั่งมันสามารถปล่อยอิเล็กตรอน ทำให้ก๊าซภายในหลอดแตกสลายตัวเป็นไอออน หลอกชนิดนี้มักใช้เวลา2วินาทีกว่าจะสว่างและมักใช้คู่กับสตาร์เตอร์ ซึ่งทำหน้าที่ต่อวงจรระหว่างไส้หลอดทั้ง 2 ข้างในช่วงแรก และเมื่อไส้หลอดมีอุณหภูมิสูงพอตัวสตาร์เตอร์ ก็จะเปิดวงจรออก ในช่วงนี้จะเกิดแรงดันไฟฟ้าดันไฟฟ้าดันกระแสจากไส้หลอดข้างหนึ่งวิ่งผ่านตัวหลอดไปหาไส้หลอดอีกข้างหนึ่ง

-ชนิดติดทันที หลอดประเภทนี้สามารถทำงานโดยไม่ต้องอุ่นไส้หลอดให้ร้อนก่อน จึงไม่จำเป็นต้องมีสตาร์เตอร์ บัลลาสต์จะทำหน้าที่สร้างแรงดันไฟฟ้าที่มีค่าสูงเพื่อเอาชนะความต้านทานภายในหลอด ทำให้เกิดไฟฟ้าไหลผ่าน จากขั้วหนึ่งไปอีกขั้วหนึ่ง และเนื่องจากไม่ต้องอุ่นไส้หลอดก่อน หลอดประเภทนี้มักมีขั้วหลอดเพียงขาเดียว อายุการใช้งานของหลอดประเภทนี้สั้นกว่าชนิดอุ่นไส้กับชนิดติดเร็ว แต่หลอดสามารถสว่างได้ทันที

-หลอดติดเร็ว เป็นหลอดที่เกิดจากความต้องการ นำคุณสมบัติของหลอดทั้งสองมารวมกัน โดยที่บัลลาสต์มีขดลวดพิเศษเพิ่มขึ้นอีกหนึ่งชุด ทำหน้าที่อุ่นไส้หลอดไว้ตลอดเวลา การสว่างจะเกิดช้ากว่าชนิดติดันทีอยู่เล็กน้อยแต่ไม่ต้องการแรงดันสูงเหมือนหลอดชนิดติดทันที ทำให้อายุการใช้งานยาวกว่า อีกทั้งไม่ต้องใช้สตาร์เตอร์ ทำให้หลอดชนิดนี้มีความนิยมสูงขึ้น

2.8.2.1.2 หลอดความดันไอโซเดียมต่ำ เป็นหลอดที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุดแต่การตลอบสนองทางสีไม่ดี เพราะเป็นสีเหลืองจ้า โดยหลักการทำงาน เมื่อมีกระแสไหลผ่านหลอดก็จะเกิดการดิสชาร์จ ทำให้เกิดแสงขึ้นภายในหลอด

2.8.2.2 หลอดความดันไอดิสชาร์จสูง หรือหลอดHID (High-Pressure Discharge Source or High Intensity Discharge Source)

2.8.2.2.1 หลอดความดันไอปรอท หรือหลอดแสงจันทร์ (Mercury Vapour Lamp) มีหลอดแก้วซ้อนกันสองชั้น หลอดแก้วชั้นในเรียกว่า หลอดอาร์ก (arc tube) ประกอบด้วยอิเล็กโทรดที่ปลายทั้งสอง และบรรจุด้วยไอปรอทและก๊าซอาร์กอนภายใน ส่วนหลอดชั้นนอกจะทำหน้าที่เสมือนเป็นตัวหุ้มป้องกันหลอดแก้วชั้นในระหว่างหลอดแก้วทั้งสองจะบรรจุก๊าซไนโตรเจน เพื่อป้องกันมิให้หลอดแก้วชั้นในสัมผัสอากาศ หลักการทำงาน คือเมื่อป้อนแรงดันให้จะเกิดแรงดันตกคร่อมที่ปลายอิเล็กโทรด ซึ่งจะทำให้เกิดอาร์กและก๊าซอาร์กอนเดความร้อนขึ้น ความร้อนนี้ตะทำให้ปรอทแตกตัว ความต้านทานภายในจะลดลงอย่างรวดเร็ว จนกระทั่งถึงจุดหนึ่งที่แรงดันที่บัลลาสต์สามารถเอาชนะความต้านทานที่ของอิเล็กโทรด ก็จะมีกระแสไหลและไอปรอทเริ่มแตกตัวมากขึ้นจนอิ่มตัว และจะไม่มีกระแสไหลอีก โดยแสงที่ได้จะมีสเปกตรัมไม่ครบทุกสเปกตรัมทำให้การใช้งานมีน้อย โดยสีสามารถเปลี่ยนได้ขึ้นกับสารที่มาเคลือบที่ผิวหลอดชั้นนอก ส่วนใหญ่จะในเป็นทาง มีอายุการใช้งานเฉลี่ย 24000 ชั่วโมง มีประสิทธิภาพประมาณ 40-60 ลูเมนต่อวัตต์ และมีขนาดที่ท้องตลาดผลิตคือ 40-1000W

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.2.2.2 หลอดเมทัลแฮไลด์ (Matel-Halide Lamp) มีโครงสร้างและการทำงานคล้ายกับหลอดแสงจันทร์ แต่มีประสิทธิภาพสูงกว่า แต่ภายในหลอดจะมีเกลือแฮไลด์และโลหะอันจะทำให้เกิดแสงอื่นมากขึ้น ซึ่งจะทำให้แสงที่ได้มีความสมดุลมากขึ้น อันจะทำให้ค่าตอบสนองสีดีขึ้น สเปกตรัมที่ได้มีครบทุกสีทำให้สีที่ได้เป็นสีขาวจ้า นิยมใช้ในปั้มน้ำมัน สนามกีฬา ห้างสรรพสินค้า โดยไม่ต้องเคลือบผิวในหลอดแก้วด้วยฟอสเฟอร์ มีอายุการใช้งานเฉลี่ย 7500-10500 ชั่วโมง มีประสิทธิภาพประมาณ 60-90 ลูเมนต่อวัตต์ และมีขนาดที่ท้องตลาดผลิตคือ 175-2000 W

2.8.2.2.3 หลอดความดันไอโซเดียมสูง หลอดอาร์กของหลอดชนิดนี้จะมีขนาดเล็ก จึงสามารถทำงานได้ที่อุณหภูมิสูง และมีไม่อิเล็กโทรด และหลอดอาร์กทำจากเซรามิก การตอบสนองสีดีกว่าหลอดความดันไอต่ำแต่แย่กว่าหลอดเมทัลฮาไลด์ สีที่ได้จาหลอดนี้คือสีเหลืองอ่อนมีอายุการใช้งานเฉลี่ย 24000 ชั่วโมง มีประสิทธิภาพประมาณ 140 ลูเมนต่อวัตต์ และมีขนาดที่ท้องตลาดผลิตคือ 50-1000 W

2.9 โคม

ดวงโคม มีหน้าที่หลักในการควบคุมลำแสงไปตกบนพื้นที่ที่เราต้องการ นอกจากนี้ยังช่วยป้องกันอันตรายที่จะเกิดขึ้นกับหลอด โดยเราสามารถแบ่งโคมได้จากดังนี้

2.9.1 แบ่งตามชนิดของหลอดไฟที่ใช้ คือ ดวงโคมอาจแบ่งเป็น 3 ประเภท

- ดวงโคมที่ใช้กับหลอด ฟลูออเรสเซนต์
- ดวงโคมที่ใช้กับหลอด อินแคนเดสเซนต์
- ดวงโคมที่ใช้กับหลอด HID

2.9.2 แบ่งตามลักษณะการติดตั้ง อาจแบ่งเป็น 3 ประเภท

- ติดแบบฝังไปในเพดาน
- แบบยึดติดกับเพดาน
- แบบห้อย

2.9.3 แบ่งตามลักษณะการใช้งาน ลักษณะการใช้งานดวงโคมเช่น ดวงโคมสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม ดวงโคมสำหรับใช้เป็นไฟถนน นอกจากนี้ยังมีโคมที่ถูกออกแบบขึ้นโดยเฉพาะกับงาน เช่น โคมที่ออกแบบเพื่อใช้กับสถานที่ที่มีความชื้นสูง สถานที่ที่อาจติดไฟได้ง่าย หรือสถานที่ที่มีไอจากสารเคมีในปริมาณสูง เป็นต้น

2.9.4 แบ่งตามลักษณะการกระจายแสง คือ พิจารณาจากอัตราที่ แสงออกจากดวงโคมและปรากฏบนพื้นกับแสงออกจากดวงโคมและปรากฏบนเพดาน โดยอาจแบ่งดวงโคมตามลักษณะนี้ได้เป็น 5 ชนิดใหญ่ๆ

- ดวงโคมชนิดฉายแสงลง แสงส่วนใหญ่จากดวงโคมประเภทนี้ประมาณ 90-100% จะกระจายลงเบื้องล่าง ข้อดีของโคมลักษณะนี้คือเราสามารถควบคุมทิศทางของลำแสงได้ง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ดวงโคมชนิดกึ่งกระจายแสงลง ดวงโคมประเภทนี้มีการกระจายแสงลงสู่เบื้องล่างประมาณ 60-90% และปล่อยให้แสงกระจายขึ้นสู่เพดาน วิธีนี้เป็นการลดความแตกต่างของความจ้าระหว่างเพดานกับพื้นได้เป็นอย่างดี
- ดวงโคมชนิดกระจายแสงรอบด้าน หรือกระจายแสงแบบขึ้นลง ลักษณะของดวงโคมประเภทนี้ จะกระจายแสงลงสู่พื้นและขึ้นสู่เพดานในปริมาณที่พอๆกัน การควบคุมการกระจายแสงของดวงโคมประเภทนี้ทำได้ยาก กล่าวคือ ค่าสัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์จะต่ำแต่ดวงโคมประเภทนี้จะให้ค่าความจ้าที่พื้นและเพดานสมดุลกันทำให้สบายดวงตา
- ดวงโคมชนิดกระจายแสงขึ้น ปริมาณแสงส่วนใหญ่ประมาณ 60-90% จะกระจายขึ้นสู่เพดาน และปล่อยให้แสงส่วนที่เหลือส่องลงพื้น โดยเพดานจะทำหน้าที่เหมือนแหล่งกำเนิดแสงขนานใหญ่ ซึ่งจะสะท้อนลงสู่เบื้องล่าง ฉะนั้นความสามารถในการสะท้อนของเพดานจะต้องสูงมากๆ ความจ้าของดวงโคมชนิดนี้จะไม่แตกต่าง เรามักจะใช้ดวงโคมชนิดนี้ ในสถานที่มีปัญหาเรื่องเกี่ยวกับแสงแยงตามากๆ
- ดวงโคมชนิดกระจายแสงขึ้น ปริมาณแสงเกือบจะทั้งหมดจากดวงโคมประมาณ90-100% จะกระจายขึ้นสู่เพดานและส่วนบนของผนังแล้ว จึงสะท้อนลงสู่พื้น ทำให้ค่าความจ้าของทั้งห้องดูสม่ำเสมอ ดวงโคมชนิดนี้ทีข้อเสียคือ ค่าสัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์จะต่ำที่สุด

2.10 การต่อลงดิน

เพื่อให้เกิดความปลอดภัยแก่ผู้ปฏิบัติงาน นอกจากนี้การต่อลงดินยังจะเป็นการช่วยให้ระบบทำงานได้ดีขึ้น และยังสามารถลดอันตรายที่อาจจะเกิดจากเงื่อนไขการผิดปรกติของไฟฟ้าในรูปแบบต่างๆ โดยการต่อลงดินมีอยู่ด้วยกัน 2 แบบดังนี้

1. การต่อลงดินของระบบ (System Ground)
2. การต่อลงดินของบริภัณฑ์หรืออุปกรณ์ไฟฟ้า (Equipment Ground)

การต่อลงดินมีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ

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

2.10.1 การต่อลงดินของระบบ (System Ground) มีเหตุคือ

- ต้องการจำกัดความแตกต่างของศักย์ไฟฟ้าระหว่างตัวนำทั้งหมดที่มีอยู่ในพื้นที่นั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ต้องการที่จะแยกอุปกรณ์ที่มีความผิดปรกติออกจากระบบเมื่อเกิดฟอลต์ขึ้นใน วงจรได้อย่างรวดเร็ว
- ต้องการที่จะจำกัดแรงดันเกินที่เกิดขึ้นในระบบ

โดยวิธีการต่อลงดินของระบบทำโดยการเชื่อมต่อระหว่างนิวทรัลของหม้อแปลงกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากับดิน ซึ่งมีวิธีอยู่ 3 วิธี

1. การต่อลงดินโดยตรง (Solid grounding)
2. การต่อลงดินโดยผ่านรีแอกเตอร์ (reactor grounding)
3. การต่อลงดินแบบกราวด์ฟอลต์นิวทรัลนิวทรัลไลเซอร์ (ground-fault neutralizer grounding)

ซึ่งประเทศไทยมักจะทำการต่อลงดินโดยตรง

การต่อหลักดิน (Grounding Electrode) คือ ตัวนำที่ใช้ต่อระหว่างหลักดินกับส่วนทั้งสามดังต่อไปนี้

- สายที่มีการต่อลงดิน
- สายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า
- สายต่อฝากที่บริภัณฑ์ไฟฟ้า

การป้องกันสายดินจากสนามแม่เหล็ก ทำได้โดย

- ต้องให้มีความต่อเนื่องทางไฟฟ้าจาบริภัณฑ์ไฟฟ้าไปยังหลักดิน
- สิ่งห่อหุ้มบริภัณฑ์ไฟฟ้าต้องยึดติดกับระบบหลักดิน
- ถ้าสายต่อหลักดินไม่มีสิ่งห่อหุ้มตลอดความยาวทั้งสองของสิ่งห่อหุ้ม จะต้องเชื่อมเข้ากับสายต่อหลักดิน เพื่อป้องกันความร้อนขณะเกิดการลัดวงจร

สายที่มีการต่อลงดิน (Grounded Conductor) หมายถึง สายของวงจรที่มีส่วนใดส่วนหนึ่งต่อถึงอย่างจงใจ ในกรณีที่เกิดกระแสลัดวงจรลงดิน สายที่มีการต่อลงดินจะทำหน้าที่เป็นสายต่อลงดินของบริภัณฑ์ด้วย เพื่อนำกระแสลัดวงจรกลับไปยังแหล่งจ่ายไฟ ในระบบไฟฟ้าทั่วไป สายที่มีการต่อลงดินคือ สายนิวทรัล แต่ไม่จำเป็นต้องเป็นสายนิวทรัลเสมอไป

การต่อลงดินของบริภัณฑ์ประธาน (Service Equipment Grounding) หมายถึง การต่อสิ่งห่อหุ้มต่างๆ และสายนิวทรัลที่บริภัณฑ์ไฟฟ้าประธานลงดินบริภัณฑ์ไฟฟ้าประธานจะเป็นจุดรวมของสายดิน ดังต่อไปนี้

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

สายต่อฝากหลัก (Main Bonding Jumper) หมายถึง การต่อโครงโลหะของบริภัณฑ์ไฟฟ้าประธานกับตัวนำที่มีการต่อลงดินอาจเป็นบัสบาร์สายดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การต่อลงดินของเครื่องบริภัณฑ์ไฟฟ้า (Equipment Grounding) หมายถึง การต่อส่วนที่เป็นโลหะที่ไม่มีกระแสไหลผ่านของสถานประกอบการให้ถึงกันตลอดแล้วต่อลงดิน

2.10.2 การต่อลงดินของบริภัณฑ์หรืออุปกรณ์ไฟฟ้า (Equipment Ground) มีเหตุผลคือ

- เพื่อเป็นการป้องกันอันตรายที่เกิดจากแรงดันที่ปรากฏอยู่บนอุปกรณ์ ซึ่งมนุษย์ไปสัมผัสกับอุปกรณ์จะทำให้เกิดอันตราย
- เพื่อให้เกิดทางเดินของกระแสไฟฟ้า เพราะกระแสจะไหลลงสู่ดินได้ง่ายกว่า และจะไหลจนกระทั่งอุปกรณ์ไฟฟ้าเปิดวงจรออก
- เพื่อสนับสนุนให้ระบบไฟฟ้ามีการทำงานที่ดีขึ้น

เครื่องบริภัณฑ์ไฟฟ้าที่ต้องต่อลงดิน มีดังนี้

1. เครื่องห่อหุ้มเป็นโลหะของ สายไฟฟ้า แผงบริภัณฑ์ไฟฟ้า โครง และรางปั้นจั่นที่ใช้ไฟฟ้า โครงของตู้ลิฟต์
2. สิ่งกั้นที่เป็นโลหะ รวมทั้งเครื่องห่อหุ้มของเครื่องบริภัณฑ์ไฟฟ้าในระบบแรงสูง
3. เครื่องบริภัณฑ์ไฟฟ้าที่ยึดติดอยู่กับที่และชนิดที่มีการเดินสายถาวรส่วนที่เป็นโลหะเปิดโล่งซึ่งปรกติไม่มีไฟฟ้า แต่อาจมีไฟรั่วถึงได้ ต้องต่อลงดินถ้ามีสภาพตามข้อใดข้อหนึ่งต่อไปนี้

- อยู่ห่างจากพื้น หรือ โลหะที่ต่อลงดินไม่เกิน 8 ฟุตในแนวดิ่งหรือ 5 ฟุตในแนวนอน และบุคคลอื่นอาจสัมผัสได้
- สัมผัสทางไฟฟ้ากับโลหะอื่นๆ
- อยู่ในสภาพที่เปียกชื้น และไม่ได้มีการแยกให้อยู่ต่างหาก

2.11 ดัชนีแสดงค่ามาตรฐานการป้องกัน

ดัชนีแสดงค่ามาตรฐานการป้องกัน เป็นการกำหนดค่าความสามารถในการป้องกันการสัมผัสส่วนที่มีไฟฟ้าที่เป็นอันตรายต่อบุคคล ทั้งจากการสัมผัสส่วนที่มีไฟฟ้าโดยตรงหรือการใช้วัตถุสอดใส่เข้าไปในเครื่องอุปกรณ์ไฟฟ้า และยังเป็นตัวแสดงค่าความสามารถในการป้องกันความเสียหายจากของเหลวเข้าไปในเครื่องอุปกรณ์ไฟฟ้าอีกด้วย การแสดงค่าความสามารถในการป้องกันจะกำหนดเป็นค่าตัวเลขหลังอักษรตัว IP (Index of Protection) กำหนดโดยมาตรฐาน IEC 60529 และ มอก. 513-2527 และตามด้วยตัวเลขอีกสองตัวโดย

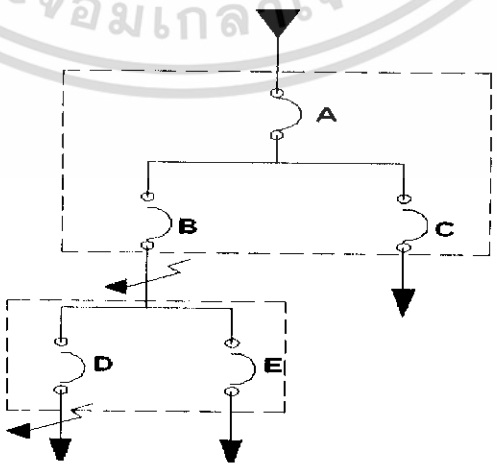
ตัวเลขตัวแรก หมายถึง ตัวเลขแสดงความสามารถในการป้องกันวัตถุ (ของแข็ง) เล็ดลอดเข้าภายใน

ตัวเลขตัวที่สอง หมายถึง ตัวเลขแสดงความสามารถในการป้องกันของเหลวเข้าไปทำความเสียหาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.5 แสดงความหมายของตัวเลขในการป้องกัน

รหัส	รหัสตัวแรก สามารถป้องกันของแข็ง	รหัสตัวที่สองสามารถป้องกันของเหลว
0	ไม่มีการป้องกัน	ไม่มีการป้องกัน
1	สามารถป้องกันของแข็งที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 50 มม. ที่มากระทบไม่ให้ลอดเข้าไปข้างในได้	สามารถป้องกันน้ำ ที่ตกลงมาในแนวดิ่งได้
2	สามารถป้องกันของแข็งที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 12 มม. ที่มากระทบไม่ให้ลอดเข้าไปข้างในได้	สามารถป้องกันน้ำ ที่ตกลงมาในแนวดิ่ง และในแนวที่ทำมุม ไม่เกิน 15 องศากับแนวดิ่งได้
3	สามารถป้องกันของแข็งที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 2.5 มม. ที่มากระทบไม่ให้ลอดเข้าไปข้างในได้	สามารถป้องกันน้ำ ที่ตกลงมาในแนวดิ่ง และในแนวที่ทำมุม ไม่เกิน 60 องศากับแนวดิ่งได้
4	สามารถป้องกันของแข็งที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 1.0 มม. ที่มากระทบไม่ให้ลอดเข้าไปข้างในได้	สามารถป้องกันน้ำที่สาดมาจากทุกทิศทางได้
5	สามารถป้องกันฝุ่นได้	สามารถป้องกันน้ำที่ถูกฉีดมาตกกระทบในทุกทิศทางได้
6	สามารถป้องกันฝุ่นได้อย่างสมบูรณ์	สามารถป้องกันน้ำฉีดอย่างแรงเข้าทุกทิศทาง
7	-	สามารถป้องกันน้ำท่วมชั่วคราวได้
8	-	สามารถป้องกันน้ำเมื่อใช้งานอยู่ใต้น้ำ



รูปที่ 2.6 Single Line Diagram ของระบบไฟฟ้าย่อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.12 การจัดลำดับของบริภัณฑ์การป้องกัน

ในการทำงานของระบบไฟฟ้าในทางปฏิบัติทั่วไปแล้ว การจ่ายไฟฟ้าให้แก่โหลดไฟฟ้าอย่างมีเสถียรภาพ เป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่ง แต่ในความเป็นจริงแล้วการจ่ายไฟฟ้าให้แก่โหลดไฟฟ้ามักจะมีปัญหาในเรื่องของ (Fault) เกิดขึ้นเสมอ ดังนั้นจำเป็นอย่างยิ่งที่ระบบไฟฟ้าต้องสามารถตัดส่วนที่เกิดความบกพร่องออกจากระบบ เพื่อยังคงความมีเสถียรภาพแก่ระบบส่วนที่ไม่มีความบกพร่อง ดังนั้นจึงต้องทำการต่อบริภัณฑ์ป้องกันดังกล่าวอนุกรมกันหลายชุดเพื่อให้ระบบทำงานประสานกันอย่างมีประสิทธิภาพ การแบ่งระบบป้องกันไฟฟ้าแรงต่ำสามารถจำแนกได้เป็น 3 อย่างคือ

1. Fully Rated Protective System
2. Selective Protective System
3. Cascade Protective System

ซึ่งใน 3 ระบบดังกล่าวนี้การเลือกใช้จะขึ้นอยู่กับการพิจารณา ความเหมาะสมกับ ระบบที่ต้องการป้องกันว่ามีความซับซ้อนเพียงใด ตลอดจนในเรื่องของความน่าเชื่อถือของระบบด้วย

2.12.1 Fully Rated Protective System ในระบบนี้ เซอร์กิตเบรกเกอร์ทุกตัวต้องมีพิกัดกระแสลัดวงจร ให้เพียงพอกระแสลัดวงจรสูงสุด ที่มีได้ ณ. ที่จุดติดตั้ง ดังแสดงในรูปที่ 2.6

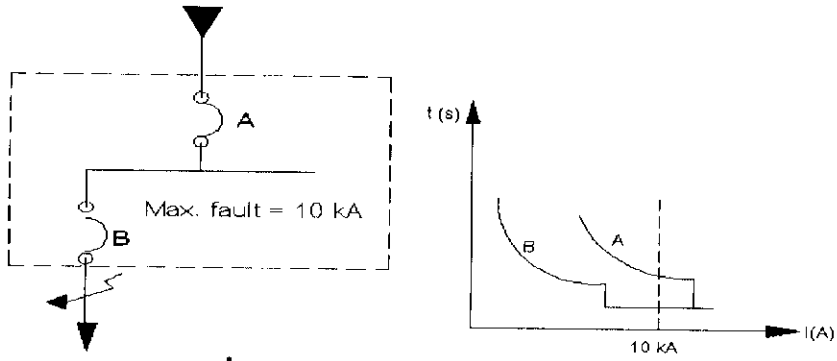
สมมติว่า : กระแสลัดวงจรที่ตำแหน่ง B เท่ากับ 30 kA
กระแสลัดวงจรที่ตำแหน่ง D เท่ากับ 10 kA

เมื่อพิจารณาค่ากระแสลัดวงจรที่ตำแหน่งเบรกเกอร์ B และ D แล้วจะพบว่าค่ากระแสลัดวงจรของเซอร์กิตเบรกเกอร์ A, B, C ค่า Ic (Interrupting Capacity) ต้องไม่ต่ำกว่า 30 kA และค่ากระแสลัดวงจรของเซอร์กิตเบรกเกอร์ D, E ค่า Ic ต้องไม่ต่ำกว่า 10 kA และไม่ว่าจะเกิดลัดวงจรขึ้นที่ใดก็ตามเซอร์กิตเบรกเกอร์ตัวใดตัวหนึ่งอาจทำการตัดวงจรก่อนก็ได้

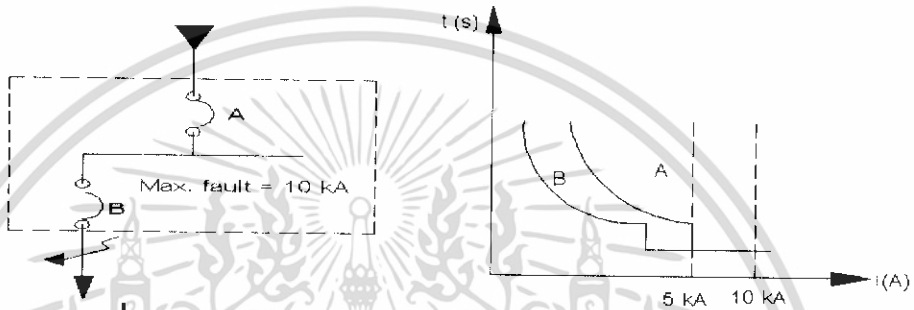
2.12.2 Selective Protective System ในระบบนี้ เซอร์กิตเบรกเกอร์ทุกตัวต้องมีพิกัดกระแสลัดวงจร ให้เพียงพอกระแสลัดวงจรสูงสุด ที่มีได้ ณ. ที่จุดติดตั้ง เช่นเดียวกับ Fully Rated Protective System แต่ต่างกันที่ Tripping Characteristic Curve ของเซอร์กิตเบรกเกอร์ ต้องไม่มีการวางทับซ้อนกัน ในการออกแบบเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่อยู่ใกล้จุดผิดพร่องที่สุด จะเป็นตัวที่ตัดวงจรก่อน นั่นก็คือเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่อยู่ตรงสายล่างของวงจร (Downsteam Circuit Breaker) จะต้องตัดวงจรก่อนเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่อยู่ตรงสายล่างของวงจร (Upsteam Circuit Breaker) ซึ่งสามารถแบ่งออกได้ 2 ชนิดคือ

1. Fully Selective Protective System
2. Partially Selective Protective System

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 Fully Selective Protective System



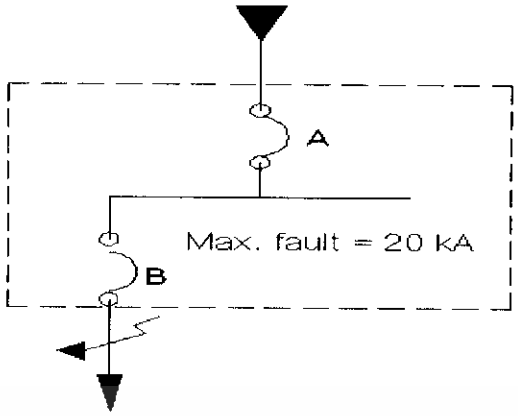
รูปที่ 2.8 Partially Selective Protective System

จากรูปที่ 2.7 เป็นการแสดง Tripping Characteristic Curve ของเซอร์กิตเบรกเกอร์ A, B ซึ่งจะพบว่าไม่ว่าจะเกิดลัดวงจรขึ้นที่ใดก็ตาม ของเซอร์กิตเบรกเกอร์ B จะตัดวงจรก่อนเสมอ

จากรูปที่ 2.8 เป็นการแสดง Tripping Characteristic Curve ของเซอร์กิตเบรกเกอร์ A, B ซึ่งจะพบว่าหากมากระแสลัดวงจรที่มีค่าสูงกว่า 5 kA ของเซอร์กิตเบรกเกอร์ A อาจตัดวงจรก่อนเซอร์กิตเบรกเกอร์ B ก็ได้

2.12.3 Cascade Protective System ในระบบ Cascade Protective System นี้จะมีเพียงเมนเซอร์กิตเบรกเกอร์ เท่านั้นที่มีพิกัดการตัดกระแสลัดวงจรเพียงพอกับค่ากระแสลัดวงจรสูงสุดที่จุดติดตั้ง ดังนั้นเซอร์กิตเบรกเกอร์ ที่อยู่ใกล้จุดที่เกิดความผิดพร่องไม่จำเป็นที่มีพิกัดการตัดกระแสลัดวงจรเพียงพอกับค่ากระแสลัดวงจรสูงสุดที่จุดพิกัดจุดติดตั้ง แต่จะอาศัยเมนเซอร์กิตเบรกเกอร์ช่วยในการตัดวงจรกรณีที่กระแสลัดวงจรสูง ๆ ถ้ามีเซอร์กิตเบรกเกอร์หลาย ๆ ตัว เซอร์กิตเบรกเกอร์ที่เป็น Upsteam Circuit Breaker ต้องมีพิกัดการตัดกระแสลัดวงจรเพียงพอกับค่ากระแสลัดวงจรสูงสุดเท่าที่จะมีได้ ส่วน Downsteam Circuit Breaker ไม่จำเป็นต้องมีพิกัดการตัดกระแสลัดวงจรเพียงพอกับค่ากระแสลัดวงจรสูงสุดที่จุดติดตั้ง เพราะว่าเซอร์กิดเบรกเกอร์ที่เป็น Upsteam Circuit Breaker จะช่วยในการตัดวงจรให้แก่เซอร์กิดเบรกเกอร์ที่เป็น Downsteam Circuit Breaker นั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 Single Line Diagram ของกรณี Cascade Protective System

จากรูปที่ 2.9 จะพบว่าในกรณีนี้กระแสลัดวงจรสูงสุดมีค่าเท่ากับ 20 kA แต่ว่าเราสามารถที่เลือกเมนเซอร์กิตเบรกเกอร์ ให้ขนาด 100 kA โดยมีข้อแม้ว่าเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่เลือกใช้ต้องเป็นแบบจำกัดกระแส (Current Limiting Circuit Breaker) เพราะว่าเซอร์กิตเบรกเกอร์ชนิดนี้จะตัดวงจรได้ในเวลา 5 ms (¼ คาบเวลา) ซึ่งถ้ามีกระแสลัดวงจรที่รุนแรง Downsteam Circuit Breaker ก็จะไม่ได้รับผลกระทบจากกระแสลัดวงจร

2.12.4 ความรู้เบื้องต้นในการทำ Coordination

1. ระบบที่จะทำการ Coordination

- ต้องมี single line diagram ของระบบที่แสดงบริภัณฑ์ไฟฟ้าต่างๆ เช่นบัสบาร์, เซอร์กิตเบรกเกอร์, รีเลย์, หม้อแปลงเครื่องวัด, หม้อแปลงกำลัง, สายไฟ, โหลด
- ชนิด หรือ พิกัดรวมทั้งอิมพีแดนซ์ของโหลดที่เกี่ยวข้อง และข้อมูลของการหากระแสลัดวงจรด้วย
- กระแสลัดวงจร ทั้งค่าสูงสุดและต่ำสุดขณะที่ทำงาน

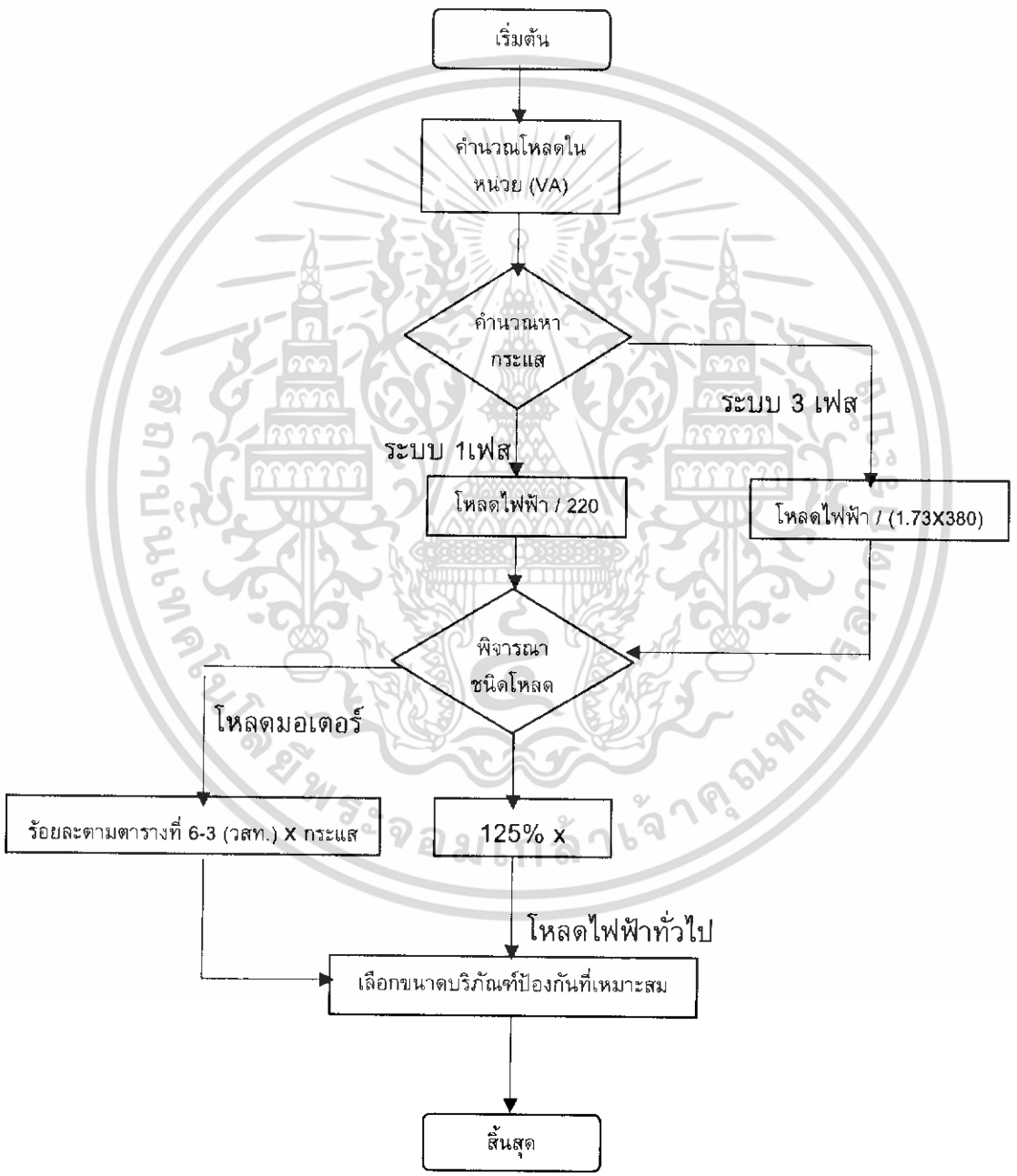
2. ช่วงเวลาในการทำ Coordination ของบริภัณฑ์ป้องกัน ซึ่งสามารถพิจารณาได้จาก

- ขนาดของกระแสลัดวงจร
- ความไวของบริภัณฑ์ป้องกันต่อกระแสลัดวงจร
- ช่วงเวลาที่บริภัณฑ์ป้องกันทำงาน
- หน้าที่ของบริภัณฑ์ป้องกัน

3. ขอบเขตของการป้องกันบริภัณฑ์ไฟฟ้า สามารถพิจารณาได้จากบริภัณฑ์ไฟฟ้าต่างๆ เช่น บัสบาร์, เซอร์กิตเบรกเกอร์, รีเลย์, หม้อแปลงเครื่องวัด, หม้อแปลงกำลัง, สายไฟ, โหลด โดยอาศัยมาตรฐาน ที่มีอยู่เช่น IEC, NEC เป็นตัวกำหนดพิกัดป้องกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. คุณสมบัติบริภัณฑ์ป้องกัน บริภัณฑ์ป้องกันทุกชนิดต้องมีคุณสมบัติกระแสที่ไหลแปรผกผันกับเวลา โดยที่กระแสที่ไหลมีค่าที่สูง เวลาที่ทำงานก็จะสั้น แต่เมื่อกระแสที่ไหลมีค่าน้อยเวลาที่ทำงานก็จะมาก โดยบริภัณฑ์ที่พบส่วนใหญ่ คือ เซอร์กิตเบรกเกอร์, รีเลย์, ฟิวส์ คุณสมบัติบริภัณฑ์ป้องกันจะแสดงในรูปกราฟ log-log โดยแนวตั้งเป็นเลา แนวนอนเป็นกระแส
5. ขั้นตอนการหาขนาดบริภัณฑ์ป้องกัน ดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 Flow Chart ขั้นตอนการหาขนาดบริภัณฑ์ป้องกัน

2.13 วิธีการควบคุมระบบไฟฟ้าโดยการเขียนโปรแกรมควบคุม AllLight

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.13.1 พื้นฐานเกี่ยวกับระบบ AllLight ระบบ AllLight เป็นระบบควบคุมการเปิด-ปิด วงจรไฟฟ้าที่จ่ายกระแสไปยังอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ โดยชุดควบคุม AllLight จะควบคุมการเปิด-ปิด ในลักษณะของ Network Switch หมายถึงอุปกรณ์ AllLight นี้จะแบ่งออกชุดควบคุม(AllLight Box) ใน 1 ชุดควบคุมจะประกอบด้วย Switch 8 ตัว หรือเรียกว่า 8 channel ที่เรียกว่า Network Switch เพราะชุดควบคุมแต่ละชุดสามารถเชื่อมโยงต่อถึงกันได้เป็นเครือข่าย โดยแต่ละกล่องจะมี ID ของกล่อง และเชื่อมต่อชุดควบคุมด้วยสายโทรศัพท์ แต่ละชุดควบคุมสามารถทำการควบคุมข้ามไปยังอีกฝั่งหนึ่งได้ในลักษณะของ Network จากแป้นควบคุมชุดเดียวกัน นอกจากนั้นยังสามารถทำการควบคุมได้หลายวิธีด้วยกันคือ การควบคุมจากแป้นควบคุม AllLight การควบคุมจากคอมพิวเตอร์ การควบคุมจากรีโมท การควบคุมจากโทรศัพท์ การควบคุมจากอุณหภูมิ การควบคุมจากแสงสว่างเป็นต้น

ส่วนประกอบสำคัญของระบบ AllLight

1. กล่องควบคุม AllLight
2. แป้นควบคุม AllLight
3. สายสัญญาณโทรศัพท์ใช้ในการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ของ AllLight

กล่องควบคุม AllLight เป็นหัวใจของชุดควบคุม AllLight ในส่วนของกล่องควบคุม AllLight จะประกอบไปด้วย 3 ส่วน ส่วนแรกเป็นแผงควบคุม AllLight เป็นแผงควบคุมการทำงานทั้งหมด มีหน้าที่ในการควบคุมการเปิด-ปิด, สื่อสาร ข้อมูลระหว่างชุดควบคุมและอุปกรณ์ต่อพ่วงต่างๆของ AllLight ให้สามารถทำงานได้ ส่วนที่สองเป็นส่วนของชุดรีเลย์ ทำหน้าที่เป็น Switch เปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า ที่ต่อเข้ากับอุปกรณ์ AllLight โดยจะคอยรับสัญญาณจากการเปิด-ปิด จากการควบคุมส่วนสุดท้ายจะเป็นส่วนของระบบจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับระบบควบคุม

แป้นควบคุม AllLight มีลักษณะเป็นแป้น Switch ที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของกล่องควบคุม AllLight โดยลักษณะการทำงานจะเป็นแบบ Switch แบบ Toggel Switch แป้นควบคุม AllLight จะมีหลายชนิดเช่นแป้นควบคุม AllLight แบบใช้กับ 1 กล่อง แป้นควบคุม AllLight หรือแป้นควบคุมแบบตั้งเวลาได้

สายสัญญาณโทรศัพท์ใช้ในการเชื่อมต่อระหว่างอุปการณ์ของ AllLight เข้าด้วยการเพื่อสื่อสารข้อมูลต่างๆที่ใช้ในการทำงานในรูปแบบของ Network Switch

2.13.2 รูปแบบคำสั่ง AllLight Protocal คำสั่งที่ใช้ในการควบคุมการทำงานด้วย computer ของ AllLight Box นั้นเป็นชุดข้อมูลจำนวน 11 ข้อมูล โดยในการส่งคำสั่งแต่ละครั้งจะส่งเรียงเป็นชุดออกไปทาง Serial Port รูปแบบของคำสั่งจะมีลักษณะดังนี้

ตารางที่ 2.6 รูปแบบ OUTPUT DATA

SYNC	SID 1	SID 2	DID 1	DID 2	CMD 1	CMD 2	LG 1	LG 2	CRC	END
EA	Source ID	Source ID	Destination ID	Destination ID	Command	Command	LG	LG	CRC	EB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.13.3 Out Put Data ข้อมูลชุดคำสั่งที่ส่งออกทาง Serial Port จะประกอบด้วยข้อมูลจำนวน 11 Byte ประกอบด้วย

- SYNC เป็น Start Byte ของข้อมูลคำสั่ง AllLight เป็น 'EA' เสมอ
- SID 1, SID 2 เป็นหมายเลยกล่องที่มีการส่งข้อมูลเข้ามาที่คอมพิวเตอร์ ในการส่งข้อมูลออกไม่จำเป็นต้องส่งข้อมูลออกก็ได้
- DID 1, DID 2 เป็นหมายเลยกล่อง AllLight ปลายทางที่เราต้องการให้กล่องนั้นทำงาน (ID ของกล่อง) ID นี้เป็นเลขฐาน 16 โดย DID 2 เป็น lo-byte ค่าสูงสุดของแต่ละ byte คือ 'FFH' ส่วน DID 1 เป็น hi-byte ใช้ในกรณีที่ lo-byte เกิน 'FFH' เช่นค่า Box ID ของ AllLight เป็น 256 ในเลขฐาน 10 เท่ากับ '100H' ในฐาน 16 ค่าของ lo-byteจะเป็น '00H' และ hi-byte จะเป็น '01H'
- CMD 1, CMD 2 หรือ Command เป็นชุดคำสั่งที่ส่งไปยังหมายเลขกล่อง AllLight ปลายทางว่าจะให้กล่อง AllLight ปลายทางนั้นทำงานอะไรคำสั่งจะอยู่ในรูปเลขฐาน 16 เช่น

ตารางที่ 2.7 แสดงค่า CMD 1 และ CMD2

CMD 1	CMD 2	การทำงาน
55H	90H	กลับไปยังกล่อง Local Box
AAH	0DH	เปิดทุกกล่องและทุก Channel

- LG 1, LG 2 ค่าของ Channel ที่ทำงานเช่น

ตารางที่ 2.8 แสดงค่า LG 1 และ LG 2

LG 1	LG 2	ฐาน 10	ฐาน 16	การคำนวณ	Channel ที่ทำงาน
00H	80H	128	80H	80H	8
00H	83H	131	83H	80H+2H+1H	8,2,1
00H	E0H	224	E0H	80H+40H+20H	8,7,6
00H	56H	86	56H	40H+10H+4H+2H	7,5,3,2

ตารางที่ 2.9 แสดงค่า INPUT DATA

SYNC	SOR 1	SOR 2	DES 1	DES 2	DEV	CMD	INF 1	INF 2	CRC	END
EA	Source ID	Source ID	Destination ID	Destination ID	DEV	CMD	Information	Information	CRC	E8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- CRC เป็น byte ที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่ส่ง โดยชุดคำสั่งจะมี 2 แบบคือ keypad protocol และ PC protocol หากเป็น keypad protocol จำเป็นต้องมี CRC byte ในการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล แต่ถ้าเป็น PC protocol ไม่จำเป็นต้องมี CRC ก็ได้ หรือคำนวณก็ได้ (หากไม่คำนวณให้ใส่ค่า CRC เป็น 'AAH')
- END Stop byte ใช้สำหรับปิดท้ายชุดคำสั่ง เป็น 'E8' เสมอ

หลังจากที่ส่งข้อมูลออกจาก Serial Port แล้ว Computer Control จะตรวจสอบความถูกต้องของคำสั่งที่ส่ง หากถูกต้องคำสั่งจะถูกส่งไปยัง AllLight Box ทำงานเสร็จแล้ว จะส่งผลการทำงานกลับมายัง Computer ทาง Serial Port เป็น Input Data สามารถนำค่า Input Data นี้มาใช้ในการแสดงผลการทำงานของ AllLight Box ว่าถูกต้องตรงกับคำสั่งที่ส่งออกไปให้ AllLight Box หรือไม่ รูปแบบของคำสั่ง Input Data นั้นมีลักษณะคล้ายกับ Output Data

- SYNC เป็น Start Byte ของข้อมูลคำสั่ง AllLight เป็น 'EA' เสมอ
- SOR 1, SOR 2 เป็นหมายเลขกล่องที่ทำงานคำสั่ง(หมายเลข Box ID ที่ส่งค่า Input Data เข้ามายัง Computer) โดยหมายเลข Box ID จะอยู่รูปเลขฐาน 16 เช่น 15H คือค่า Box ID 21 เป็นต้น
- DES 1, DES 2 เป็นหมายเลขกล่องที่ AllLight Computer Control ต่ออยู่กับ AllLight Computer Control ต่ออยู่กับ Box ID 1 ค่า DES 1 จะเท่ากับ 00H และค่า DES 2 จะเท่ากับ 01H เป็นต้น
- DEV บอกถึงประเภทของ AllLight Box ที่ส่งคำสั่งว่าเป็น Local Box หรือ Inter Box เช่น CCH เป็นค่าที่ส่งจาก Inter Box
- CMD ค่ารหัสคำสั่งส่งข้อมูลกลับ โดยปกติเป็น '07H'
- INF 1, INF 2 สถานะ การทำงานของ AllLight Box (INFORMATION) โดยจะบอกเป็น 2 สถานะคือ

1. สถานะก่อนคำสั่งที่ส่งจากคอมพิวเตอร์ จะบอกเป็นเลขผลรวมในระบบฐาน 16 ดูได้จาก INF 1 byte
2. สถานะหลังจากคำสั่งเสร็จเรียบร้อยแล้ว ในรูปแบบของผลรวมในระบบเลขฐาน 16 ดูได้จาก INF 2 byte

- CRC เป็น byte ที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล Input Data
- END Stop byte ใช้สำหรับปิดท้ายชุดคำสั่งเป็น 'E8' เสมอ

2.13.4 AllLight Protocal Table โดย AllLight Protocal จะมี 2 แบบคือ

1. แบบคำสั่ง key pad protocol ที่มีรูปแบบคำสั่งเหมือนกับ protocol ของ keypad AllLight ในการส่งคำสั่ง key pad protocol จำเป็นต้องคำนวณค่าCRC byte เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลในการส่งข้อมูลระหว่าง AllLight Box และคอมพิวเตอร์โดยมี AllLight Computer Control เป็นตัวตรวจสอบ

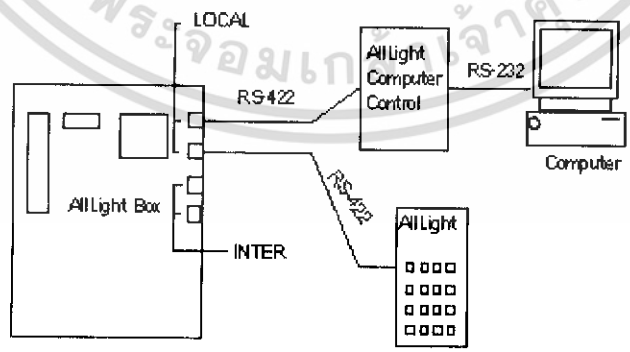
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. แบบคำสั่ง PC protocol มีลักษณะพิเศษคือไม่จำเป็นต้องคำนวณค่า CRC byte เพื่อความรวดเร็วในการส่งข้อมูลหากต้องการคำนวณ CRC byte ก็สามาระทำได้ แต่อาจเสียเวลาในการส่งข้อมูลเพิ่มขึ้น

2.13.5 การควบคุมอุปกรณ์ AllLight จากคอมพิวเตอร์ การควบคุมอุปกรณ์ AllLight จากคอมพิวเตอร์นั้นจะต้องมี AllLight Computer Control เพื่อใช้ในการควบคุมการทำงานระหว่างคอมพิวเตอร์กับชุดควบคุมของ AllLight โดยอุปกรณ์ Computer Control จะทำงานเป็นอุปกรณ์แปลงสัญญาณคอมพิวเตอร์ในแบบสัญญาณ RS-232C เป็นสัญญาณ RS-422 ในการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ของ AllLight แต่ละอุปกรณ์สามารถสื่อสารกันได้ 1 กิโลเมตร ภายใน 1 Network ภายในอุปกรณ์ AllLight Computer Control ไม่ได้เป็นอุปกรณ์แปลงสัญญาณ RS-232C เป็น RS-422 เพียงอย่างเดียว AllLight Computer Control ยังทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่ส่งออกมาจากคอมพิวเตอร์ ว่าส่งออกมาถูกต้องหรือไม่ โดยในการส่งข้อมูลระหว่างกันจะมีการตรวจสอบรหัส CRC (รหัสที่ใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลหากไม่ถูกต้องอุปกรณ์ AllLight Computer Control จะไม่ส่งข้อมูลที่ผิดพลาดนี้ไปยังกล่องควบคุม เพื่อป้องกันความผิดพลาดที่เกิดจากการส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ชนิดต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้นได้

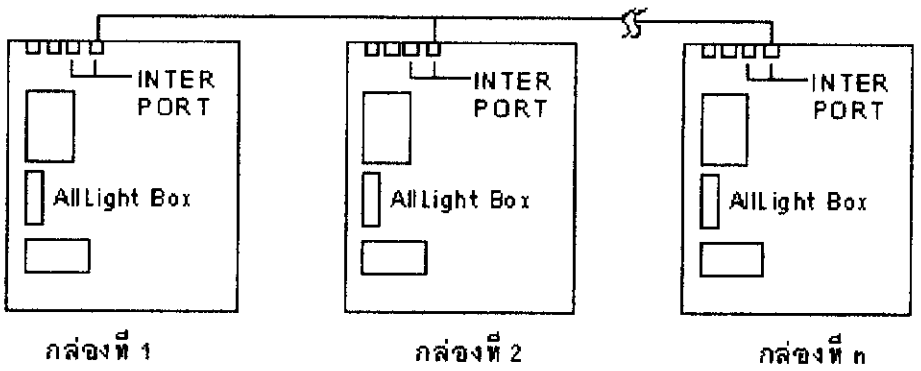
จากรูปเป็นการติดตั้ง AllLight Computer Control โดยการต่อ AllLight Computer Control เข้ากับ Prot RS-232 (serial port) ที่เครื่องคอมพิวเตอร์ อาจจะเป็น COM 1 หรือ COM 2 ก็ได้และอีกด้านหนึ่งจะเป็นหัวเสียบ RJ11 ให้ต่อโดยการต่อสายโทรศัพท์แบบ 4 core จากช่อง RJ11 ของ AllLight Computer Control เข้ากับ Local Port ของ AllLight จะมี 2 ช่อง จะต่อเข้ากับช่องที่ 1 หรือช่องที่ 2 ก็ได้

ช่องสัญญาณ Inter Port ของ AllLight Box ก็จะมี 2 ช่องสัญญาณเหมือนกัน หากเป็นกล่องแรก จะใช้เพียงช่องสัญญาณเดียว เพื่อใช้เชื่อมต่อสัญญาณข้อมูลต่อไปยัง AllLight Box กล่องอื่นดังรูป



รูปที่ 2.11 การต่อ AllLight Computer Control เข้ากับ Port RS-232 (Serial Port)

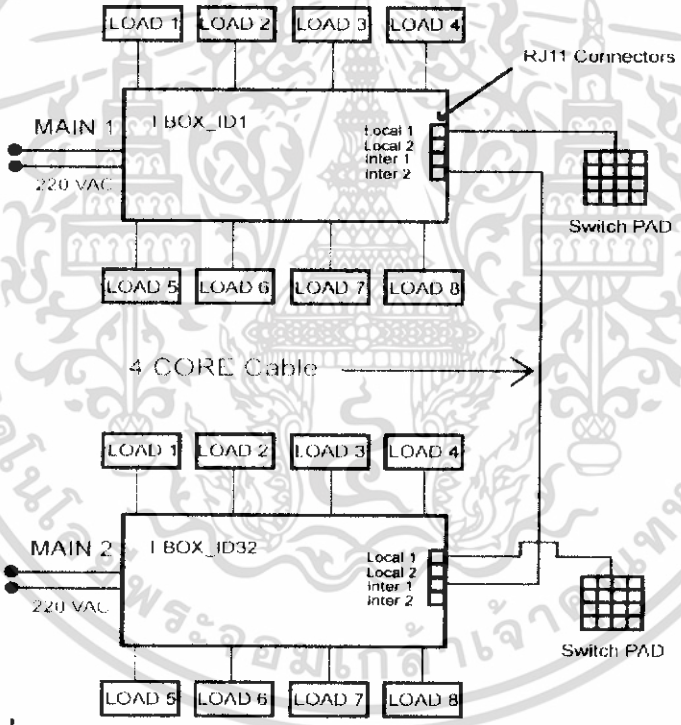
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.12 แสดงช่องสัญญาณ Inter Port ของ AllLight Box

ในการติดตั้ง AllLight ตั้งแต่ 2 กล่องขึ้นไปจะต้องมีการ Set ID ของ AllLight ให้มี ID ประจำกล่องต้องไม่ซ้ำกัน หรือมี ID เหมือนกัน

2.13.6 การต่อ AllLight Controller ระหว่างกล่อง (Inter Port)



รูปที่ 2.13 การต่อ AllLight Controller ระหว่างกล่อง (Inter Port)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบและสร้าง

3.1 การคำนวณระบบไฟฟ้า

3.1.1 การคำนวณโหลดไฟฟ้าทางเดิน เราเลือกใช้ Compact Fluorescent Lamp ขนาด 5 W ในการส่องเป็นแสงสว่างทางเดิน ค่า VA ต่อ 1 หลอดคือ 8.33 VA ซึ่งจะมีทั้งหมด 10 Circuit

3.1.1.1 Circuit SP1-5 ใช้หลอดแบบCompact Fluorescent ขนาด 5 W จำนวน 6 หลอด ซึ่งแต่ละหลอดมีค่า 8.33 VA

- หาค่า VA รวมใน 1 Circuit = 8.33*6 = 49.98 VA
- หาค่ากระแส(I) ใน 1 Circuit = 49.98/220 = 0.227 A
- ดังนั้นต้องเลือก Relay ขนาด 16 A ตามตารางรายการสินค้า
- เลือกสายที่จ่ายให้กับวงจรย่อยจากตาราง ว.ส.ท. ซึ่งกำหนดให้ใช้สาย NYY ขนาด 2.5 mm^2

3.1.1.2 Circuit SP2-5 ใช้หลอดแบบCompact Fluorescent ขนาด 5 W จำนวน 5 หลอด ซึ่งแต่ละหลอดมีค่า 8.33 VA

- หาค่า VA รวมใน 1 Circuit = 8.33*5 = 41.65 VA
- หาค่ากระแส(I) ใน 1 Circuit = 41.65/220 = 0.189 A
- ดังนั้นต้องเลือก Relay ขนาด 16 A ตามตารางรายการสินค้า
- เลือกสายที่จ่ายให้กับวงจรย่อยจากตาราง ว.ส.ท. ซึ่งกำหนดให้ใช้สาย NYY ขนาด 2.5 mm^2

3.1.1.3 Circuit SP3-5 ใช้หลอดแบบCompact Fluorescent ขนาด 5 W จำนวน 9 หลอด ซึ่งแต่ละหลอดมีค่า 8.33 VA

- หาค่า VA รวมใน 1 Circuit = 8.33*9 = 74.97 VA
- หาค่ากระแส(I) ใน 1 Circuit = 74.97/220 = 0.341 A
- ดังนั้นต้องเลือก Relay ขนาด 16 A ตามตารางรายการสินค้า
- เลือกสายที่จ่ายให้กับวงจรย่อยจากตาราง ว.ส.ท. ซึ่งกำหนดให้ใช้สาย NYY ขนาด 2.5 mm^2

3.1.1.4 Circuit SP6-5 ใช้หลอดแบบCompact Fluorescent ขนาด 5 W จำนวน 11 หลอด ซึ่งแต่ละหลอดมีค่า 8.33 VA

- หาค่า VA รวมใน 1 Circuit = 8.33*11 = 91.63 VA
- หาค่ากระแส(I) ใน 1 Circuit = 91.63/220 = 0.4165 A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ดังนั้นต้องเลือก Relay ขนาด 16 A ตามตารางรายการสินค้า
- เลือกสายที่จ่ายให้กับวงจรย่อยจากตาราง ว.ส.ท. ซึ่งกำหนดให้ใช้สาย NYY ขนาด 2.5 mm^2

3.1.1.5 Circuit SP7-5 ใช้หลอดแบบCompact Fluorescent ขนาด 5 W จำนวน 7 หลอด ซึ่งแต่ละหลอดมีค่า 8.33 VA

- หาค่า VA รวมใน 1 Circuit = 8.33*7 = 58.31 VA
- หาค่ากระแส(I) ใน 1 Circuit = 58.31/220 = 0.265 A
- ดังนั้นต้องเลือก Relay ขนาด 16 A ตามตารางรายการสินค้า
- เลือกสายที่จ่ายให้กับวงจรย่อยจากตาราง ว.ส.ท. ซึ่งกำหนดให้ใช้สาย NYY ขนาด 2.5 mm^2

3.1.1.6 Circuit SP8-5 ใช้หลอดแบบCompact Fluorescent ขนาด 5 W จำนวน 5 หลอด ซึ่งแต่ละหลอดมีค่า 8.33 VA

- หาค่า VA รวมใน 1 Circuit = 8.33*5 = 41.65 VA
- หาค่ากระแส(I) ใน 1 Circuit = 41.65/220 = 0.189 A
- ดังนั้นต้องเลือก Relay ขนาด 16 A ตามตารางรายการสินค้า
- เลือกสายที่จ่ายให้กับวงจรย่อยจากตาราง ว.ส.ท. ซึ่งกำหนดให้ใช้สาย NYY ขนาด 2.5 mm^2

3.1.1.7 Circuit SP11-5 ใช้หลอดแบบCompact Fluorescent ขนาด 5 W จำนวน 8 หลอด ซึ่งแต่ละหลอดมีค่า 8.33 VA

- หาค่า VA รวมใน 1 Circuit = 8.33*8 = 66.64 VA
- หาค่ากระแส(I) ใน 1 Circuit = 66.64/220 = 0.303 A
- ดังนั้นต้องเลือก Relay ขนาด 16 A ตามตารางรายการสินค้า
- เลือกสายที่จ่ายให้กับวงจรย่อยจากตาราง ว.ส.ท. ซึ่งกำหนดให้ใช้สาย NYY ขนาด 2.5 mm^2

3.1.1.8 Circuit SP12-5 ใช้หลอดแบบCompact Fluorescent ขนาด 5 W จำนวน 10 หลอด ซึ่งแต่ละหลอดมีค่า 8.33 VA

- หาค่า VA รวมใน 1 Circuit = 8.33*10 = 83.30 VA
- หาค่ากระแส(I) ใน 1 Circuit = 83.30/220 = 0.379 A
- ดังนั้นต้องเลือก Relay ขนาด 16 A ตามตารางรายการสินค้า
- เลือกสายที่จ่ายให้กับวงจรย่อยจากตาราง ว.ส.ท. ซึ่งกำหนดให้ใช้สาย NYY ขนาด 2.5 mm^2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.1.9 Circuit SP13-5 ใช้หลอดแบบCompact Fluorescent ขนาด 5 W จำนวน 9 หลอด ซึ่งแต่ละหลอดมีค่า 8.33 VA

- หาค่า VA รวมใน 1 Circuit = 8.33*9 = 74.97 VA
- หาค่ากระแส(I) ใน 1 Circuit = 74.97/220 = 0.341 A
- ดังนั้นต้องเลือก Relay ขนาด 16 A ตามตารางรายการสินค้า
- เลือกสายที่จ่ายให้กับวงจรย่อยจากตาราง ว.ส.ท. ซึ่งกำหนดให้ใช้สาย NYY ขนาด 2.5 mm^2

3.1.1.10 Circuit SP14-5 ใช้หลอดแบบCompact Fluorescent ขนาด 5 W จำนวน 14 หลอด ซึ่งแต่ละหลอดมีค่า 8.33 VA

- หาค่า VA รวมใน 1 Circuit = 8.33*14 = 116.62 VA
- หาค่ากระแส(I) ใน 1 Circuit = 116.62/220 = 0.530 A
- ดังนั้นต้องเลือก Relay ขนาด 16 A ตามตารางรายการสินค้า
- เลือกสายที่จ่ายให้กับวงจรย่อยจากตาราง ว.ส.ท. ซึ่งกำหนดให้ใช้สาย NYY ขนาด 2.5 mm^2

3.1.2 การคำนวณโหลดไฟฟ้าแสดงชิ้นงาน เราเลือกใช้ Incandescent Lamp ขนาด 100 W, 120 W ในการส่องไฟแสดงชิ้นงานค่า VA ต่อ 1 หลอดคือ 100 VA, 120 VA เพราะเป็นหลอดไส้ นอกจากนี้ยังใช้หลอด Metal Halide Lamp ขนาด 20 W ในการส่องไฟแสดงชิ้นงานค่า VA ต่อ 1 หลอดคือ 33.33 VA ซึ่งจะมีทั้งหมด 56 Circuit ย่อย

3.1.2.1 Circuit SP1-1 ใช้หลอดแบบ Metal Halide Lamp ขนาด 20 W จำนวน 3 หลอด ซึ่งแต่ละหลอดมีค่า 33.33 VA

- หาค่า VA รวมใน 1 Circuit = 33.33*3 = 99.99 VA
- หาค่ากระแส(I) ใน 1 Circuit = 99.99/220 = 0.455 A
- ดังนั้นต้องเลือก Relay ขนาด 16 A ตามตารางรายการสินค้า
- เลือกสายที่จ่ายให้กับวงจรย่อยจากตาราง ว.ส.ท. ซึ่งกำหนดให้ใช้สาย NYY ขนาด 2.5 mm^2

3.1.2.2 Circuit SP1-2 ใช้หลอดแบบ Incandescent ขนาด 100 W จำนวน 1 หลอด ซึ่งแต่ละหลอดมีค่า 100 VA

- หาค่า VA รวมใน 1 Circuit = 100*1 = 100 VA
- หาค่ากระแส(I) ใน 1 Circuit = 100/220 = 0.455 A
- ดังนั้นต้องเลือก Relay ขนาด 16 A ตามตารางรายการสินค้า
- เลือกสายที่จ่ายให้กับวงจรย่อยจากตาราง ว.ส.ท. ซึ่งกำหนดให้ใช้สาย NYY ขนาด 2.5 mm^2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2.3 Circuit SP1-3 ใช้หลอดแบบ Incandescent ขนาด 100 W จำนวน 1 หลอด ซึ่งแต่ละหลอดมีค่า 100 VA

- หาค่า VA รวมใน 1 Circuit = 100*1 = 100 VA
- หาค่ากระแส(I) ใน 1 Circuit = 100/220 = 0.455 A
- ดังนั้นต้องเลือก Relay ขนาด 16 A ตามตารางรายการสินค้า
- เลือกสายที่จ่ายให้กับวงจรย่อยจากตาราง ว.ส.ท. ซึ่งกำหนดให้ใช้สาย NYY ขนาด 2.5 mm^2

3.1.2.4 Circuit SP1-4 ใช้หลอดแบบ Incandescent ขนาด 100 W จำนวน 1 หลอด ซึ่งแต่ละหลอดมีค่า 100 VA

- หาค่า VA รวมใน 1 Circuit = 100*1 = 100 VA
- หาค่ากระแส(I) ใน 1 Circuit = 100/220 = 0.455 A
- ดังนั้นต้องเลือก Relay ขนาด 16 A ตามตารางรายการสินค้า
- เลือกสายที่จ่ายให้กับวงจรย่อยจากตาราง ว.ส.ท. ซึ่งกำหนดให้ใช้สาย NYY ขนาด 2.5 mm^2

3.1.2.5 Circuit SP2-1 ใช้หลอดแบบ Metal Halide Lamp ขนาด 20 W จำนวน 3 หลอด ซึ่งแต่ละหลอดมีค่า 33.33 VA

- หาค่า VA รวมใน 1 Circuit = 33.33*3 = 99.99 VA
- หาค่ากระแส(I) ใน 1 Circuit = 99.99/220 = 0.455 A
- ดังนั้นต้องเลือก Relay ขนาด 16 A ตามตารางรายการสินค้า
- เลือกสายที่จ่ายให้กับวงจรย่อยจากตาราง ว.ส.ท. ซึ่งกำหนดให้ใช้สาย NYY ขนาด 2.5 mm^2

3.1.2.6 Circuit SP2-2 ใช้หลอดแบบ Incandescent ขนาด 100 W จำนวน 2 หลอด ซึ่งแต่ละหลอดมีค่า 100 VA

- หาค่า VA รวมใน 1 Circuit = 100*2 = 200 VA
- หาค่ากระแส(I) ใน 1 Circuit = 200/220 = 0.909 A
- ดังนั้นต้องเลือก Relay ขนาด 16 A ตามตารางรายการสินค้า
- เลือกสายที่จ่ายให้กับวงจรย่อยจากตาราง ว.ส.ท. ซึ่งกำหนดให้ใช้สาย NYY ขนาด 2.5 mm^2

3.1.2.7 Circuit SP2-3 ใช้หลอดแบบ Incandescent ขนาด 100 W จำนวน 2 หลอด ซึ่งแต่ละหลอดมีค่า 100 VA

- หาค่า VA รวมใน 1 Circuit = 100*2 = 200 VA
- หาค่ากระแส(I) ใน 1 Circuit = 200/220 = 0.909 A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ดังนั้นต้องเลือก Relay ขนาด 16 A ตามตารางรายการสินค้า
- เลือกสายที่จ่ายให้กับวงจรย่อยจากตาราง ว.ส.ท. ซึ่งกำหนดให้ใช้สาย NYY ขนาด 2.5 mm^2

3.1.2.8 Circuit SP2-4 ใช้หลอดแบบ Incandescent ขนาด 100 W จำนวน 1 หลอด ซึ่งแต่ละหลอดมีค่า 100 VA

- หาค่า VA รวมใน 1 Circuit = 100*1 = 100 VA
- หาค่ากระแส(I) ใน 1 Circuit = 100/220 = 0.455 A
- ดังนั้นต้องเลือก Relay ขนาด 16 A ตามตารางรายการสินค้า
- เลือกสายที่จ่ายให้กับวงจรย่อยจากตาราง ว.ส.ท. ซึ่งกำหนดให้ใช้สาย NYY ขนาด 2.5 mm^2

3.1.2.9 Circuit SP3-1 ใช้หลอดแบบ Metal Halide Lamp ขนาด 20 W จำนวน 3 หลอด ซึ่งแต่ละหลอดมีค่า 33.33 VA

- หาค่า VA รวมใน 1 Circuit = 33.33*3 = 99.99 VA
- หาค่ากระแส(I) ใน 1 Circuit = 99.99/220 = 0.455 A
- ดังนั้นต้องเลือก Relay ขนาด 16 A ตามตารางรายการสินค้า
- เลือกสายที่จ่ายให้กับวงจรย่อยจากตาราง ว.ส.ท. ซึ่งกำหนดให้ใช้สาย NYY ขนาด 2.5 mm^2

3.1.2.10 Circuit SP3-2 ใช้หลอดแบบ Incandescent ขนาด 100 W จำนวน 1 หลอด ซึ่งแต่ละหลอดมีค่า 100 VA

- หาค่า VA รวมใน 1 Circuit = 100*1 = 100 VA
- หาค่ากระแส(I) ใน 1 Circuit = 100/220 = 0.455 A
- ดังนั้นต้องเลือก Relay ขนาด 16 A ตามตารางรายการสินค้า
- เลือกสายที่จ่ายให้กับวงจรย่อยจากตาราง ว.ส.ท. ซึ่งกำหนดให้ใช้สาย NYY ขนาด 2.5 mm^2

3.1.2.11 Circuit SP3-3 ใช้หลอดแบบ Incandescent ขนาด 100 W จำนวน 1 หลอด ซึ่งแต่ละหลอดมีค่า 100 VA

- หาค่า VA รวมใน 1 Circuit = 100*1 = 100 VA
- หาค่ากระแส(I) ใน 1 Circuit = 100/220 = 0.455 A
- ดังนั้นต้องเลือก Relay ขนาด 16 A ตามตารางรายการสินค้า
- เลือกสายที่จ่ายให้กับวงจรย่อยจากตาราง ว.ส.ท. ซึ่งกำหนดให้ใช้สาย NYY ขนาด 2.5 mm^2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2.12 Circuit SP3-4 ใช้หลอดแบบ Incandescent ขนาด 100 W จำนวน 1 หลอด ซึ่งแต่ละหลอดมีค่า 100 VA

- หาค่า VA รวมใน 1 Circuit = 100*1 = 100 VA
- หาค่ากระแส(I) ใน 1 Circuit = 100/220 = 0.455 A
- ดังนั้นต้องเลือก Relay ขนาด 16 A ตามตารางรายการสินค้า
- เลือกสายที่จ่ายให้กับวงจรย่อยจากตาราง ว.ส.ท. ซึ่งกำหนดให้ใช้สาย NYY ขนาด 2.5 mm^2

3.1.2.13 Circuit SP4-1 ใช้หลอดแบบ Metal Halide Lamp ขนาด 20 W จำนวน 3 หลอด ซึ่งแต่ละหลอดมีค่า 33.33 VA

- หาค่า VA รวมใน 1 Circuit = 33.33*3 = 99.99 VA
- หาค่ากระแส(I) ใน 1 Circuit = 99.99/220 = 0.455 A
- ดังนั้นต้องเลือก Relay ขนาด 16 A ตามตารางรายการสินค้า
- เลือกสายที่จ่ายให้กับวงจรย่อยจากตาราง ว.ส.ท. ซึ่งกำหนดให้ใช้สาย NYY ขนาด 2.5 mm^2

3.1.2.14 Circuit SP4-2 ใช้หลอดแบบ Incandescent ขนาด 100 W จำนวน 1 หลอด ซึ่งแต่ละหลอดมีค่า 100 VA

- หาค่า VA รวมใน 1 Circuit = 100*1 = 100 VA
- หาค่ากระแส(I) ใน 1 Circuit = 100/220 = 0.455 A
- ดังนั้นต้องเลือก Relay ขนาด 16 A ตามตารางรายการสินค้า
- เลือกสายที่จ่ายให้กับวงจรย่อยจากตาราง ว.ส.ท. ซึ่งกำหนดให้ใช้สาย NYY ขนาด 2.5 mm^2

3.1.2.15 Circuit SP4-3 ใช้หลอดแบบ Incandescent ขนาด 100 W จำนวน 1 หลอด ซึ่งแต่ละหลอดมีค่า 100 VA

- หาค่า VA รวมใน 1 Circuit = 100*1 = 100 VA
- หาค่ากระแส(I) ใน 1 Circuit = 100/220 = 0.455 A
- ดังนั้นต้องเลือก Relay ขนาด 16 A ตามตารางรายการสินค้า
- เลือกสายที่จ่ายให้กับวงจรย่อยจากตาราง ว.ส.ท. ซึ่งกำหนดให้ใช้สาย NYY ขนาด 2.5 mm^2

3.1.2.16 Circuit SP4-4 ใช้หลอดแบบ Incandescent ขนาด 100 W จำนวน 1 หลอด ซึ่งแต่ละหลอดมีค่า 100 VA

- หาค่า VA รวมใน 1 Circuit = 100*1 = 100 VA
- หาค่ากระแส(I) ใน 1 Circuit = 100/220 = 0.455 A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ดังนั้นต้องเลือก Relay ขนาด 16 A ตามตารางรายการสินค้า
- เลือกสายที่จ่ายให้กับวงจรย่อยจากตาราง ว.ส.ท. ซึ่งกำหนดให้ใช้สาย NYY ขนาด 2.5 mm^2

3.1.2.17 Circuit SP5-1 ใช้หลอดแบบ Metal Halide Lamp ขนาด 20 W จำนวน 5หลอด ซึ่งแต่ละหลอดมีค่า 33.33 VA

- หาค่า VA รวมใน 1 Circuit = 33.33*5 = 166.65 VA
- หาค่ากระแส(I) ใน 1 Circuit = 166.65/220 = 0.756 A
- ดังนั้นต้องเลือก Relay ขนาด 16 A ตามตารางรายการสินค้า
- เลือกสายที่จ่ายให้กับวงจรย่อยจากตาราง ว.ส.ท. ซึ่งกำหนดให้ใช้สาย NYY ขนาด 2.5 mm^2

3.1.2.18 Circuit SP5-2 ใช้หลอดแบบ Incandescent ขนาด 100 W จำนวน 1 หลอด ซึ่งแต่ละหลอดมีค่า 100 VA

- หาค่า VA รวมใน 1 Circuit = 100*1 = 100 VA
- หาค่ากระแส(I) ใน 1 Circuit = 100/220 = 0.455 A
- ดังนั้นต้องเลือก Relay ขนาด 16 A ตามตารางรายการสินค้า
- เลือกสายที่จ่ายให้กับวงจรย่อยจากตาราง ว.ส.ท. ซึ่งกำหนดให้ใช้สาย NYY ขนาด 2.5 mm^2

3.1.2.19 Circuit SP5-3 ใช้หลอดแบบ Incandescent ขนาด 100 w จำนวน 1 หลอด ซึ่งแต่ละหลอดมีค่า 100 VA

- หาค่า VA รวมใน 1 Circuit = 100*1 = 100 VA
- หาค่ากระแส(I) ใน 1 Circuit = 100/220 = 0.455 A
- ดังนั้นต้องเลือก Relay ขนาด 16 A ตามตารางรายการสินค้า
- เลือกสายที่จ่ายให้กับวงจรย่อยจากตาราง ว.ส.ท. ซึ่งกำหนดให้ใช้สาย NYY ขนาด 2.5 mm^2

3.1.2.20 Circuit SP5-4 ใช้หลอดแบบ Incandescent ขนาด 100 W จำนวน 1 หลอด ซึ่งแต่ละหลอดมีค่า 100 VA

- หาค่า VA รวมใน 1 Circuit = 100*1 = 100 VA
- หาค่ากระแส(I) ใน 1 Circuit = 100/220 = 0.455 A
- ดังนั้นต้องเลือก Relay ขนาด 16 A ตามตารางรายการสินค้า
- เลือกสายที่จ่ายให้กับวงจรย่อยจากตาราง ว.ส.ท. ซึ่งกำหนดให้ใช้สาย NYY ขนาด 2.5 mm^2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2.21 Circuit SP6-1 ใช้หลอดแบบ Metal Halide Lamp ขนาด 20 W จำนวน 10 หลอด ซึ่งแต่ละหลอดมีค่า 33.33 VA

- หาค่า VA รวมใน 1 Circuit = 33.33*10 = 333.30 VA
- หาค่ากระแส(I) ใน 1 Circuit = 333.30/220 = 1.515 A
- ดังนั้นต้องเลือก Relay ขนาด 16 A ตามตารางรายการสินค้า
- เลือกสายที่จ่ายให้กับวงจรย่อยจากตาราง ว.ส.ท. ซึ่งกำหนดให้ใช้สาย NYY ขนาด 2.5 mm^2

3.1.2.22 Circuit SP6-2 ใช้หลอดแบบ Incandescent ขนาด 120 W จำนวน 2 หลอด ซึ่งแต่ละหลอดมีค่า 120 VA

- หาค่า VA รวมใน 1 Circuit = 120*2 = 240 VA
- หาค่ากระแส(I) ใน 1 Circuit = 240/220 = 1.091 A
- ดังนั้นต้องเลือก Relay ขนาด 16 A ตามตารางรายการสินค้า
- เลือกสายที่จ่ายให้กับวงจรย่อยจากตาราง ว.ส.ท. ซึ่งกำหนดให้ใช้สาย NYY ขนาด 2.5 mm^2

3.1.2.23 Circuit SP6-3 ใช้หลอดแบบ Incandescent ขนาด 120 W จำนวน 2 หลอด ซึ่งแต่ละหลอดมีค่า 120 VA

- หาค่า VA รวมใน 1 Circuit = 120*2 = 240 VA
- หาค่ากระแส(I) ใน 1 Circuit = 240/220 = 1.091 A
- ดังนั้นต้องเลือก Relay ขนาด 16 A ตามตารางรายการสินค้า
- เลือกสายที่จ่ายให้กับวงจรย่อยจากตาราง ว.ส.ท. ซึ่งกำหนดให้ใช้สาย NYY ขนาด 2.5 mm^2

3.1.2.24 Circuit SP6-4 ใช้หลอดแบบ Incandescent ขนาด 120 W จำนวน 2 หลอด ซึ่งแต่ละหลอดมีค่า 120 VA

- หาค่า VA รวมใน 1 Circuit = 120*2 = 240 VA
- หาค่ากระแส(I) ใน 1 Circuit = 240/220 = 1.091 A
- ดังนั้นต้องเลือก Relay ขนาด 16 A ตามตารางรายการสินค้า
- เลือกสายที่จ่ายให้กับวงจรย่อยจากตาราง ว.ส.ท. ซึ่งกำหนดให้ใช้สาย NYY ขนาด 2.5 mm^2

3.1.2.25 Circuit SP7-1 ใช้หลอดแบบ Metal Halide Lamp ขนาด 20 W จำนวน 4 หลอด ซึ่งแต่ละหลอดมีค่า 33.33 VA

- หาค่า VA รวมใน 1 Circuit = 33.33*4 = 133.32 VA
- หาค่ากระแส(I) ใน 1 Circuit = 133.32/220 = 0.606 A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ดังนั้นต้องเลือก Relay ขนาด 16 A ตามตารางรายการสินค้า
- เลือกสายที่จ่ายให้กับวงจรย่อยจากตาราง ว.ส.ท. ซึ่งกำหนดให้ใช้สาย NYY ขนาด 2.5 mm^2

3.1.2.26 Circuit SP7-2 ใช้หลอดแบบ Incandescent ขนาด 100 W จำนวน 2 หลอด ซึ่งแต่ละหลอดมีค่า 100 VA

- หาค่า VA รวมใน 1 Circuit = 100*2 = 200 VA
- หาค่ากระแส(I) ใน 1 Circuit = 200/220 = 0.909 A
- ดังนั้นต้องเลือก Relay ขนาด 16 A ตามตารางรายการสินค้า
- เลือกสายที่จ่ายให้กับวงจรย่อยจากตาราง ว.ส.ท. ซึ่งกำหนดให้ใช้สาย NYY ขนาด 2.5 mm^2

3.1.2.27 Circuit SP7-3 ใช้หลอดแบบ Incandescent ขนาด 100 W จำนวน 1 หลอด ซึ่งแต่ละหลอดมีค่า 100 VA

- หาค่า VA รวมใน 1 Circuit = 100*1 = 100 VA
- หาค่ากระแส(I) ใน 1 Circuit = 100/220 = 0.455 A
- ดังนั้นต้องเลือก Relay ขนาด 16 A ตามตารางรายการสินค้า
- เลือกสายที่จ่ายให้กับวงจรย่อยจากตาราง ว.ส.ท. ซึ่งกำหนดให้ใช้สาย NYY ขนาด 2.5 mm^2

3.1.2.28 Circuit SP7-4 ใช้หลอดแบบ Incandescent ขนาด 100 W จำนวน 1 หลอด ซึ่งแต่ละหลอดมีค่า 100 VA

- หาค่า VA รวมใน 1 Circuit = 100*1 = 100 VA
- หาค่ากระแส(I) ใน 1 Circuit = 100/220 = 0.455 A
- ดังนั้นต้องเลือก Relay ขนาด 16 A ตามตารางรายการสินค้า
- เลือกสายที่จ่ายให้กับวงจรย่อยจากตาราง ว.ส.ท. ซึ่งกำหนดให้ใช้สาย NYY ขนาด 2.5 mm^2

3.1.2.29 Circuit SP8-1 ใช้หลอดแบบ Metal Halide Lamp ขนาด 20 W จำนวน 3 หลอด ซึ่งแต่ละหลอดมีค่า 33.33 VA

- หาค่า VA รวมใน 1 Circuit = 33.33*3 = 99.99 VA
- หาค่ากระแส(I) ใน 1 Circuit = 99.99/220 = 0.455 A
- ดังนั้นต้องเลือก Relay ขนาด 16 A ตามตารางรายการสินค้า
- เลือกสายที่จ่ายให้กับวงจรย่อยจากตาราง ว.ส.ท. ซึ่งกำหนดให้ใช้สาย NYY ขนาด 2.5 mm^2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2.30 Circuit SP8-2 ใช้หลอดแบบ Incandescent ขนาด 100 W จำนวน 1 หลอด ซึ่งแต่ละหลอดมีค่า 100 VA

- หาค่า VA รวมใน 1 Circuit = 100*1 = 100 VA
- หาค่ากระแส(I) ใน 1 Circuit = 100/220 = 0.455 A
- ดังนั้นต้องเลือก Relay ขนาด 16 A ตามตารางรายการสินค้า
- เลือกสายที่จ่ายให้กับวงจรย่อยจากตาราง ว.ส.ท. ซึ่งกำหนดให้ใช้สาย NYY ขนาด 2.5 mm^2

3.1.2.31 Circuit SP8-3 ใช้หลอดแบบ Incandescent ขนาด 100 W จำนวน 1 หลอด ซึ่งแต่ละหลอดมีค่า 100 VA

- หาค่า VA รวมใน 1 Circuit = 100*1 = 100 VA
- หาค่ากระแส(I) ใน 1 Circuit = 100/220 = 0.455 A
- ดังนั้นต้องเลือก Relay ขนาด 16 A ตามตารางรายการสินค้า
- เลือกสายที่จ่ายให้กับวงจรย่อยจากตาราง ว.ส.ท. ซึ่งกำหนดให้ใช้สาย NYY ขนาด 2.5 mm^2

3.1.2.32 Circuit SP8-4 ใช้หลอดแบบ Incandescent ขนาด 100 W จำนวน 1 หลอด ซึ่งแต่ละหลอดมีค่า 100 VA

- หาค่า VA รวมใน 1 Circuit = 100*1 = 100 VA
- หาค่ากระแส(I) ใน 1 Circuit = 100/220 = 0.455 A
- ดังนั้นต้องเลือก Relay ขนาด 16 A ตามตารางรายการสินค้า
- เลือกสายที่จ่ายให้กับวงจรย่อยจากตาราง ว.ส.ท. ซึ่งกำหนดให้ใช้สาย NYY ขนาด 2.5 mm^2

3.1.2.33 Circuit SP9-1 ใช้หลอดแบบ Metal Halide Lamp ขนาด 20 W จำนวน 5 หลอด ซึ่งแต่ละหลอดมีค่า 33.33 VA

- หาค่า VA รวมใน 1 Circuit = 33.33*5 = 166.65 VA
- หาค่ากระแส(I) ใน 1 Circuit = 166.65/220 = 0.758 A
- ดังนั้นต้องเลือก Relay ขนาด 16 A ตามตารางรายการสินค้า
- เลือกสายที่จ่ายให้กับวงจรย่อยจากตาราง ว.ส.ท. ซึ่งกำหนดให้ใช้สาย NYY ขนาด 2.5 mm^2

3.1.2.34 Circuit SP9-2 ใช้หลอดแบบ Incandescent ขนาด 100 W จำนวน 1 หลอด ซึ่งแต่ละหลอดมีค่า 100 VA

- หาค่า VA รวมใน 1 Circuit = 100*1 = 100 VA
- หาค่ากระแส(I) ใน 1 Circuit = 100/220 = 0.455 A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ดังนั้นต้องเลือก Relay ขนาด 16 A ตามตารางรายการสินค้า
- เลือกสายที่จ่ายให้กับวงจรย่อยจากตาราง ว.ส.ท. ซึ่งกำหนดให้ใช้สาย NYY ขนาด 2.5 mm^2

3.1.2.35 Circuit SP9-3 ใช้หลอดแบบ Incandescent ขนาด 100 W จำนวน 1 หลอด ซึ่งแต่ละหลอดมีค่า 100 VA

- หาค่า VA รวมใน 1 Circuit = 100*1 = 100 VA
- หาค่ากระแส(I) ใน 1 Circuit = 100/220 = 0.455 A
- ดังนั้นต้องเลือก Relay ขนาด 16 A ตามตารางรายการสินค้า
- เลือกสายที่จ่ายให้กับวงจรย่อยจากตาราง ว.ส.ท. ซึ่งกำหนดให้ใช้สาย NYY ขนาด 2.5 mm^2

3.1.2.36 Circuit SP9-4 ใช้หลอดแบบ Incandescent ขนาด 100 W จำนวน 1 หลอด ซึ่งแต่ละหลอดมีค่า 100 VA

- หาค่า VA รวมใน 1 Circuit = 100*1 = 100 VA
- หาค่ากระแส(I) ใน 1 Circuit = 100/220 = 0.455 A
- ดังนั้นต้องเลือก Relay ขนาด 16 A ตามตารางรายการสินค้า
- เลือกสายที่จ่ายให้กับวงจรย่อยจากตาราง ว.ส.ท. ซึ่งกำหนดให้ใช้สาย NYY ขนาด 2.5 mm^2

3.1.2.37 Circuit SP10-1 ใช้หลอดแบบ Metal Halide Lamp ขนาด 20 W จำนวน 3 หลอด ซึ่งแต่ละหลอดมีค่า 33.33 VA

- หาค่า VA รวมใน 1 Circuit = 33.33*3 = 99.99 VA
- หาค่ากระแส(I) ใน 1 Circuit = 99.99/220 = 0.455 A
- ดังนั้นต้องเลือก Relay ขนาด 16 A ตามตารางรายการสินค้า
- เลือกสายที่จ่ายให้กับวงจรย่อยจากตาราง ว.ส.ท. ซึ่งกำหนดให้ใช้สาย NYY ขนาด 2.5 mm^2

3.1.2.38 Circuit SP10-2 ใช้หลอดแบบ Incandescent ขนาด 100 W จำนวน 1 หลอด ซึ่งแต่ละหลอดมีค่า 100 VA

- หาค่า VA รวมใน 1 Circuit = 100*1 = 100 VA
- หาค่ากระแส(I) ใน 1 Circuit = 100/220 = 0.455 A
- ดังนั้นต้องเลือก Relay ขนาด 16 A ตามตารางรายการสินค้า
- เลือกสายที่จ่ายให้กับวงจรย่อยจากตาราง ว.ส.ท. ซึ่งกำหนดให้ใช้สาย NYY ขนาด 2.5 mm^2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2.39 Circuit SP10-3 ใช้หลอดแบบ Incandescent ขนาด 100 W จำนวน 1 หลอด ซึ่งแต่ละหลอดมีค่า 100 VA

- หาค่า VA รวมใน 1 Circuit = 100*1 = 100 VA
- หาค่ากระแส(I) ใน 1 Circuit = 100/220 = 0.455 A
- ดังนั้นต้องเลือก Relay ขนาด 16 A ตามตารางรายการสินค้า
- เลือกสายที่จ่ายให้กับวงจรย่อยจากตาราง ว.ส.ท. ซึ่งกำหนดให้ใช้สาย NYY ขนาด 2.5 mm^2

3.1.2.40 Circuit SP10-4 ใช้หลอดแบบ Incandescent ขนาด 100 W จำนวน 1 หลอด ซึ่งแต่ละหลอดมีค่า 100 VA

- หาค่า VA รวมใน 1 Circuit = 100*1 = 100 VA
- หาค่ากระแส(I) ใน 1 Circuit = 100/220 = 0.455 A
- ดังนั้นต้องเลือก Relay ขนาด 16 A ตามตารางรายการสินค้า
- เลือกสายที่จ่ายให้กับวงจรย่อยจากตาราง ว.ส.ท. ซึ่งกำหนดให้ใช้สาย NYY ขนาด 2.5 mm^2

3.1.2.41 Circuit SP11-1 ใช้หลอดแบบ Metal Halide Lamp ขนาด 20 W จำนวน 3 หลอด ซึ่งแต่ละหลอดมีค่า 33.33 VA

- หาค่า VA รวมใน 1 Circuit = 33.33*3 = 99.99 VA
- หาค่ากระแส(I) ใน 1 Circuit = 99.99/220 = 0.455 A
- ดังนั้นต้องเลือก Relay ขนาด 16 A ตามตารางรายการสินค้า
- เลือกสายที่จ่ายให้กับวงจรย่อยจากตาราง ว.ส.ท. ซึ่งกำหนดให้ใช้สาย NYY ขนาด 2.5 mm^2

3.1.2.42 Circuit SP11-2 ใช้หลอดแบบ Incandescent ขนาด 100 W จำนวน 2 หลอด ซึ่งแต่ละหลอดมีค่า 100 VA

- หาค่า VA รวมใน 1 Circuit = 100*2 = 200 VA
- หาค่ากระแส(I) ใน 1 Circuit = 200/220 = 0.909 A
- ดังนั้นต้องเลือก Relay ขนาด 16 A ตามตารางรายการสินค้า
- เลือกสายที่จ่ายให้กับวงจรย่อยจากตาราง ว.ส.ท. ซึ่งกำหนดให้ใช้สาย NYY ขนาด 2.5 mm^2

3.1.2.43 Circuit SP11-3 ใช้หลอดแบบ Incandescent ขนาด 100 W จำนวน 2 หลอด ซึ่งแต่ละหลอดมีค่า 100 VA

- หาค่า VA รวมใน 1 Circuit = 100*2 = 200 VA
- หาค่ากระแส(I) ใน 1 Circuit = 200/220 = 0.909 A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ดังนั้นต้องเลือก Relay ขนาด 16 A ตามตารางรายการสินค้า
- เลือกสายที่จ่ายให้กับวงจรย่อยจากตาราง ว.ส.ท. ซึ่งกำหนดให้ใช้สาย NYY ขนาด 2.5 mm^2

3.1.2.44 Circuit SP11-4 ใช้หลอดแบบ Incandescent ขนาด 100 W จำนวน 1 หลอด ซึ่งแต่ละหลอดมีค่า 100 VA

- หาค่า VA รวมใน 1 Circuit = 100*1 = 100 VA
- หาค่ากระแส(I) ใน 1 Circuit = 100/220 = 0.455 A
- ดังนั้นต้องเลือก Relay ขนาด 16 A ตามตารางรายการสินค้า
- เลือกสายที่จ่ายให้กับวงจรย่อยจากตาราง ว.ส.ท. ซึ่งกำหนดให้ใช้สาย NYY ขนาด 2.5 mm^2

3.1.2.45 Circuit SP12-1 ใช้หลอดแบบ Metal Halide Lamp ขนาด 20 W จำนวน 3 หลอด ซึ่งแต่ละหลอดมีค่า33.33 VA

- หาค่า VA รวมใน 1 Circuit = 33.33*3 = 99.99 VA
- หาค่ากระแส(I) ใน 1 Circuit = 99.99/220 = 0.455 A
- ดังนั้นต้องเลือก Relay ขนาด 16 A ตามตารางรายการสินค้า
- เลือกสายที่จ่ายให้กับวงจรย่อยจากตาราง ว.ส.ท. ซึ่งกำหนดให้ใช้สาย NYY ขนาด 2.5 mm^2

3.1.2.46 Circuit SP12-2 ใช้หลอดแบบ Incandescent ขนาด 100 W จำนวน 1 หลอด ซึ่งแต่ละหลอดมีค่า 100 VA

- หาค่า VA รวมใน 1 Circuit = 100*1 = 100 VA
- หาค่ากระแส(I) ใน 1 Circuit = 100/220 = 0.455 A
- ดังนั้นต้องเลือก Relay ขนาด 16 A ตามตารางรายการสินค้า
- เลือกสายที่จ่ายให้กับวงจรย่อยจากตาราง ว.ส.ท. ซึ่งกำหนดให้ใช้สาย NYY ขนาด 2.5 mm^2

3.1.2.47 Circuit SP12-3 ใช้หลอดแบบ Incandescent ขนาด 100 W จำนวน 1 หลอด ซึ่งแต่ละหลอดมีค่า 100 VA

- หาค่า VA รวมใน 1 Circuit = 100*1 = 100 VA
- หาค่ากระแส(I) ใน 1 Circuit = 100/220 = 0.455 A
- ดังนั้นต้องเลือก Relay ขนาด 16 A ตามตารางรายการสินค้า
- เลือกสายที่จ่ายให้กับวงจรย่อยจากตาราง ว.ส.ท. ซึ่งกำหนดให้ใช้สาย NYY ขนาด 2.5 mm^2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2.48 Circuit SP12-4 ใช้หลอดแบบ Incandescent ขนาด 100 W จำนวน 1 หลอด ซึ่งแต่ละหลอดมีค่า 100 VA

- หาค่า VA รวมใน 1 Circuit = 100*1 = 100 VA
- หาค่ากระแส(I) ใน 1 Circuit = 100/220 = 0.455 A
- ดังนั้นต้องเลือก Relay ขนาด 16 A ตามตารางรายการสินค้า
- เลือกสายที่จ่ายให้กับวงจรย่อยจากตาราง ว.ส.ท. ซึ่งกำหนดให้ใช้สาย NYY ขนาด 2.5 mm^2

3.1.2.49 Circuit SP13-1 ใช้หลอดแบบ Metal Halide Lamp ขนาด 20 W จำนวน 5 หลอด ซึ่งแต่ละหลอดมีค่า 33.33 VA

- หาค่า VA รวมใน 1 Circuit = 33.33*5 = 166.65 VA
- หาค่ากระแส(I) ใน 1 Circuit = 166.65/220 = 0.758 A
- ดังนั้นต้องเลือก Relay ขนาด 16 A ตามตารางรายการสินค้า
- เลือกสายที่จ่ายให้กับวงจรย่อยจากตาราง ว.ส.ท. ซึ่งกำหนดให้ใช้สาย NYY ขนาด 2.5 mm^2

3.1.2.50 Circuit SP13-2 ใช้หลอดแบบ Incandescent ขนาด 100 W จำนวน 2 หลอด ซึ่งแต่ละหลอดมีค่า 100 VA

- หาค่า VA รวมใน 1 Circuit = 100*2 = 200 VA
- หาค่ากระแส(I) ใน 1 Circuit = 200/220 = 0.909 A
- ดังนั้นต้องเลือก Relay ขนาด 16 A ตามตารางรายการสินค้า
- เลือกสายที่จ่ายให้กับวงจรย่อยจากตาราง ว.ส.ท. ซึ่งกำหนดให้ใช้สาย NYY ขนาด 2.5 mm^2

3.1.2.51 Circuit SP13-3 ใช้หลอดแบบ Incandescent ขนาด 100 W จำนวน 2 หลอด ซึ่งแต่ละหลอดมีค่า 100 VA

- หาค่า VA รวมใน 1 Circuit = 100*2 = 200 VA
- หาค่ากระแส(I) ใน 1 Circuit = 200/220 = 0.909 A
- ดังนั้นต้องเลือก Relay ขนาด 16 A ตามตารางรายการสินค้า
- เลือกสายที่จ่ายให้กับวงจรย่อยจากตาราง ว.ส.ท. ซึ่งกำหนดให้ใช้สาย NYY ขนาด 2.5 mm^2

3.1.2.52 Circuit SP13-4 ใช้หลอดแบบ Incandescent ขนาด 100 W จำนวน 1 หลอด ซึ่งแต่ละหลอดมีค่า 100 VA

- หาค่า VA รวมใน 1 Circuit = 100*1 = 100 VA
- หาค่ากระแส(I) ใน 1 Circuit = 100/220 = 0.455 A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ดังนั้นต้องเลือก Relay ขนาด 16 A ตามตารางรายการสินค้า
- เลือกสายที่จ่ายให้กับวงจรย่อยจากตาราง ว.ส.ท. ซึ่งกำหนดให้ใช้สาย NYY ขนาด 2.5 mm^2

3.1.2.53 Circuit SP14-1 ใช้หลอดแบบ Metal Halide Lamp ขนาด 20 W จำนวน 5 หลอด ซึ่งแต่ละหลอดมีค่า 33.33 VA

- หาค่า VA รวมใน 1 Circuit = 33.33*5 = 166.65 VA
- หาค่ากระแส(I) ใน 1 Circuit = 166.65/220 = 0.758 A
- ดังนั้นต้องเลือก Relay ขนาด 16 A ตามตารางรายการสินค้า
- เลือกสายที่จ่ายให้กับวงจรย่อยจากตาราง ว.ส.ท. ซึ่งกำหนดให้ใช้สาย NYY ขนาด 2.5 mm^2

3.1.2.54 Circuit SP14-2 ใช้หลอดแบบ Incandescent ขนาด 100 W จำนวน 2 หลอด ซึ่งแต่ละหลอดมีค่า 100 VA

- หาค่า VA รวมใน 1 Circuit = 100*2 = 200 VA
- หาค่ากระแส(I) ใน 1 Circuit = 200/220 = 0.909 A
- ดังนั้นต้องเลือก Relay ขนาด 16 A ตามตารางรายการสินค้า
- เลือกสายที่จ่ายให้กับวงจรย่อยจากตาราง ว.ส.ท. ซึ่งกำหนดให้ใช้สาย NYY ขนาด 2.5 mm^2

3.1.2.55 Circuit SP14-3 ใช้หลอดแบบ Incandescent ขนาด 100 W จำนวน 2 หลอด ซึ่งแต่ละหลอดมีค่า 100 VA

- หาค่า VA รวมใน 1 Circuit = 100*2 = 200 VA
- หาค่ากระแส(I) ใน 1 Circuit = 200/220 = 0.909 A
- ดังนั้นต้องเลือก Relay ขนาด 16 A ตามตารางรายการสินค้า
- เลือกสายที่จ่ายให้กับวงจรย่อยจากตาราง ว.ส.ท. ซึ่งกำหนดให้ใช้สาย NYY ขนาด 2.5 mm^2

3.1.2.56 Circuit SP14-4 ใช้หลอดแบบ Incandescent ขนาด 100 W จำนวน 1 หลอด ซึ่งแต่ละหลอดมีค่า 100 VA

- หาค่า VA รวมใน 1 Circuit = 100*1 = 100 VA
- หาค่ากระแส(I) ใน 1 Circuit = 100/220 = 0.455 A
- ดังนั้นต้องเลือก Relay ขนาด 16 A ตามตารางรายการสินค้า
- เลือกสายที่จ่ายให้กับวงจรย่อยจากตาราง ว.ส.ท. ซึ่งกำหนดให้ใช้สาย NYY ขนาด 2.5 mm^2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3 การคำนวณปลั๊กไฟ การคำนวณหา VA ของปลั๊กตาม ว.ส.ท. ให้ปลั๊ก 1 ตัวมีค่า = 200 VA

3.1.3.1 ปลั๊กไฟตามทางเดิน Circuit ที่ SP15-11

- หาค่า VA รวมใน 1 Circuit = 200*17 = 3,400 VA
- หาค่ากระแส(I) ใน 1 Circuit = 3,400/220 = 15.45 A
- ดังนั้นต้องเลือก Circuit Breaker ขนาด 20 A ตามตารางรายการสินค้า
- เลือกสายที่จ่ายให้กับวงจรย่อยจากตาราง ว.ส.ท. ซึ่งกำหนดให้ใช้สาย NYY ขนาด 4 mm^2

3.1.3.2 ปลั๊กไฟที่เป็น CCTV Outlet Circuit ที่ SP1-6 , SP2-6 , SP3-6 , SP4-5 , SP5-5 , SP6-6 , SP7-6 , SP8-6 , SP9-5 , SP10-5 , SP11-6 , SP12-6 , SP13-6 , SP14-6

- หาค่า VA รวมใน 1 Circuit = 200*1 = 200 VA
- หาค่ากระแส(I) ใน 1 Circuit = 200/220 = 0.909 A
- ดังนั้นต้องเลือก Circuit Breaker ขนาด 16 A ตามตารางรายการสินค้า
- เลือกสายที่จ่ายให้กับวงจรย่อยจากตาราง ว.ส.ท. ซึ่งกำหนดให้ใช้สาย NYY ขนาด 2.5 mm^2

3.1.4 การคำนวณโหลดไฟฟ้าฉุกเฉิน เราเลือกใช้ High Pressure Sodium Lamp ขนาด 250 W ในการส่องเป็นไฟฉุกเฉิน ค่า VA ต่อ 1 หลอดเท่ากับ 416.67 VA

3.1.4.1 Circuit EL1 ใช้หลอดแบบ High Pressure Sodium ขนาด 250 W จำนวน 24 หลอด

- หาค่า VA รวมใน 1 Circuit = 416.67*24 = 10,000 VA
- หาค่ากระแส(I) ใน 1 Circuit = 10,000/220 = 45.46 A
- ดังนั้นต้องเลือก Circuit Breaker ขนาด 60 A ตามตารางรายการสินค้า
- เลือกสายที่จ่ายให้กับวงจรย่อยจากตาราง ว.ส.ท. ซึ่งกำหนดให้ใช้สาย NYY ขนาด 25 mm^2

3.1.4.2 ระบบไฟฟ้าเตือนภัย เราเลือกใช้ Incandescent ขนาด100 w ในการส่องเป็นไฟแสดงการเตือนภัยค่า VA ต่อ 1หลอดเท่ากับ 100 VA

3.1.4.2.1 Circuit EL2-1 ใช้หลอดแบบ Incandescent ขนาด 100 W จำนวน 3 หลอด ซึ่งแต่ละหลอดมีค่า เท่ากับ 100 VA

- หาค่า VA รวมใน 1 Circuit = 100*3 = 300 VA
- หาค่ากระแส(I) ใน 1 Circuit = 300/220 = 1.36 A
- ดังนั้นต้องเลือก Circuit Breaker ขนาด 60 A ตามตารางรายการสินค้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เลือกสายที่จ่ายให้กับวงจรย่อยจากตาราง ว.ส.ท. ซึ่งกำหนดให้ใช้สาย NYY ขนาด 2.5 mm^2

3.1.4.2.2 Circuit EL2-2 ใช้หลอดแบบ Incandescent ขนาด 100 W จำนวน 2 หลอด ซึ่งแต่ละหลอดมีค่า เท่ากับ 100 VA

- หาค่า VA รวมใน 1 Circuit = 100*2 = 200 VA
- หาค่ากระแส(I) ใน 1 Circuit = 200/220 = 0.909 A
- ดังนั้นต้องเลือก Circuit Breaker ขนาด 60 A ตามตารางรายการสินค้า
- เลือกสายที่จ่ายให้กับวงจรย่อยจากตาราง ว.ส.ท. ซึ่งกำหนดให้ใช้สาย NYY ขนาด 2.5 mm^2

3.1.4.2.3 Circuit EL2-3 ใช้หลอดแบบ Incandescent ขนาด 100 W จำนวน 2 หลอด ซึ่งแต่ละหลอดมีค่า เท่ากับ 100 VA

- หาค่า VA รวมใน 1 Circuit = 100*2 = 200 VA
- หาค่ากระแส(I) ใน 1 Circuit = 200/220 = 0.909 A
- ดังนั้นต้องเลือก Circuit Breaker ขนาด 60 A ตามตารางรายการสินค้า
- เลือกสายที่จ่ายให้กับวงจรย่อยจากตาราง ว.ส.ท. ซึ่งกำหนดให้ใช้สาย NYY ขนาด 2.5 mm^2

3.1.4.2.4 Circuit EL2-4 ใช้หลอดแบบ Incandescent ขนาด 100 W จำนวน 3 หลอด ซึ่งแต่ละหลอดมีค่า เท่ากับ 100 VA

- หาค่า VA รวมใน 1 Circuit = 100*3 = 300 VA
- หาค่ากระแส(I) ใน 1 Circuit = 300/220 = 1.36 A
- ดังนั้นต้องเลือก Circuit Breaker ขนาด 60 A ตามตารางรายการสินค้า
- เลือกสายที่จ่ายให้กับวงจรย่อยจากตาราง ว.ส.ท. ซึ่งกำหนดให้ใช้สาย NYY ขนาด 2.5 mm^2

3.1.4.2.5 Circuit EL2-5 ใช้หลอดแบบ Incandescent ขนาด 100 W จำนวน 2 หลอด ซึ่งแต่ละหลอดมีค่า เท่ากับ 100 VA

- หาค่า VA รวมใน 1 Circuit = 100*2 = 200 VA
- หาค่ากระแส(I) ใน 1 Circuit = 200/220 = 0.909 A
- ดังนั้นต้องเลือก Circuit Breaker ขนาด 60 A ตามตารางรายการสินค้า
- เลือกสายที่จ่ายให้กับวงจรย่อยจากตาราง ว.ส.ท. ซึ่งกำหนดให้ใช้สาย NYY ขนาด 2.5 mm^2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.5 การ Balance Load เมื่อคำนวณโหลดได้แล้ว ขั้นตอนถัดไปจะเป็นการ Balance Load เพื่อให้โหลดในแต่ละเฟสมีความสมดุลกันซึ่งเราได้ Spare และได้รวมโหลดของ EMDB แล้ว ซึ่งได้ค่าโหลดในแต่ละเฟสดังนี้

- เฟส A = 19,491.67 VA
- เฟส B = 19,490.02 VA
- เฟส C = 19,490 VA

ซึ่งเมื่อรวมโหลด = 58,471.69 VA ทำให้เราสามารถที่จะเลือกใช้หม้อแปลงเป็นแบบ step down ขนาด 70 kVA 22 kV / 400/230 V ขนาดของแอมมิเตอร์ ตั้งแต่ 0 ถึง 125 A และขนาดของโวลต์มิเตอร์ตั้งแต่ 0 ถึง 600 V

และจากโหลดของ EMDB = 11,400 VA ของทำให้เราสามารถที่จะเลือกใช้เครื่องปั่นไฟในระบบไฟสำรองขนาด = 15 kW

3.1.6 การคำนวณกระแส short circuit ที่ตำแหน่งต่างๆ ของระบบ ในที่นี้จะทำการคำนวณเพียงบางวงจรเท่านั้น

จากระบบไฟฟ้า 500 MVA จ่ายไฟฟ้าในระบบไฟฟ้าส่วนภูมิภาค 22 kV หม้อแปลงขนาด 70 kVA แบบ step down 22 kV/400/230 V, %Z = 4%, ค่าความสูญเสียในระบบ 700 kW

- สาย Main Feeder ขนาด 70 mm^2
- สาย Feeder ขนาด 4 mm^2
- สาย Feeder ย่อย ขนาด 2.5 mm^2

หาค่าอิมพิแดนซ์ของระบบไฟฟ้า

$$Z_Q^{'} = \frac{1.1 \times U_{NQ}^2}{S_{KQ}^{''}} \times (\frac{U_{NT}}{U_{HT}})^2 \quad \text{(โอห์ม)} \qquad (3.1)$$

$$Z_Q^{'} = (\frac{1.1 \times 22^2}{500}) \times (\frac{0.4}{22})^2$$

$$Z_Q^{'} = 0.352 m\Omega$$

$$X_Q^{'} = 0.995 Z_Q^{'} \quad \text{(โอห์ม)} \qquad (3.2)$$

$$X_Q^{'} = 0.995 \times 0.352$$

$$X_Q^{'} = 0.35 m\Omega$$

$$R_Q^{'} = 0.1 X_Q^{'} \quad \text{(โอห์ม)} \qquad (3.3)$$

$$R_Q^{'} = 0.1 \times 0.35$$

$$R_Q^{'} = 0.035 m\Omega$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หาค่าอิมพิแดนซ์ของหม้อแปลง

$$X_T = \frac{4 \times (0.4)^2}{100 \times 0.07}$$

$$X_T = 0.091 m\Omega$$

$$R_T = \frac{P_{loss}}{3 \times I_T^2} \quad \text{(โอห์ม)} \tag{3.4}$$

$$R_T = \frac{700}{3 \times (\frac{70 \times 1000}{\sqrt{3} \times 400})^2}$$

$$R_T = 22.86 m\Omega$$

$$X_{0T} = 0.086 m\Omega$$

$$R_{0T} = 22.86 m\Omega$$

$$Z_K = \sqrt{(R_Q + R_T + R_L)^2 + (X_Q + X_T + X_L)^2} \text{ (โอห์ม)} \tag{3.5}$$

$$Z_K = \sqrt{(0.035 + 22.86)^2 + (0.35 + 0.091)^2}$$

$$Z_K = 22.9 m\Omega$$

3.1.6.1 หากระแสลัดวงจรใต้หม้อแปลงแบบสามเฟสสมดุลดังสมการที่ 3.6

$$I''_{K3\phi} = \frac{c \times U_{NT}}{\sqrt{3} \times Z_K} \quad \text{(kA)} \tag{3.6}$$

$$I''_{K3\phi} = \frac{1 \times 400}{\sqrt{3} \times 22.9} \times 1000$$

$$I''_{K3\phi} = 11 kA$$

3.1.6.2 หากระแสลัดวงจร Bus bar แบบสามเฟสสมดุล เมื่อสายไฟฟ้าเป็นแบบ NYY (4 x 70 mm^2) ยาว 400 m ที่อุณหภูมิ 40 C^0

ค่าอิมพิแดนซ์ของสาย $R_L = 0.2891 \Omega / km$, $X_L = 0.1172 \Omega / km$

$$Z_L = (400 \times (0.2891 + j0.1172))$$

$$Z_L = 124 m\Omega$$

$$Z_K = 22.9 + 124$$

$$Z_K = 146.9 m\Omega$$

$$I''_{K3\phi} = \frac{1 \times 400}{\sqrt{3} \times 146.9} \times 1000$$

$$I''_{K3\phi} = 1.572 kA$$

3.1.6.3 หากระแสลัดวงจรที่วงจรแสงสว่างทางเดินและแสงสว่างทางเดินฉุกเฉินแบบหนึ่งเฟส ทั้งหมด 11 วงจร

สมการคำนวณหากระแสลัดวงจรแบบหนึ่งเฟสดังสมการที่ 3.7

$$I''_{K1\phi} = \frac{\sqrt{3} \times c \times U_{NT}}{Z_K} \quad \text{(kA)} \tag{3.7}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$Z_K = \sqrt{(2R_Q + 2R_T + 2R_L + R_{0T} + R_{0L})^2 + (2X_Q + 2X_T + 2X_L + X_{0T} + X_{0L})^2}$$ (โอห์ม)(3.8)

1. SP 1-5 สายไฟฟ้าเป็นแบบ NYY 2.5 mm^2 ยาว 200 m ค่าอิมพิแดนซ์ของสาย

   R_L = 200 x 7.9923 = 1.6 Ω , X_L = 200 x 0.1548 = 30.96 $m\Omega$

   R_{0L} = 3.97 x 1.6 = 6.352 Ω , X_{0L} = 7.36 x 30.96 = 0.23 Ω

$$Z_K = 9.63\Omega$$

$$I''_{K1\phi} = \frac{\sqrt{3} \times 1 \times 400}{9.63}$$

$$I''_{K1\phi} = 0.072kA$$

2. SP 2-5 สายไฟฟ้าเป็นแบบ NYY 2.5 mm^2 ยาว 230 m ค่าอิมพิแดนซ์ของสาย

   R_L = 230 x 7.9923 = 1.8 Ω , X_L = 230 x 0.1548 = 35.6 $m\Omega$

   R_{0L} = 3.97 x 1.8 = 7.15 Ω , X_{0L} = 7.36 x 35.6 = 262 $m\Omega$

$$Z_K = 10.8\Omega$$

$$I''_{K1\phi} = \frac{\sqrt{3} \times 1 \times 400}{10.8}$$

$$I''_{K1\phi} = 0.064kA$$

3. SP 3-5 สายไฟฟ้าเป็นแบบ NYY 2.5 mm^2 ยาว 240 m ค่าอิมพิแดนซ์ของสาย

   R_L = 240 x 7.9923 = 1.92 Ω , X_L = 240 x 0.1548 = 37.15 $m\Omega$

   R_{0L} = 3.97 x 1.92 = 7.6 Ω , X_{0L} = 7.36 x 37.15 = 273.4 $m\Omega$

$$Z_K = 11.5\Omega$$

$$I''_{K1\phi} = \frac{\sqrt{3} \times 1 \times 400}{11.5}$$

$$I''_{K1\phi} = 0.06kA$$

4. SP 6-5 สายไฟฟ้าเป็นแบบ NYY 2.5 mm^2 ยาว 260 m ค่าอิมพิแดนซ์ของสาย

   R_L = 260 x 7.9923 = 2.1 Ω , X_L = 260 x 0.1548 = 40.25 $m\Omega$

   R_{0L} = 3.97 x 2.1 = 8.34 Ω , X_{0L} = 7.36 x 40.25 = 296.24 $m\Omega$

$$Z_K = 12.6\Omega$$

$$I''_{K1\phi} = \frac{\sqrt{3} \times 1 \times 400}{12.6}$$

$$I''_{K1\phi} = 0.055kA$$

5. SP 7-5 สายไฟฟ้าเป็นแบบ NYY 2.5 mm^2 ยาว 260 m ค่าอิมพิแดนซ์ของสาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

R_L = 260 x 7.9923 = 2.1 Ω , X_L = 260 x 0.1548 = 40.25 $m\Omega$

R_{0L} = 3.97 x 2.1 = 8.34 Ω , X_{0L} = 7.36 x 40.25 = 296.24 $m\Omega$

$$Z_K = 12.6\Omega$$

$$I''_{K1\phi} = \frac{\sqrt{3} \times 1 \times 400}{12.6}$$

$$I''_{K1\phi} = 0.055kA$$

6. SP 8-5 สายไฟฟ้าเป็นแบบ NYY 2.5 mm^2 ยาว 280 m ค่าอิมพิแดนซ์ของสาย

R_L = 280 x 7.9923 = 2.24 Ω , X_L = 280 x 0.1548 = 43.34 $m\Omega$

R_{0L} = 3.97 x 2.24 = 8.9 Ω , X_{0L} = 7.36 x 43.34 = 319 $m\Omega$

$$Z_K = 13.45\Omega$$

$$I''_{K1\phi} = \frac{\sqrt{3} \times 1 \times 400}{13.45}$$

$$I''_{K1\phi} = 0.052kA$$

7. SP 11-5 สายไฟฟ้าเป็นแบบ NYY 2.5 mm^2 ยาว 290 m ค่าอิมพิแดนซ์ของสาย

R_L = 290 x 7.9923 = 2.3 Ω , X_L = 290 x 0.1548 = 45 $m\Omega$

R_{0L} = 3.97 x 2.3 = 9.2 Ω , X_{0L} = 7.36 x 45 = 330 $m\Omega$

$$Z_K = 13.9\Omega$$

$$I''_{K1\phi} = \frac{\sqrt{3} \times 1 \times 400}{13.9}$$

$$I''_{K1\phi} = 0.05kA$$

8. SP 12-5 สายไฟฟ้าเป็นแบบ NYY 2.5 mm^2 ยาว 290 m ค่าอิมพิแดนซ์2 ของสาย

R_L = 290 x 7.9923 = 2.3 Ω , X_L = 290 x 0.1548 = 45 $m\Omega$

R_{0L} = 3.97 x 2.3 = 9.2 Ω , X_{0L} = 7.36 x 45 = 330 $m\Omega$

$$Z_K = 13.9\Omega$$

$$I''_{K1\phi} = \frac{\sqrt{3} \times 1 \times 400}{13.9}$$

$$I''_{K1\phi} = 0.05kA$$

9. SP 13-5 สายไฟฟ้าเป็นแบบ NYY 2.5 mm^2 ยาว 305 m ค่าอิมพิแดนซ์ของสาย

R_L = 305 x 7.9923 = 2.44 Ω , X_L = 305 x 0.1548 = 47.2 $m\Omega$

R_{0L} = 3.97 x 2.3 = 9.7 Ω , X_{0L} = 7.36 x 47.2 = 347.5 $m\Omega$

$$Z_K = 14.7\Omega$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$I''_{K1\phi} = \frac{\sqrt{3} \times 1 \times 400}{14.7}$$

$$I''_{K1\phi} = 0.047kA$$

10. SP 14-5 สายไฟฟ้าเป็นแบบ NYY 2.5 mm^2 ยาว 320 m ค่าอิมพิแดนซ์ของสาย

R_L = 320 x 7.9923 = 2.56 Ω , X_L = 320 x 0.1548 = 49.54 $m\Omega$

R_{0L} = 3.97 x 2.3 = 10.2 Ω , X_{0L} = 7.36 x 49.54 = 364.6 $m\Omega$

$$Z_K = 15.4\Omega$$

$$I''_{K1\phi} = \frac{\sqrt{3} \times 1 \times 400}{15.4}$$

$$I''_{K1\phi} = 0.045kA$$

11. EL1 สายไฟฟ้าเป็นแบบ NYY 25 mm^2 ยาว 200 m ค่าอิมพิแดนซ์ของสาย

R_L = 200 x 0.7841 = 156.82 $m\Omega$, X_L = 200 x 0.1293 = 25.86 $m\Omega$

R_{0L}= 3.97 x 156.82 = 622.58 $m\Omega$, X_{0L} = 7.36 x 25.86 = 190.33 Ω

$$Z_K = 1.03\Omega$$

$$I''_{K1\phi} = \frac{\sqrt{3} \times 1 \times 400}{1.03}$$

$$I''_{K1\phi} = 0.673kA$$

3.1.7 การคำนวณหาค่าแรงดันตก แรงดันตก (Voltage Drop) ในสายไฟฟ้าจะทำให้ประสิทธิภาพของอุปกรณ์เครื่องไฟฟ้าลดลง เนื่องจากการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละชนิดจะมีความสามารถทำงานได้ที่แรงดันต่ำกว่าปกติที่ไม่เท่ากัน ดังนั้นการออกแบบระบบไฟฟ้าไม่ให้เกิดแรงดันตกมากเกินไปเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่ง ค่าแรงดันตกจึงกำหนดตามเครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละประเภท โดยการกำหนดจะกำหนดเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์กับแรงดันไฟฟ้าปกติ สำหรับระบบปกติค่าแรงดันตกปกติจากหม้อแปลงจนถึงเครื่องใช้ไฟฟ้าไม่ควรเกิน 5% โดยสามารถหาค่าดันตกได้ทั้งการคำนวณ การเปิดค่าจากชาร์ตและการเปิดตาราง

โดยในกรณีศึกษานี้จะมีการหาค่าแรงดันตก (Voltage Drop) จากตารางโดยที่จะใช้สมการในการคำนวณค่าแรงดันตกกรณีที่เป็นสามเฟสดังสมการที่ 3.9 และกรณีที่เป็นหนึ่งเฟสดังสมการที่ 3.10 ในที่นี้จะทำการคำนวณหาค่าแรงดันตกเพียงบางวงจรเท่านั้น

$$V_D(3\phi) = \sqrt{3} \times I \times \frac{l}{1000} \times (r\cos\varphi + x\sin\varphi) \qquad (3.9)$$

$$V_D(1\phi) = 2 \times I \times \frac{l}{1000} \times (r\cos\varphi + x\sin\varphi) \qquad (3.10)$$

โดยที่ $(r\cos\varphi + x\sin\varphi)$ เป็นค่าที่หาได้จากการเปิดตาราง ซึ่งการพิจารณาเลือกค่านั้นต้องพิจารณาถึงว่าสายไฟที่เลือกใช้มีขนาดพื้นที่หน้าตัดเท่าไหร่ และเลือกเดินในท่อชนิดไหน หรือเดินลอยในอากาศ และใช้ Power factor เท่าไร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณหาค่าแรงดันตกของระบบไฟฟ้าแสงสว่างทางเดินแบบหนึ่งเฟส ทั้งหมด 10 วงจร

1. SP 1-5 สายไฟฟ้าเป็นแบบ NYY 2.5 mm^2 ยาว 200 m กระแสของวงจร = 0.22 A, $(r\cos\varphi + x\sin\varphi)$ = 14.371 Ω/km

$$V_D(1\phi) = 2 \times 0.22 \times \frac{200}{1000} \times 14.371$$

$$V_D(1\phi) = 1.265V$$

2. SP 2-5 สายไฟฟ้าเป็นแบบ NYY 2.5 mm^2 ยาว 230 m กระแสของวงจร = 0.18A, $(r\cos\varphi + x\sin\varphi)$ = 14.371 Ω/km

$$V_D(1\phi) = 2 \times 0.18 \times \frac{230}{1000} \times 14.371$$

$$V_D(1\phi) = 1.2V$$

3. SP 3-5 สายไฟฟ้าเป็นแบบ NYY 2.5 mm^2 ยาว 240 m กระแสของวงจร = 0.33A, $(r\cos\varphi + x\sin\varphi)$ = 14.371 Ω/km

$$V_D(1\phi) = 2 \times 0.33 \times \frac{240}{1000} \times 14.371$$

$$V_D(1\phi) = 2.28V$$

4. SP 6-5 สายไฟฟ้าเป็นแบบ NYY 2.5 mm^2 ยาว 260 m กระแสของวงจร = 0.4 A, $(r\cos\varphi + x\sin\varphi)$ = 14.371 Ω/km

$$V_D(1\phi) = 2 \times 0.4 \times \frac{260}{1000} \times 14.371$$

$$V_D(1\phi) = 3V$$

5. SP 7-5 สายไฟฟ้าเป็นแบบ NYY 2.5 mm^2 ยาว 260 m กระแสของวงจร = 0.4 A, $(r\cos\varphi + x\sin\varphi)$ = 14.371 Ω/km

$$V_D(1\phi) = 2 \times 0.4 \times \frac{260}{1000} \times 14.371$$

$$V_D(1\phi) = 3V$$

6. SP 8-5 สายไฟฟ้าเป็นแบบ NYY 2.5 mm^2 ยาว 280 m กระแสของวงจร = 0.18 A, $(r\cos\varphi + x\sin\varphi)$ = 14.371 Ω/km

$$V_D(1\phi) = 2 \times 0.18 \times \frac{280}{1000} \times 14.371$$

$$V_D(1\phi) = 1.45V$$

7. SP 11-5 สายไฟฟ้าเป็นแบบ NYY 2.5 mm^2 ยาว 290 m กระแสของวงจร = 0.29 A, $(r\cos\varphi + x\sin\varphi)$ = 14.371 Ω/km

$$V_D(1\phi) = 2 \times 0.29 \times \frac{290}{1000} \times 14.371$$

$$V_D(1\phi) = 2.42V$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. SP 12-5 สายไฟฟ้าเป็นแบบ NYY 2.5 mm^2 ยาว 290 m กระแสของวงจร = 0.36 A, $(r\cos\varphi + x\sin\varphi)$ = 14.371 Ω/km

$$V_D(1\phi) = 2 \times 0.36 \times \frac{290}{1000} \times 14.371$$

$$V_D(1\phi) = 3V$$

9. SP 13-5 สายไฟฟ้าเป็นแบบ NYY 2.5 mm^2 ยาว 305 m กระแสของวงจร = 0.33 A, $(r\cos\varphi + x\sin\varphi)$ = 14.371 Ω/km

$$V_D(1\phi) = 2 \times 0.33 \times \frac{305}{1000} \times 14.371$$

$$V_D(1\phi) = 2.89V$$

10. SP 14-5 สายไฟฟ้าเป็นแบบ NYY 2.5 mm^2 ยาว 320 m กระแสของวงจร = 0.51 A, $(r\cos\varphi + x\sin\varphi)$ = 14.371 Ω/km

$$V_D(1\phi) = 2 \times 0.51 \times \frac{320}{1000} \times 14.371$$

$$V_D(1\phi) = 4.69V$$

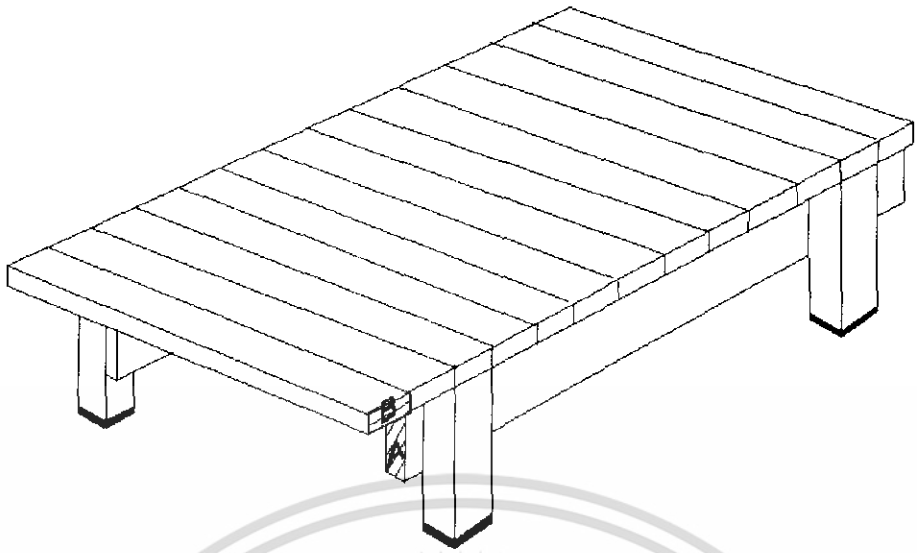
3.2 การออกแบบทางเดินเท้า (Board Walks)

ปัจจุบันอุทยานได้ออกกฎหมาย ห้ามผู้ที่มาเที่ยวภายในถ้ำเหยียบพื้นถ้ำโดยตรง ดังนั้นจึงต้องมีทางเดินเท้าเพื่อที่จะให้คนเดินอยู่เหนือพื้นถ้ำ และวัสดุที่ใช้สร้างเป็นทางเดินเท้านั้น จะต้องไม่เป็นอันตรายต่อสภาพแวดล้อมและสิ่งมีชีวิตภายในถ้ำ

แนวความคิดในการออกแบบ ภายใต้หลักเกณฑ์การออกแบบในพื้นที่แบบนี้มักจะพยายามไม่สร้างสิ่งก่อสร้างแบบถาวร ควรใช้อุปกรณ์ที่ถอดประกอบได้ ดังนั้นจึงเลือกใช้ไม้เทียมที่ทำมาจากผงไม้ผสมกับพลาสติกมาเป็นทางเดินเท้า ซึ่งยี่ห้อไม้เทียมที่ใช้คือ CONWOOD กำหนดให้จัดวางทางเดินแบบต่างๆ ตามสภาพหน้างานเท่าที่จะทำได้ กรณีทางเดินลาดชันมากกว่า 45^0 และสภาพแคบหรือเตี้ยมากๆ ไม่แนะนำให้ทำตามขนาดที่นำเสนอโดยปรับปรุงจากสภาพหน้างานได้ ทางเดินของสายไฟฟ้ากำหนดให้ติดตั้งที่ด้านข้างและด้านใต้ของทางเดิน (วัสดุที่แนะนำเป็นฉนวนไฟฟ้า) โคมไฟติดตั้งได้หลายแบบตามสภาพหน้างานคือ

1. ไฟทางเดินทั่วไปติดตั้งใต้ทางเดิน โดยสายไฟฟ้าอยู่ใต้ทางเดิน
2. บริเวณพื้นที่อันตราย ให้ติดตั้งรางกันตกด้านข้างด้วย โดยเพิ่มไฟฟ้าส่องสว่างติดข้างราวกันตกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 ทางเดินเท้ามาตรฐาน (Board Walk)

3.ไฟฟ้าส่องชิ้นงาน หากระยะจากทางเดินไม่ไกลชิ้นงาน ให้ติดตั้งที่ทางเดิน หากไกลอาจย้ายสายและตั้งอุปกรณ์โคมไฟฟ้าในระยะและมุมที่เหมาะสมแก่ชิ้นงาน

4. Sensor จุดต่างๆ ติดตั้งที่ข้างทางเดิน (Board walk)

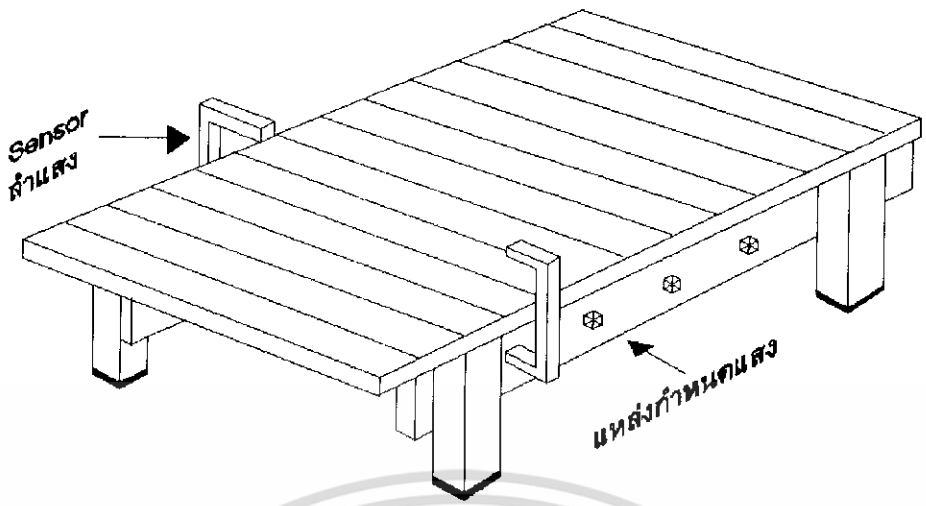
5. ไฟฉุกเฉิน จะอยู่ข้างทางเดินเป็นระยะ เพื่อนำทางออกสู่พื้นที่ปลอดภัย

6. กล้องวงจรปิดและ ปลั๊กไฟฟ้า และโทรศัพท์ฉุกเฉิน ติดตั้งข้างทางเดิน โดยจำเป็นต้องมี Signage บอกสัญลักษณ์

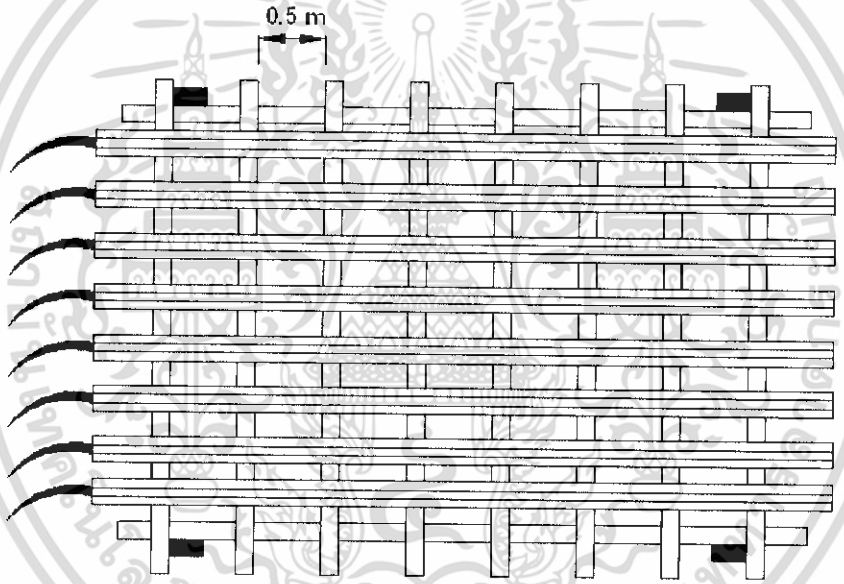
จากรูปที่ 3.1 เป็นทางเดินเท้ามาตรฐาน โดยมีความกว้างอยู่ระหว่าง 0.8 – 1.25 เมตร ความยาวต่อช่วงทางเดินหนึ่งเท่ากับ 2.50 เมตร และความสูงเท่ากับ 0.35 เมตร โดยมียางรองเสาของทางเดินเท้า (แถบดำข้างใต้) ขนาด 3.5 x 3.5 ตารางนิ้ว และมีพื้นที่หน้าตัด A และ B เท่ากับ 1.5 x 5 ตารางนิ้ว

จากรูปที่ 3.2 จะเป็นการแสดงตำแหนงของ Sensor ที่ใช้ในการควบคุมแสงสว่างตามทางเดินและแสงสว่างตามทางเดินบน Board Walk โดยที่ Sensor ลำแสงหนึ่งสุดแต่วงจรย่อยของทางเดินหนึ่งวงจร และโหลดแสงสว่างตามทางเดินจะห่างกันทุกๆ 2.5 เมตรต่อหนึ่งโหลด และ Sensor ลำแสงสามารถที่จะตั้งเวลาสั่งให้ Relay ที่ Allight Box ปิดวงจรได้ตามความเหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 แสดงตำแหน่งของ Sensor และแสงสว่างทางเดินบน Board Walk

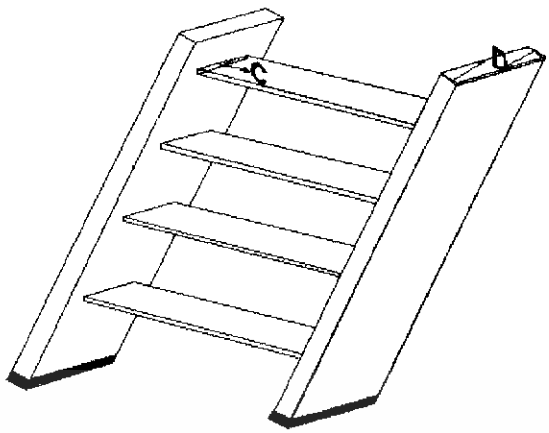


รูปที่ 3.3 แสดงการวางสายไฟใต้ Board Walk

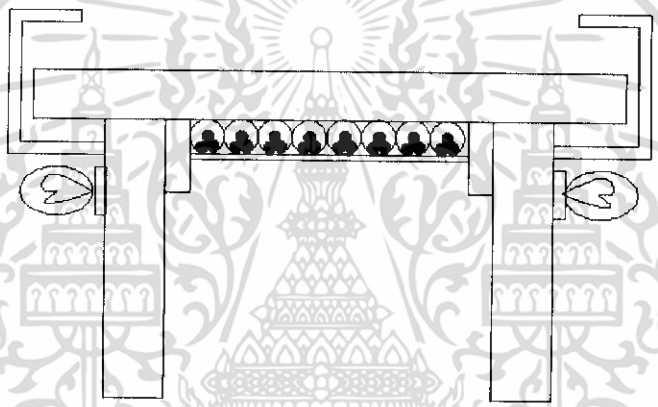
จากรูปที่ 3.3 เป็นการแสดงถึงลักษณะการวางสายไฟใต้ทางเดิน โดยสายไฟฟ้าวางอยู่บนรางบันได ซึ่งทำจากไม้เทียมและเป็นฉนวนไฟฟ้า โดยไม้เทียมแต่ละแท่งวางห่างกันเป็นระยะ 0.5 เมตร

เนื่องจากภายในถ้ำมีเส้นทางเดินบางที่เป็นทางชันทั้งขึ้นและลง ดังนั้นจำเป็นต้องมีบันไดให้ขึ้นและลง แต่มีข้อแม้ว่าทางชันต้องไม่เกิน 45^{0} รูปที่ 3.4 แสดงบันไดทางเดินมาตรฐาน ที่มีความกว้างประมาณ 0.8 – 1.25 เมตร และพื้นที่หน้าตัด C เท่ากับ 1.5 x 5 ตารางนิ้ว และพื้นที่หน้าตัด D เท่ากับ 2 x 6 ตารางนิ้ว และแถบดำคือยางรองฐาน และด้านข้างของบันไดยังสามารถที่จะทำเป็นทางวางสายไฟฟ้าได้ด้วย

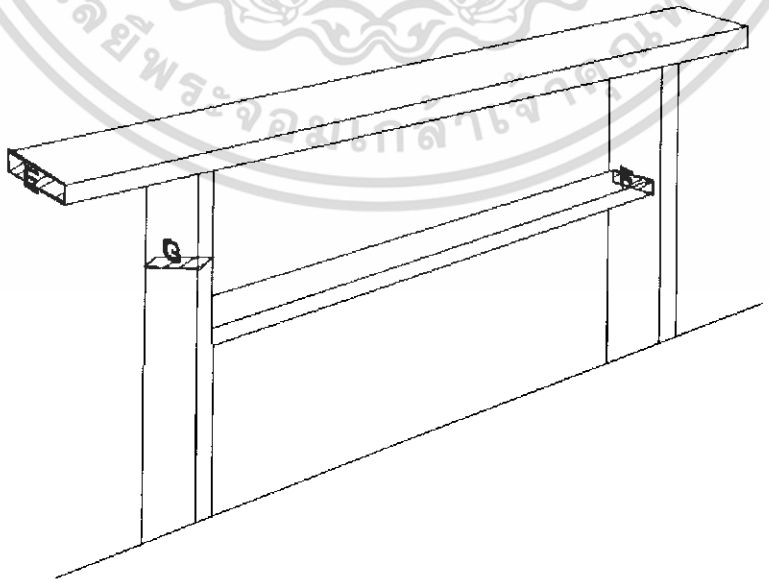
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 แสดง Board Walk มาตาฐานกรณีที่ทางเดินเป็นทางขึ้นลงชันไม่เกิน 45^0

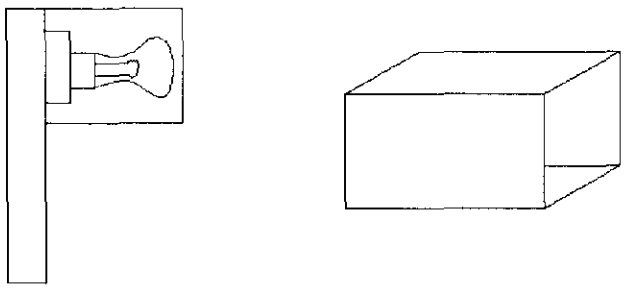


รูปที่ 3.5 แสดงการวางสายไฟ ตำแหน่ง Sensor และตำแหน่งหลอดไฟ

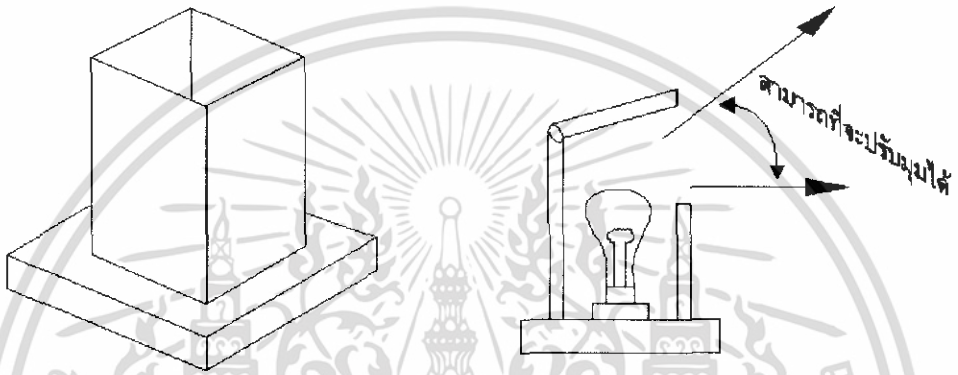


รูปที่ 3.6 แสดงรางกั้นกรณีบริเวณนั้นอันตราย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 แสดงลักษณะโคมไฟที่นำมาติดที่ราวกันตก



รูปที่ 3.8 แสดงลักษณะโคมไฟไม้เทียมของชิ้นงาน

เนื่องจากภายในถ้ำมีพื้นที่อันตรายอยู่ค่อยข้างจะมาก ดังนั้นจำเป็นที่จะต้องมีราวป้องกันกรณีที่นักท่องเที่ยวเดินไปเข้าใกล้บริเวณนั้น ลักษณะราวมาตรฐานดังแสดงในรูปที่ 3.6 พื้นที่หน้าตัด E, F และ G เท่ากับ 1.5 x 3.5 ตารางนิ้ว และเรายังสามารถที่จะนำราวนี้มาเป็นตำแหน่งวางแหล่งกำหนดแสงสว่างทางเดินได้ด้วย โดยการนำโคมที่ทำมาจากไม้เทียมติดเข้ากับราวบริเวณเสา และยังสามารถที่จะนำมาเป็นทางวางสายไฟตามความเหมาะสม ลักษณะโคมไฟไม้เทียมที่นำมาติดดังแสดงในรูปที่ 3.7

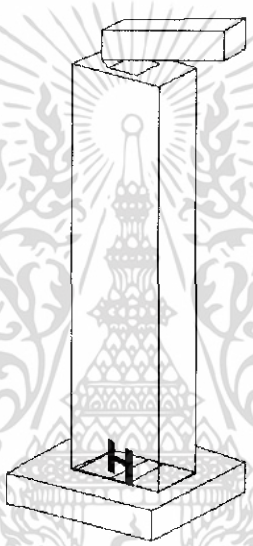
รูปที่ 3.8 แสดงถึงลักษณะของโคมไฟชิ้นงานที่ทำจากไม้เทียม กรณีที่ชิ้นงานอยู่ใกล้ทางเดิน เราสามารถที่จะติดตั้งโคมไฟชิ้นงานอยู่บน Board Walk ได้เลย โดยโคมไฟที่ใช้ทำมาจากไม้เทียมสามารถที่จะปรับมุมของโคมได้ให้เหมาะสมกับชิ้นงาน แต่ถ้ากรณีที่ชิ้นงานอยู่ไกลจากทางเดินเรายังสามารถที่จะนำโคมไฟนี้ไปติดตั้งใกล้ชิ้นงานตามความเหมาะสมตามหน้างานได้ แต่การใช้งานต้องคำนึงถึงความเหมาะสมของชิ้นงานเป็นหลัก

เพื่อความปลอดภัยของประติมากรรมภายในถ้ำ และความปลอดของนักท่องเที่ยว จึงต้องมีกล้องวงจรปิดคอยตรวจดูความเรียบร้อย และอีกทางหนึ่งยังเป็นการนำระบบกล้องวงจรปิดเชื่อมเข้าสู่ระบบเอ็นเตอร์เน็ต เพื่อเป็นการนำเสนอสภาพแวดล้อมภายในถ้ำแก่ผู้สนใจภายนอกแบบ Real Time เพื่อเป็นแนวทางหนึ่งในการโฆษณาชักชวนนักท่องเที่ยวในอีกทางหนึ่ง แต่เนื่องจากภายในถ้ำมีพื้นที่ที่ไม่ค่อยสะดวกต่อกันติดตั้งกล้อง

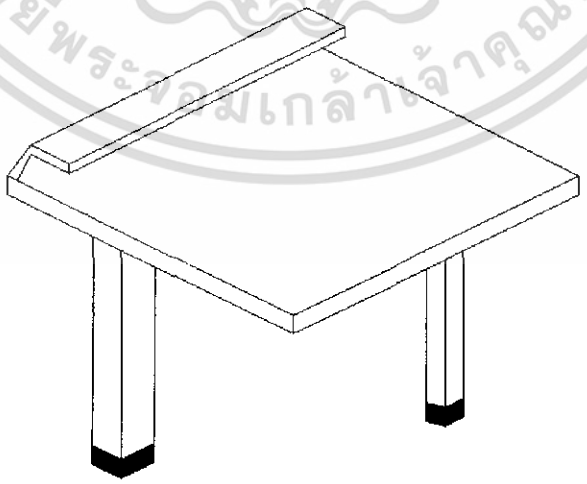
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรปิด ดังนั้นจึงต้องฐานรองรับกล้องวงจรปิดที่จะติดตั้งดังแสดงในรูปที่ 3.9 โดยพื้นที่หน้าที่ H เท่ากับ 1.5 x 3.5 ตารางนิ้ว และความสูงสามารถปรับปรุงได้ตามหน้างาน ตามความเหมาะสมของบริเวณพื้นที่ภายในถ้ำ

เนื่องจากภายในถ้ำมีจุดตำแหน่งของโทรศัพท์ฉุกเฉิน และตำแหน่งของปลั๊กไฟสำรอง แล้วมีทางเดินแยกที่แยกไปยังชิ้นงานอื่น แล้วยังมีเหวหรือจุดอันตรายต่างๆ อีก เพราะฉะนั้นควรที่จะมีป้ายบอกตำแหน่งของโทรศัพท์ฉุกเฉิน ตำแหน่งของปลั๊กไฟสำรอง และยังต้องบอกถึงแผนที่ภายในถ้ำทั้งหมดอีกด้วย เพื่อความสะดวกและเพื่อความปลอดภัยของนักท่องเที่ยว รูปที่ 3.10 เป็นป้ายที่บอกถึงลักษณะต่างๆ ที่กล่าวมาข้าวต้น ป้ายนี้สามารถที่จะนำไปติดตั้งเข้ากลับด้านข้างของ Board Walk ตามจุดแยกต่างๆ ภายในถ้ำ



รูปที่ 3.9 แสดงถึงอุปกรณ์ที่ใช้เป็นฐานตั้งกล้องวงจรปิด



รูปที่ 3.10 แสดงถึงป้าย Signage บอกรายละเอียด

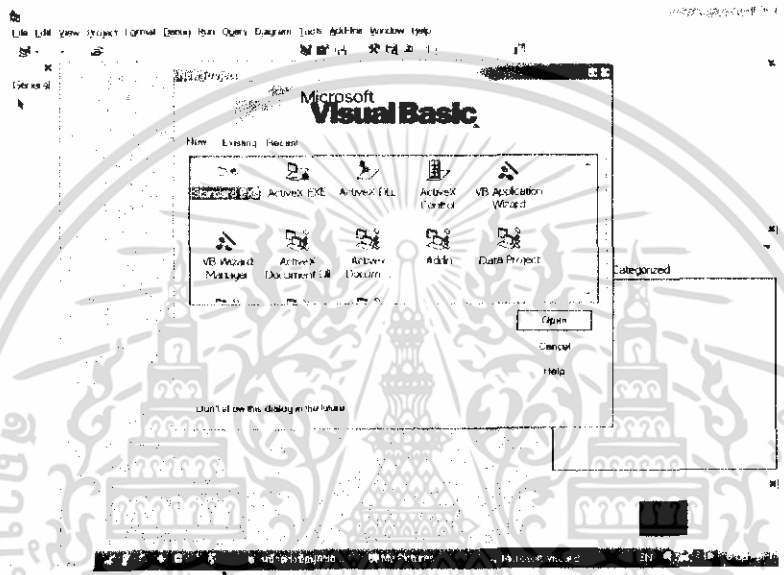
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การเขียนโปรแกรมระบบ AllLight ด้วย Visual Basic

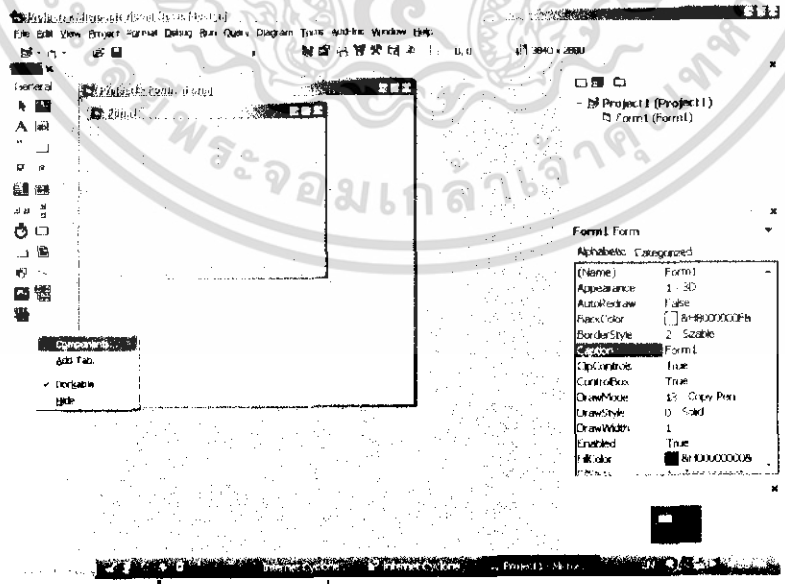
ขั้นตอนการเขียนโปรแกรมด้วย Microsoft Visual Basic 6.0 เพื่อควบคุม AllLight มีขั้นตอนดังนี้

1. เปิดโปรแกรม Microsoft Visual Basic 6.0 และเลือกแบบ Project เป็นแบบ Standard.exe จะมี Form 1 ปรากฏขึ้น 1 Form ดังรูปที่ 3.11

2. จากนั้นไปที่แถบเครื่องมือของ Microsoft Visual Basic คลิ๊กขวาที่แถบเครื่องมือ จะมีเมนูปรากฏขึ้นให้เลือกที่ Component ดังรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.11 หน้าต่างขณะเปิดโปรแกรม



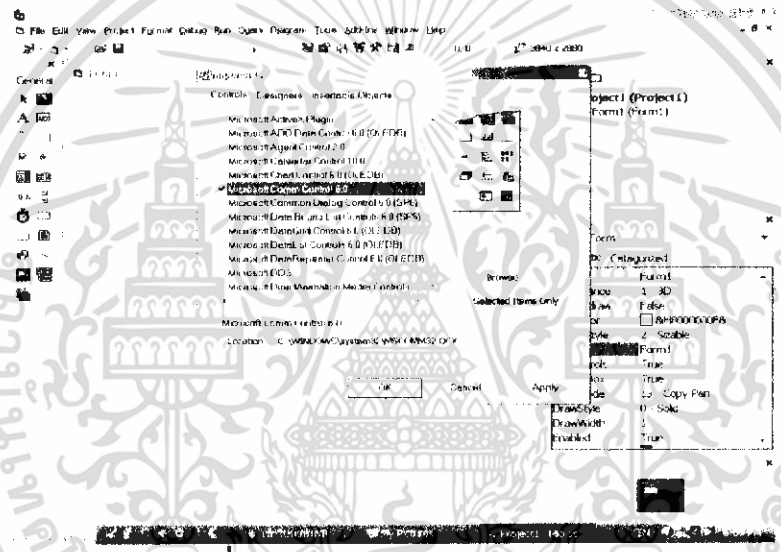
รูปที่ 3.12 แถบเครื่องมือ Microsoft Visual Basic

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

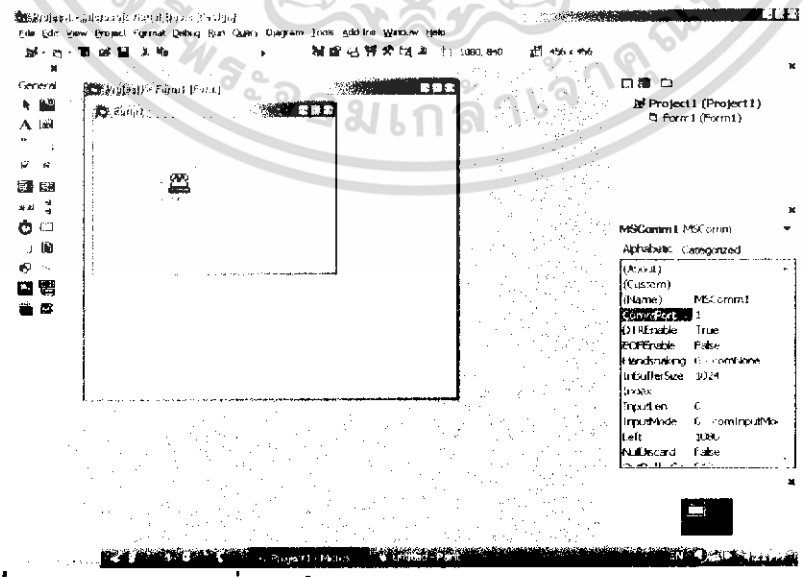
3. หน้าจอ Component จะปรากฏขึ้นทำเครื่องหมายถูกที่ Microsoft Visual Basic 6.0 แล้วกด "OK"ดังรูปที่ 3.13

4. ที่แถบเครื่องมือของ Microsoft Visual Basic สังเกตที่ Icon ของเครื่องมือจะมี Icon เพิ่มขึ้นมา 1 Icon จากนั้นให้ Double Click ที่ Icon Microsoft Comm Control 6.0 จะทำให้ Icon ดังกล่าวถูกเพิ่มเข้าไปใน Form ซึ่ง Icon Microsoft Comm Control 6.0 นี้จะไม่ปรากฏให้เห็นขณะที่โปรแกรมถูก Run ดังรูปที่ 3.14

5. Clickที่ Icon Microsoft Comm Control บน Form จากนั้นกำหนดคุณสมบัติที่แถบเครื่องมือ Properties Window โดยทำการกำหนดคุณสมบัติของ Microsoft Comm Control คือกำหนด Property Setting มีค่าเท่ากับ 4800,n,8,1 และกำหนด Property ของ InputLen มีค่าเท่ากับ 1 ดังรูป ดังรูปที่ 3.15

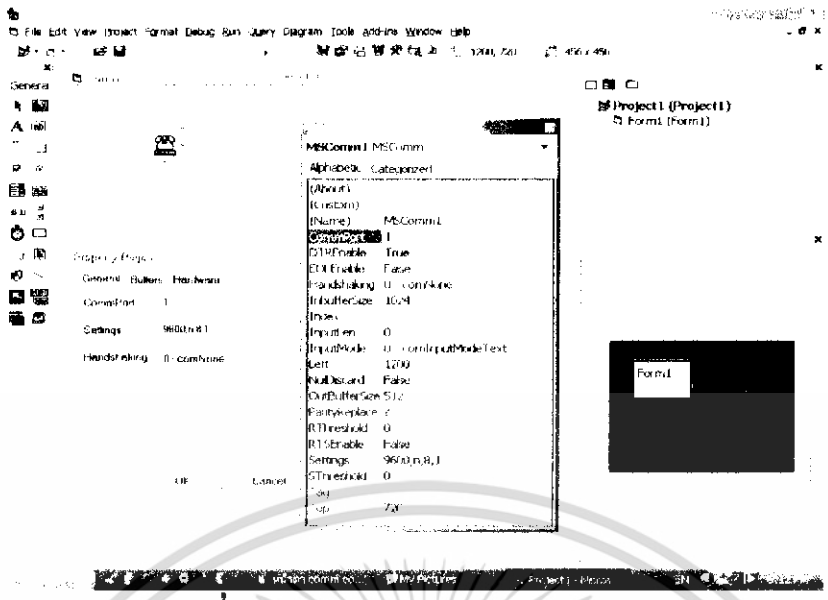


รูปที่ 3.13 แสดงหน้าจอ Component



รูปที่ 3.14 แสดง Formที่กำลังใช้งาน Icon ของ Microsoft Comm Control อยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.15 แสดงหน้าจอกำหนดคุณสมบัติ

3.4 การใช้งาน Microsoft ADO Data Control 6

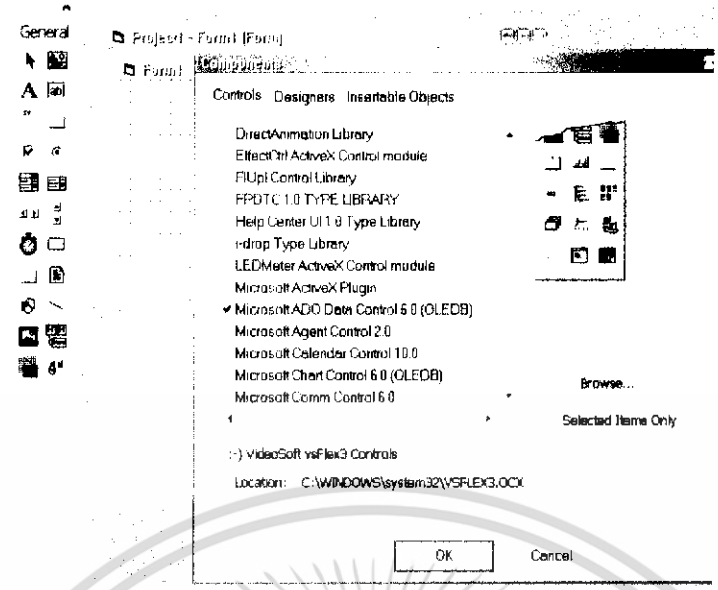
การเรียกใช้ Microsoft ADO Data Control 6 เพื่อที่จะเรียกใช้ Data Base ที่เราสร้างขึ้นด้วยโปรแกรม Microsoft Access วิธีการเรียกใช้งานสามารถเรียกใช้ได้จากโปรแกรม Microsoft Visual Basic 6 ซึ่ง Microsoft ADO Data Control 6 เป็นเครื่องมืออย่างหนึ่งในโปรแกรม Microsoft Visual Basic 6 ที่เราสามารถเรียกใช้งานได้ง่าย

จากรูปที่ 3.16 เราสามารถเพิ่ม Microsoft ADO Data Control 6 ได้โดยคลิกเมาส์ขวาที่ช่องว่างของ Tool Bar เครื่องมือทางซ้ายของโปรแกรม แล้วเลือก Components จากนั้นเลือก Microsoft ADO Data Control 6 แล้วกด OK เราก็สามารถที่จะเพิ่ม Microsoft ADO Data Control 6 ลงในแถบเครื่องมือของโปรแกรมเสร็จเรียบร้อย

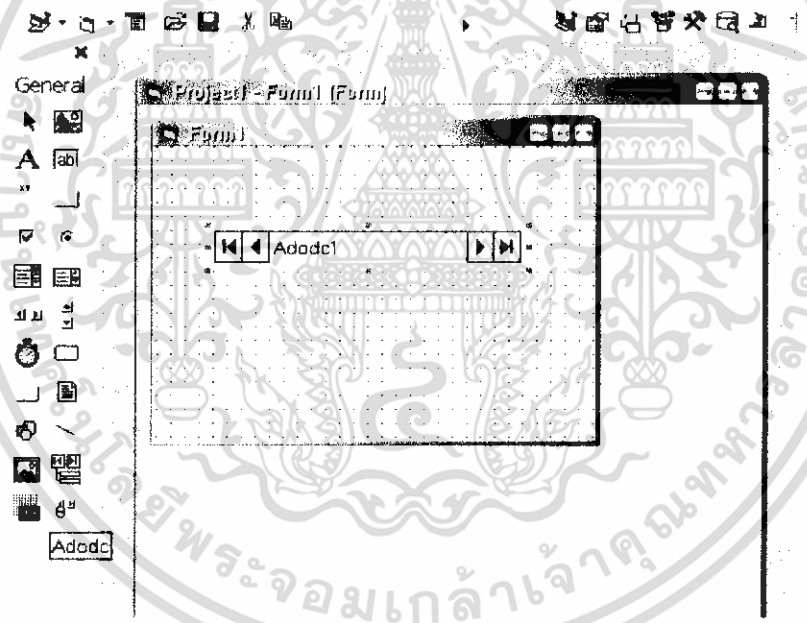
จากรูปที่ 3.17 คลิกที่สัญลักษณ์ของ Microsoft ADO Data Control 6 ในแถบเครื่องมือ แล้วลากลงใน Form ดังรูป

จากรูปที่ 3.18 เราสามารถที่กำหนดค่าต่างของ Microsoft ADO Data Control 6 ได้จาก properties เช่นการเปลี่ยนชื่อ ฯลฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

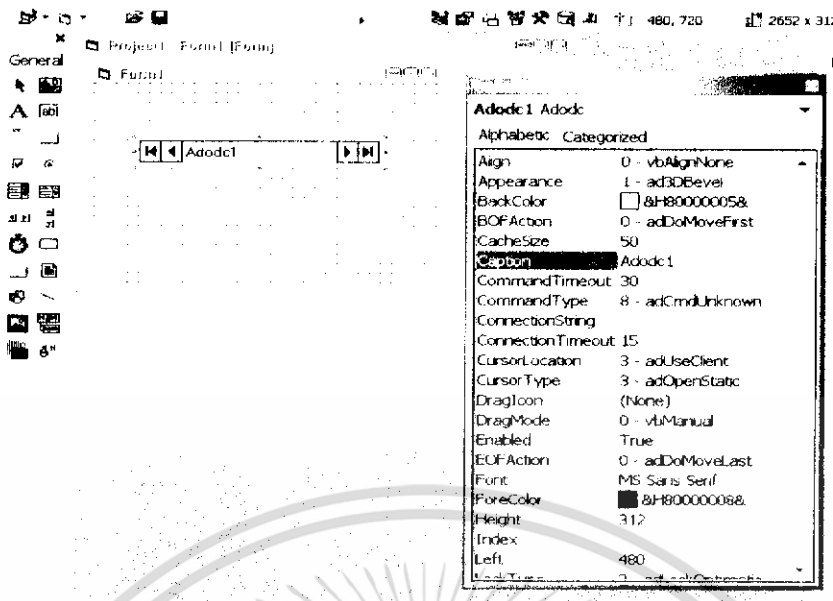


รูปที่ 3.16 การเพิ่ม Microsoft ADO Data Control 6 ใน Microsoft Visual Basic 6

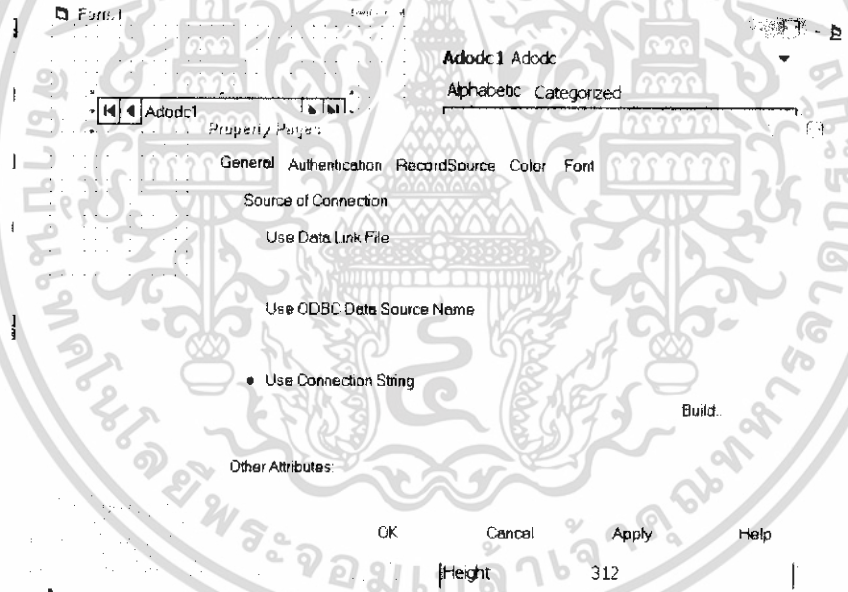


รูปที่ 3.17 การใช้ Microsoft ADO Data Control 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



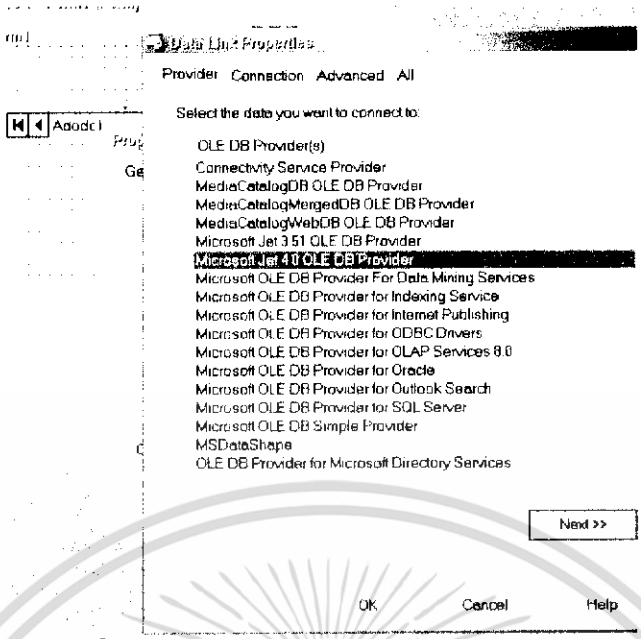
รูปที่ 3.18 Properties ของ Microsoft ADO Data Control 6



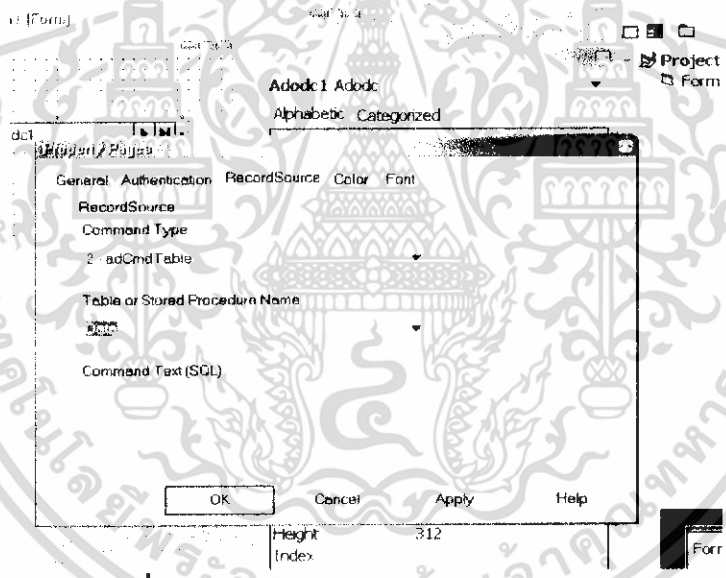
รูปที่ 3.19 การเรียกใช้ Data Base ของ Microsoft ADO Data Control 6

จากรูปที่ 3.19 คลิกขวาที่ Adodc1 แล้วเลือก ADODC Properties แล้วปรากฏหน้าต่างขึ้นมา แล้วคลิก Build จากนั้นจะขึ้นหน้าต่างอันใหม่ขึ้นมาดังรูปที่ 3.20 เลือก Microsoft Jet4.0 OLE DB Provider ดังรูปแล้วกด Next จะมาที่หน้า Connection ที่ Select or enter a database name เลือก Database ที่เราต้องการ แล้วกด OK รูปที่ 3.21 จะเป็นการกำหนดค่า Record Source ก็จะเป็นการเสร็จขั้นตอนการเรียกใช้ Database

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.20 Microsoft Jet 4 OLE DB Provider

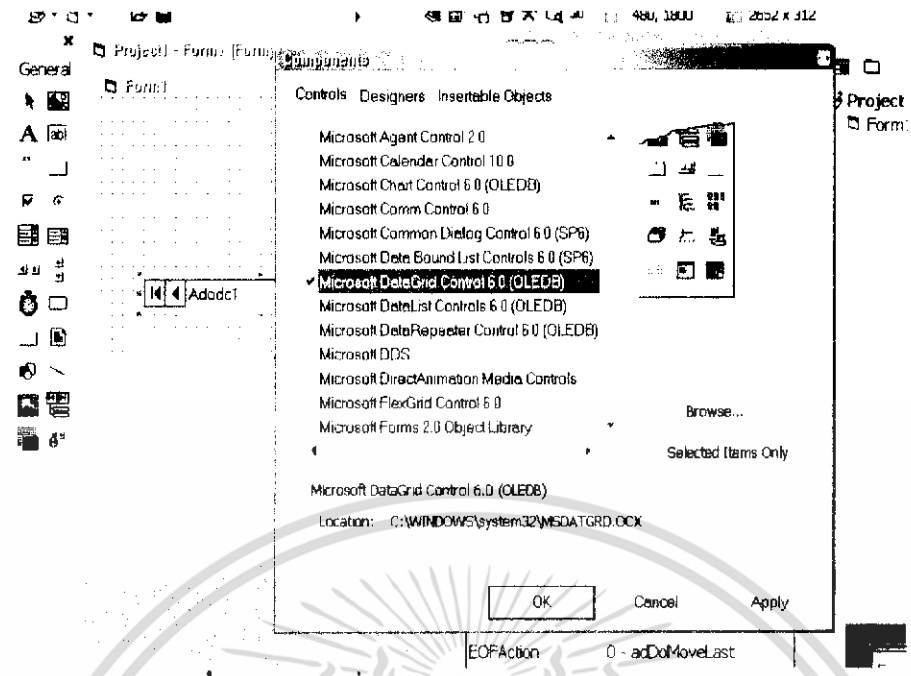


รูปที่ 3.21 Microsoft Jet 4 OLE DB Provider

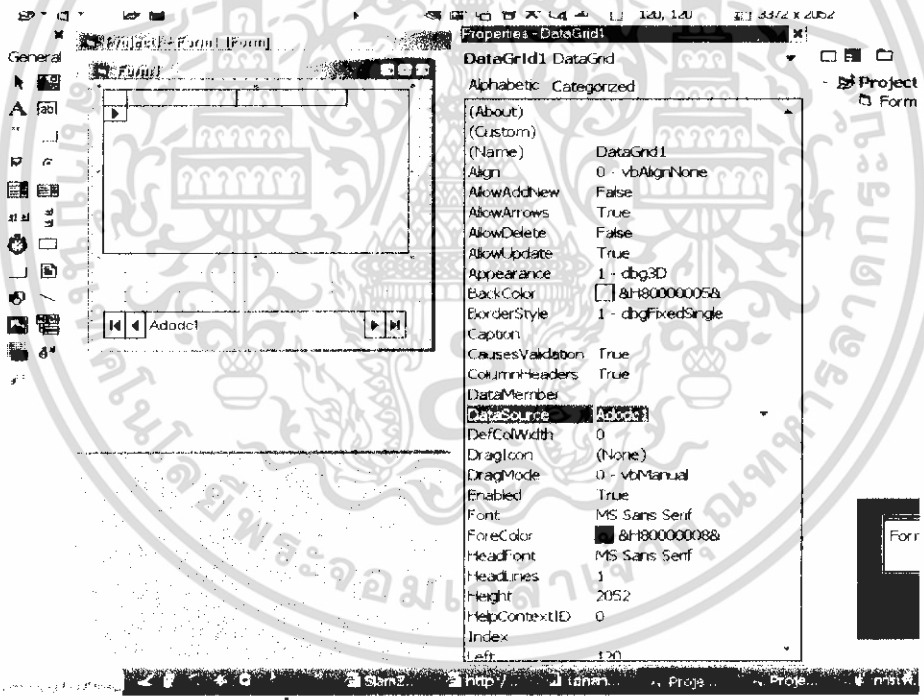
3.5 การใช้งาน Microsoft Data Grid Control 6

Microsoft Data Grid Control 6 เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการแสดงข้อมูลของ Database ที่ถูกเรียกโดย Microsoft ADO Data Control 6 โดยไม่ต้องใช้การเขียนโปรแกรม ได้อย่างง่ายดาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.22 การเพิ่ม Microsoft Data Grid Control 6



รูปที่ 3.23 การเรียกใช้ข้อมูลจาก ADO

จากรูปที่ 3.22 การเพิ่มเครื่องมือของ Microsoft Data Grid Control 6 เหมือนกับการเพิ่ม Microsoft ADO Data Control 6 ที่ได้แสดงมาก่อนหน้านี้แล้ว

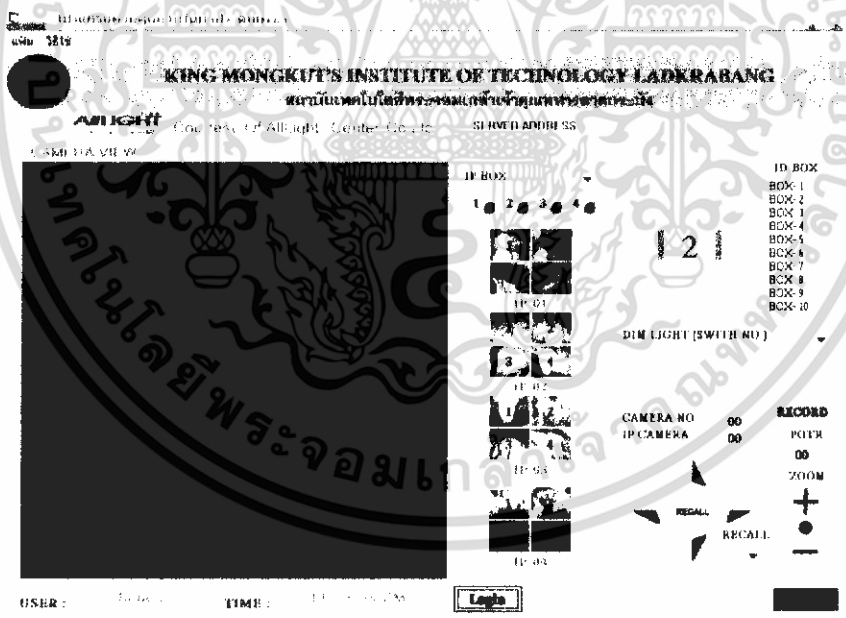
จากรูปที่ 3.23 เป็นวิธีการเรียกแสดงข้อมูลใน Microsoft Data Grid Control 6 จาก ADO ซึ่งสามารถเลือกดังรูป โดยที่ Data Source ใน properties ของ Microsoft Data Grid Control 6 ให้เลือกชื่อ ADO ตามที่เราต้องการใน Form นั้น เมื่อ Run โปรแกรมก็จะได้ข้อมูลที่อยู่ใน Database นั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลอง

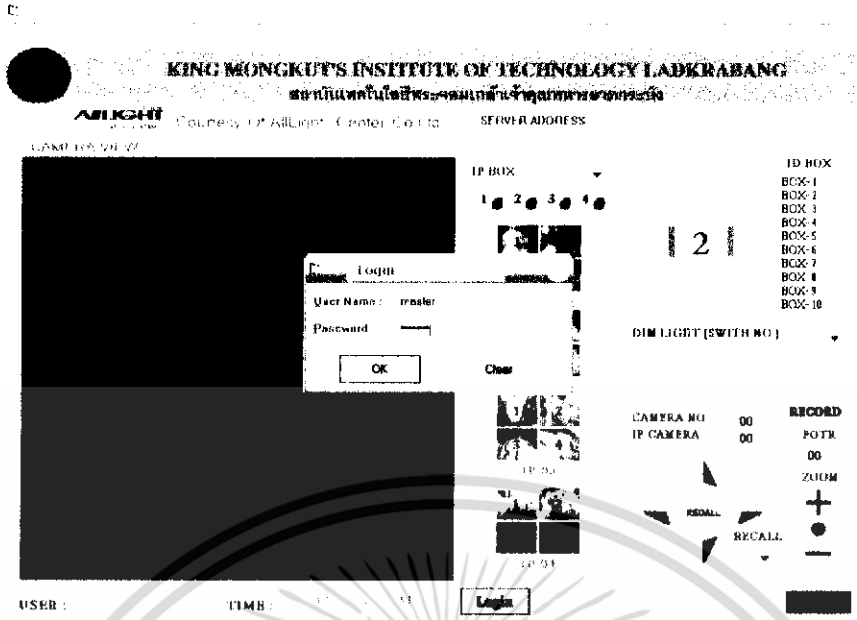
4.1 การใช้งานโปรแกรมควบคุมภายในถ้ำประดับเพชร

โปรแกรมควบคุมมีลักษณะหน้าต่างหลักดังรูปที่4.1 จากนั้นผู้ควบคุมต้องทำการ Login ค่าUser Name และ Password ของตัวเอง ซึ่งจะได้รับจากผู้ควบคุมที่เป็น Master เพื่อให้สามารถควบคุมระบบต่างๆ ได้ ดังรูปที่ 4.2 ในส่วนของผู้ควบคุมที่เป็น Master นั้นจะสามารถเข้าสู่ระบบที่ทำการเพิ่มหรือทำการเปลี่ยนแปลง (Change or Add User) ค่าUser Name และ Password ของผู้ควบคุมคนอื่นๆได้ ดังรูปที่ 4.3 และเมื่อทำการ Login เข้าสู่ระบบแล้ว การเริ่มการควบคุมระบบควบคุมได้โดย การเลือกServer Address ที่ต้องการเชื่อมต่อเพื่อควบคุมระบบก่อน โดยโปรแกรมนี้ใช้ Pradappetchcave.ac.th ซึ่งแสดงดังรูปที่4.4 จากนั้นทำการเลือกID Box ของ AllLight Box ที่ต้องการควบคุม ดังรูปที่ 4.5 ซึ่งแสดงการเลือก ID Boxที่ 1 จากนั้นทำการเลือก IP Box ดังรูปที่ 4.6 ซึ่ง 1 IP Box นั้นสามารถเชื่อมต่อกล้องได้ทั้งหมด 4 กล้อง จากนั้นทำการเลือก Camera ซึ่งสามารถกด Switch ที่แสดงด้วยรูปภาพชิ้นงาน ที่ต้องการได้เลย เพื่อเป็นการอำนวยความสะดวกแก่ผู้ควบคุม ดังรูปที่4.7

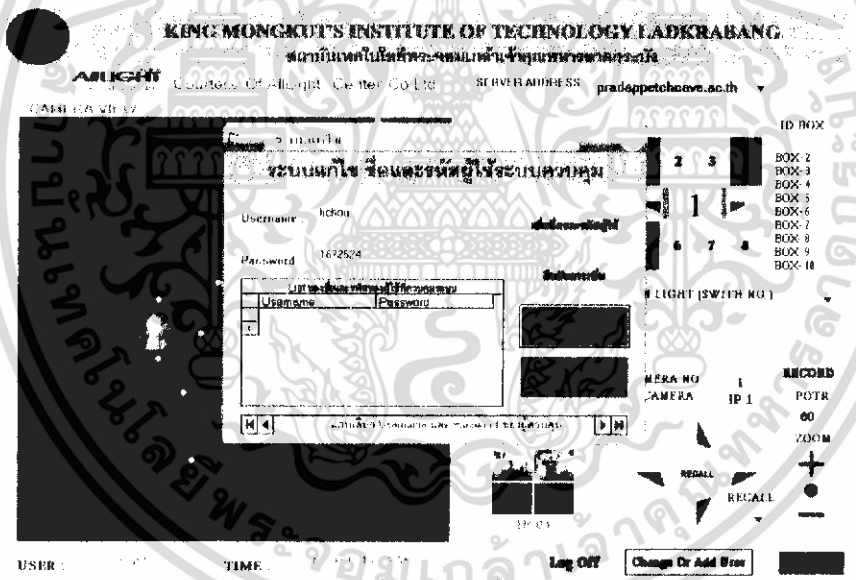


รูปที่ 4.1 แสดงหน้าต่างโปรแกรมขณะเริ่มเปิดโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

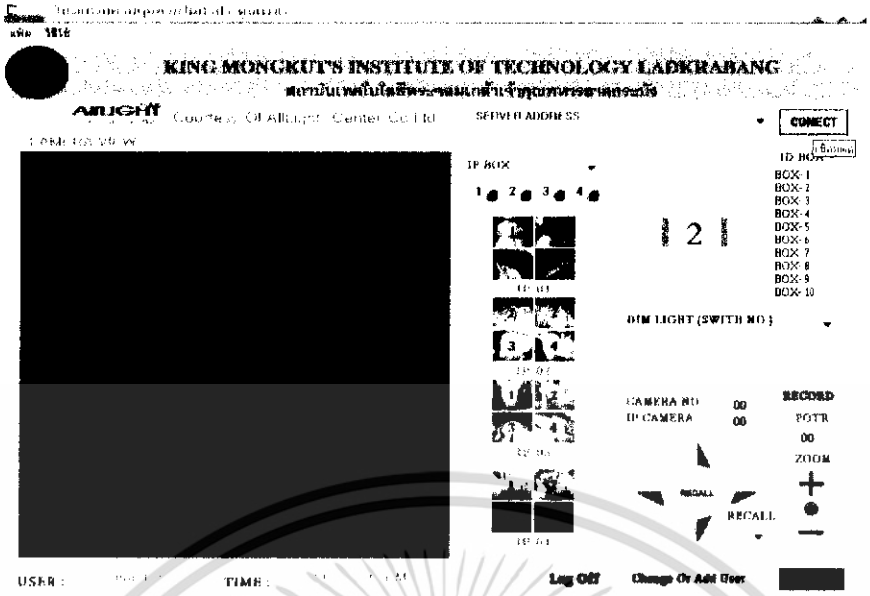


รูปที่ 4.2 แสดงหน้าต่างโปรแกรมขณะทำการ Login ระบบ

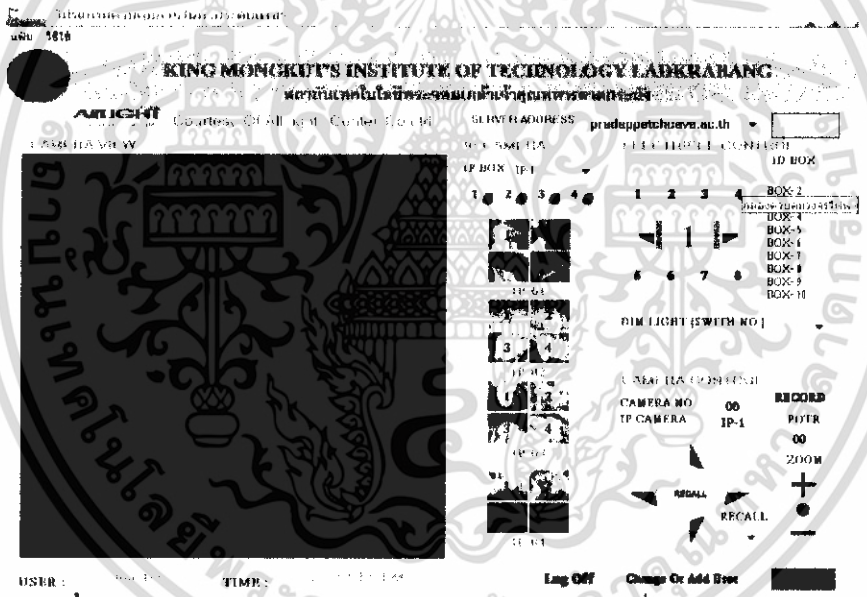


รูปที่ 4.3 แสดงหน้าต่างโปรแกรมการเพิ่มหรือเปลี่ยนแปลง User Name และ Password

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

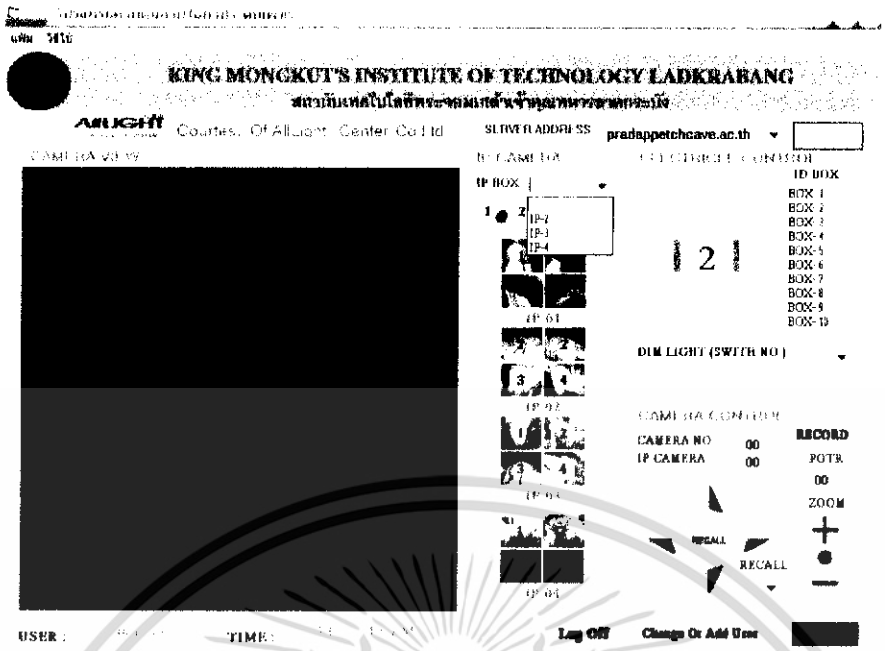


รูปที่ 4.4 แสดงหน้าต่างโปรแกรมการเลือก Server Address ที่ต้องการเชื่อมต่อ

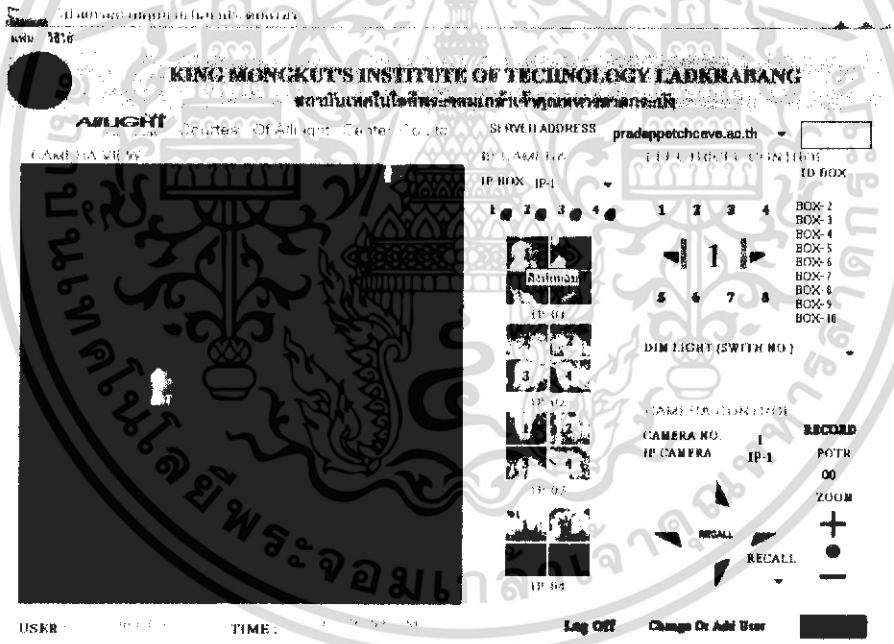


รูปที่ 4.5 แสดงหน้าต่างโปรแกรมการเลือก ID Box ที่ต้องการควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 แสดงหน้าต่างโปรแกรมการเลือก IP Box ที่ต้องการควบคุม

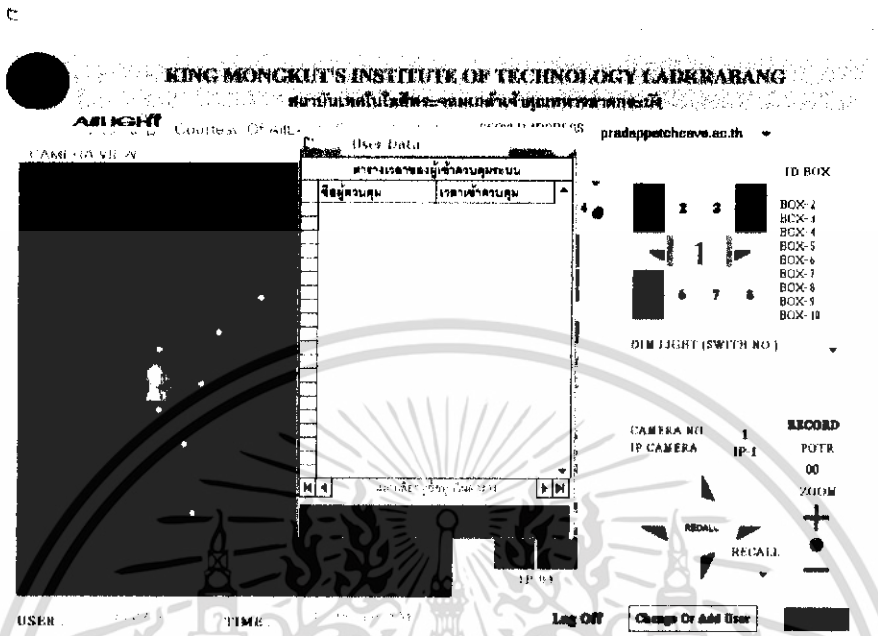


รูปที่ 4.7 แสดงหน้าต่างโปรแกรมการเลือก Camera ที่ต้องการควบคุม

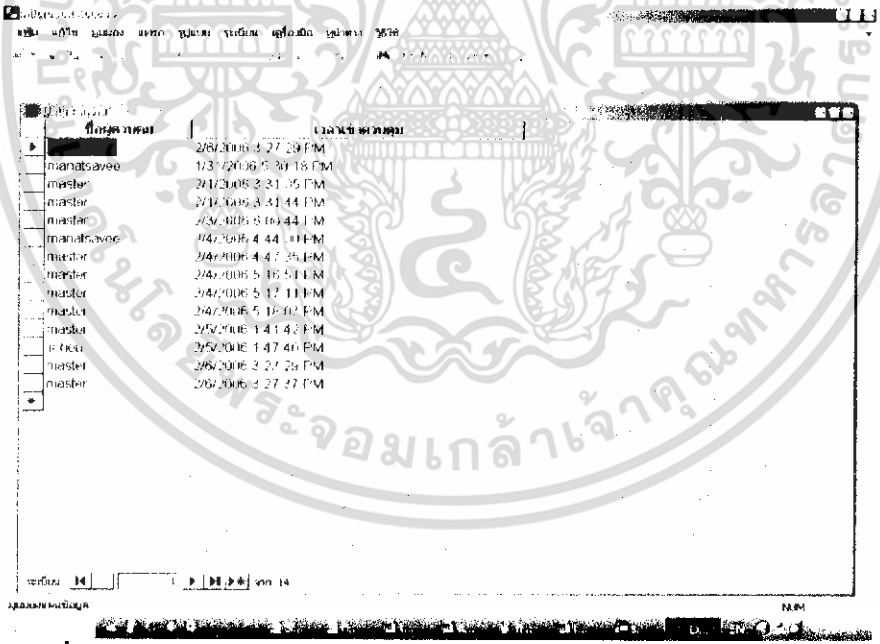
นอกจากนี้โปรแกรมยังสามารถเรียกดูข้อมูลของผู้ที่เข้ามาควบคุมโปรแกรมได้ด้วย ดังรูปที่4.8เพื่อเป็นการตรวจสอบและแสดงเวลาของผู้ควบคุมคนใดๆที่เข้ามาควบคุมโปรแกรม โดยมีการอ้างอิงจากฐานข้อมูล ซึ่งใช้โปรแกรม Microsoft Access ในการเก็บฐานข้อมูลต่างๆ ดังรูปที่ 4.9 ส่วนรูปที่ 4.10 แสดงฐานข้อมูล User Name และ Password ของผู้ควบคุมทุกคน ยกเว้นของMaster ซึ่งใช้โปรแกรม Microsoft Access ในการเก็บฐานข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่างๆเช่นกัน โดยในส่วนของฐานข้อมูลผู้ใช้โปรแกรมและฐานข้อมูล User Name และ Password ของผู้ควบคุม นั้นจะมีเฉพาะ Master เท่านั้นที่สามารถเข้าไปดูได้

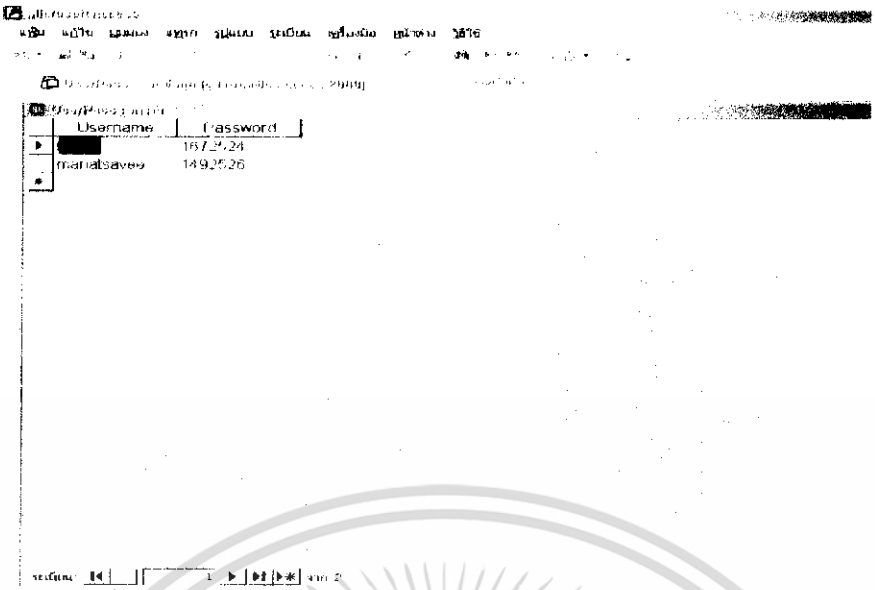


รูปที่ 4.8 แสดงหน้าต่างซึ่งแสดงข้อมูลเวลาของผู้ควบคุมโปรแกรม



รูปที่ 4.9 แสดงฐานข้อมูลของผู้เข้าควบคุมและเวลาเข้าควบคุมโปรแกรม

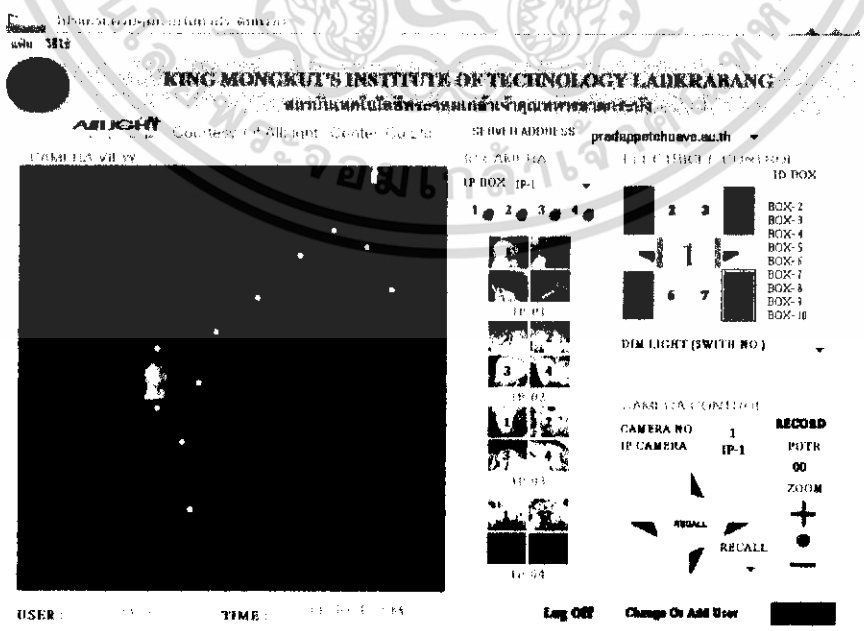
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 แสดงฐานข้อมูล User Name ของผู้ควบคุมโปรแกรม

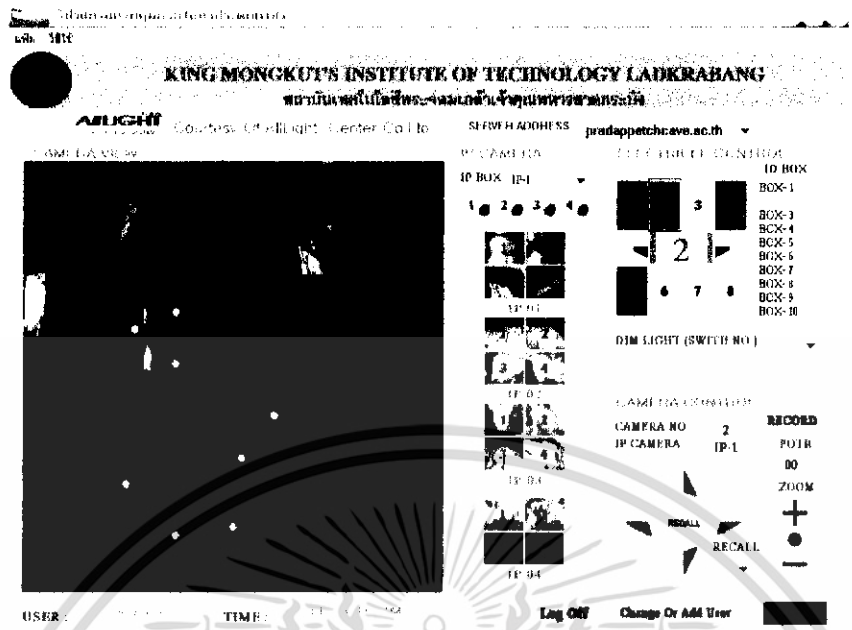
4.2 แสดงการ Simulation โปรแกรมควบคุมภายในถ้ำประดับเพชร

หลังจากทำการเข้าสู่โปรแกรมเรียบร้อยแล้ว การควบคุมโปรแกรมนั้นจะไปสั่งงาน Protocal ซึ่งตัว Protocal จะไปควบคุมการทำงานของ AllLight Box ให้ทำงานตามการควบคุมโปรแกรม ซึ่งสามารถแสดงการควบคุมจากการSimulation ดังรูปที่4.10 ซึ่งทำการ Simulation การควบคุม ID BOX 1 ที่ IP Box 1 ที่ Camera 1และที่switch 1,4,5 และ8 ซึ่งควบคุมระบบไฟที่ชิ้นงาน สิงห์หมอบ และระบบไฟตามทางเดินบริเวณดังกล่าว ส่วนรูปที่ 4.11 แสดง Simulation การควบคุม ID BOX 2 ที่ IP Box 1 ที่ Camera 2 และที่switch 1,2,4 และ5 ซึ่งควบคุมระบบไฟที่ชิ้นงาน น้ำตกเพชร และระบบไฟตามทางเดินบริเวณดังกล่าว



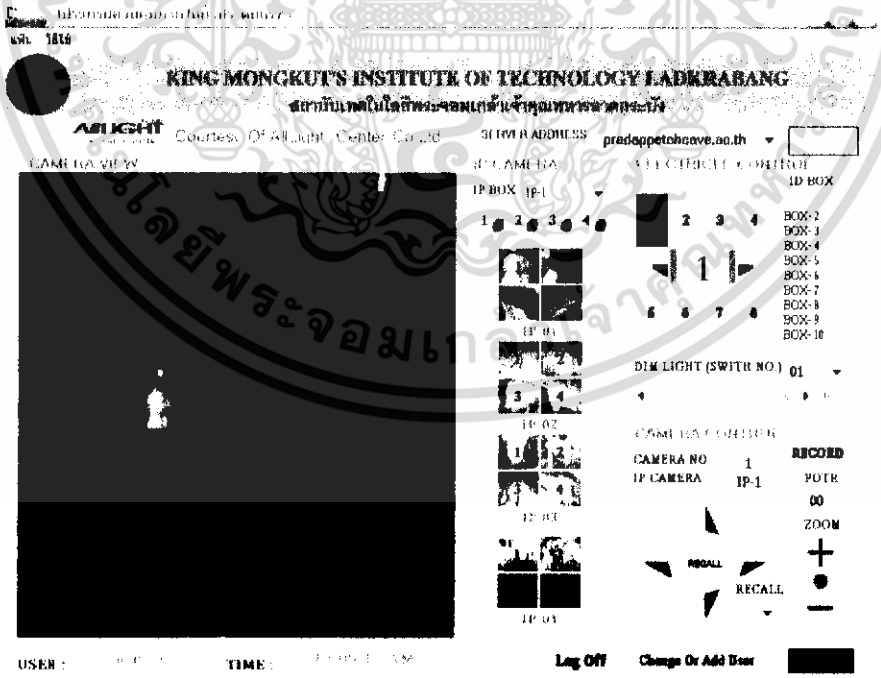
รูปที่ 4.11 แสดงการควบคุม ID BOX 1 ที่ IP Box 1 ที่ Camera 1 และที่switch 1,4,5 และ8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



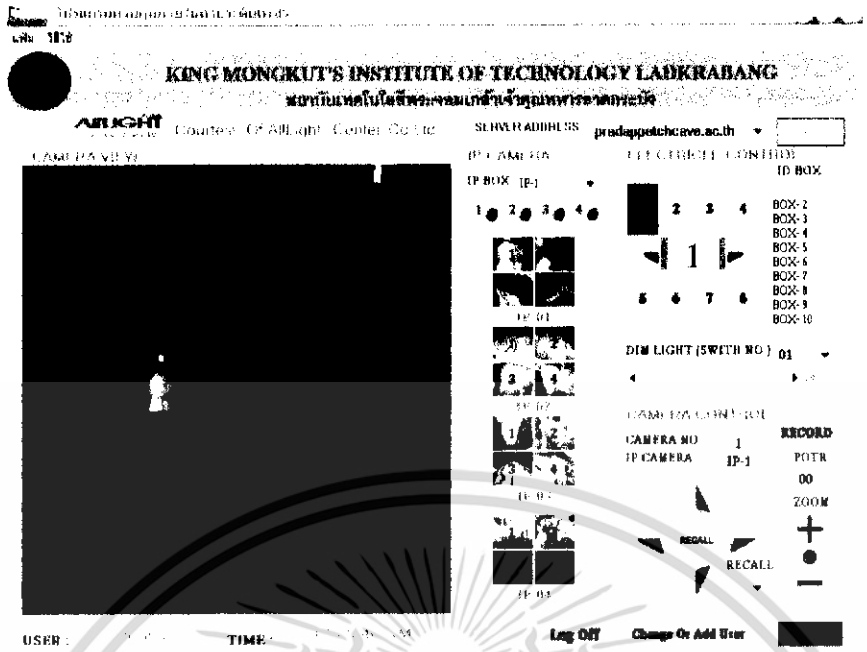
รูปที่ 4.12 แสดงการควบคุม ID BOX 2 ที่ IP Box 1 ที่ Camera 2 และ ที่switch 1,2,4 และ5

นอกจากนี้ระบบไฟฟ้าตามชิ้นงานยังสามารถปรับระดับความสว่างได้ โดยทำการSimulation ที่ ID BOX 1 ที่ IP Box 1 ที่ Camera 1 และ ที่switch 1 แสดงระดับความสว่างที่100%, 70%, 50%, 30%, และ0%

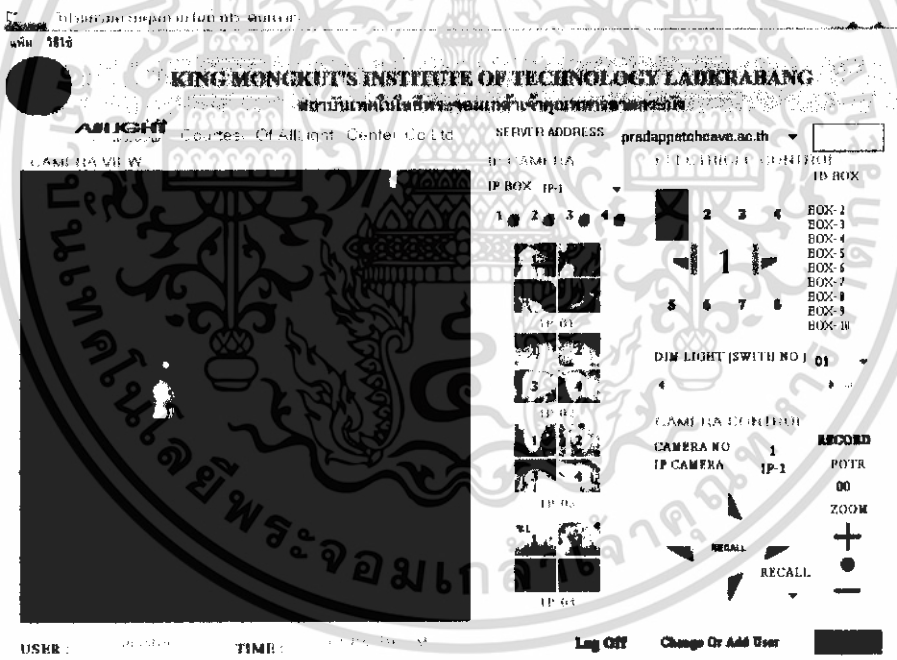


รูปที่ 4.13 แสดงการ DIM ที่ระดับความสว่าง 100%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

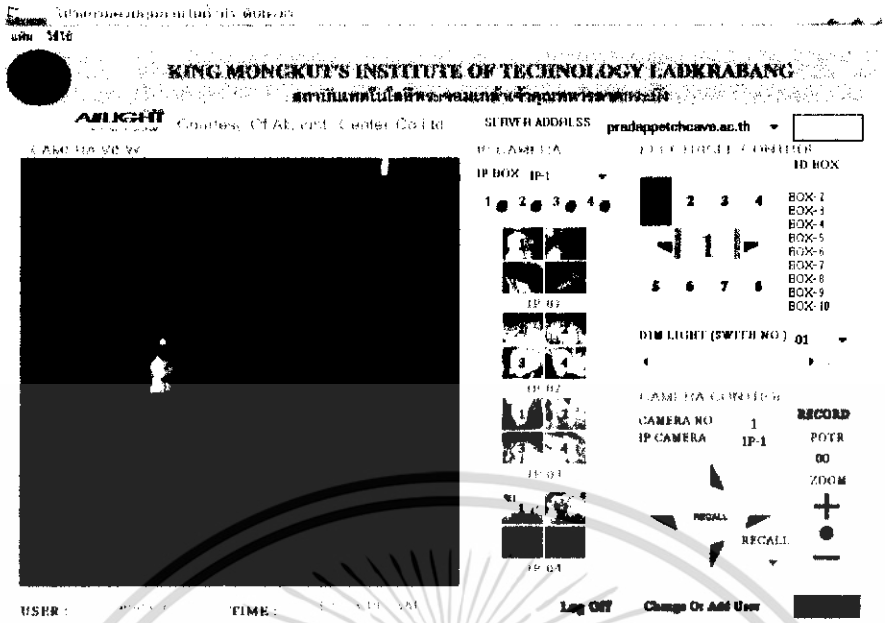


รูปที่ 4.14 แสดงการ DIM ที่ระดับความสว่าง 70%

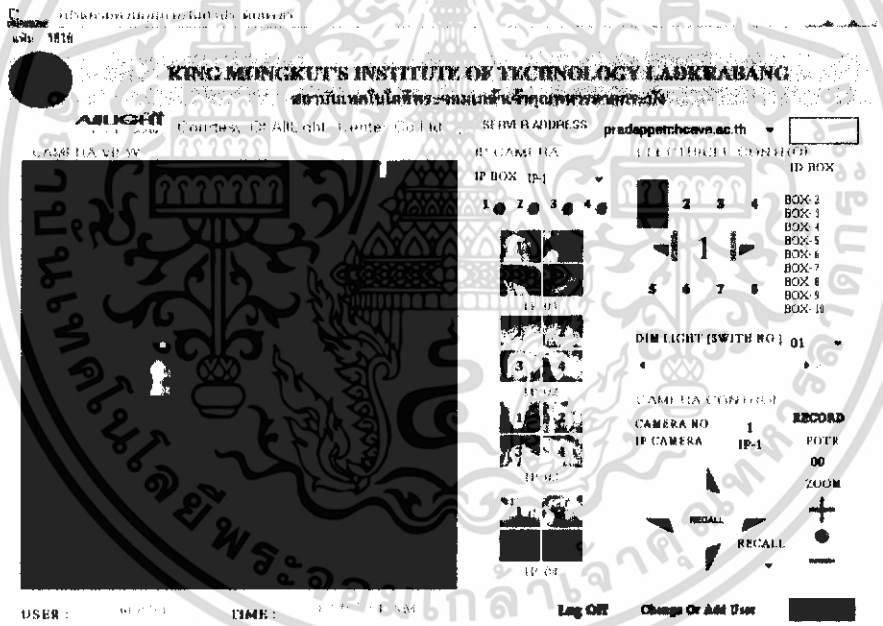


รูปที่ 4.15 แสดงการ DIM ที่ระดับความสว่าง 50%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

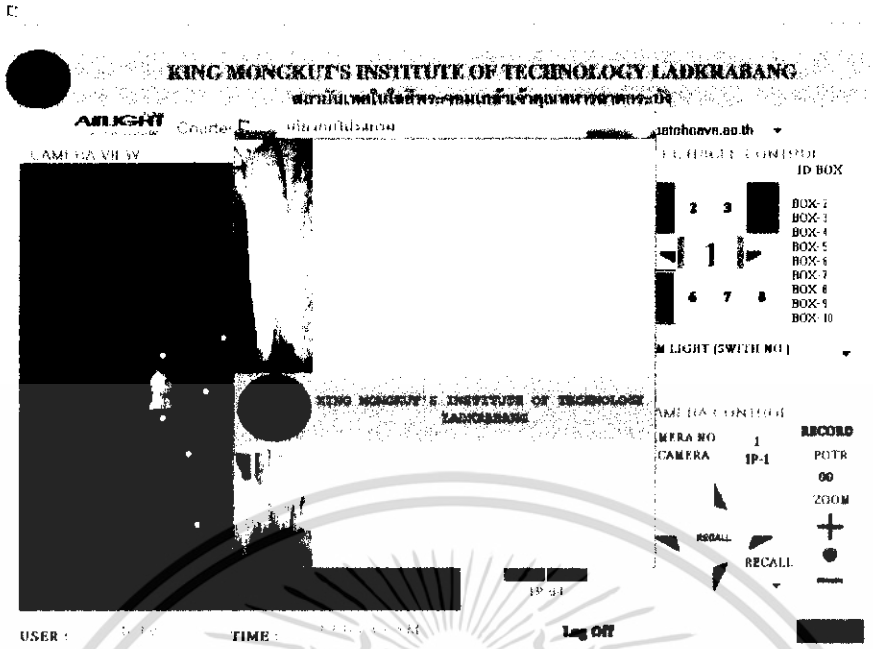


รูปที่ 4.16 แสดงการ DIM ที่ระดับความสว่าง 30%

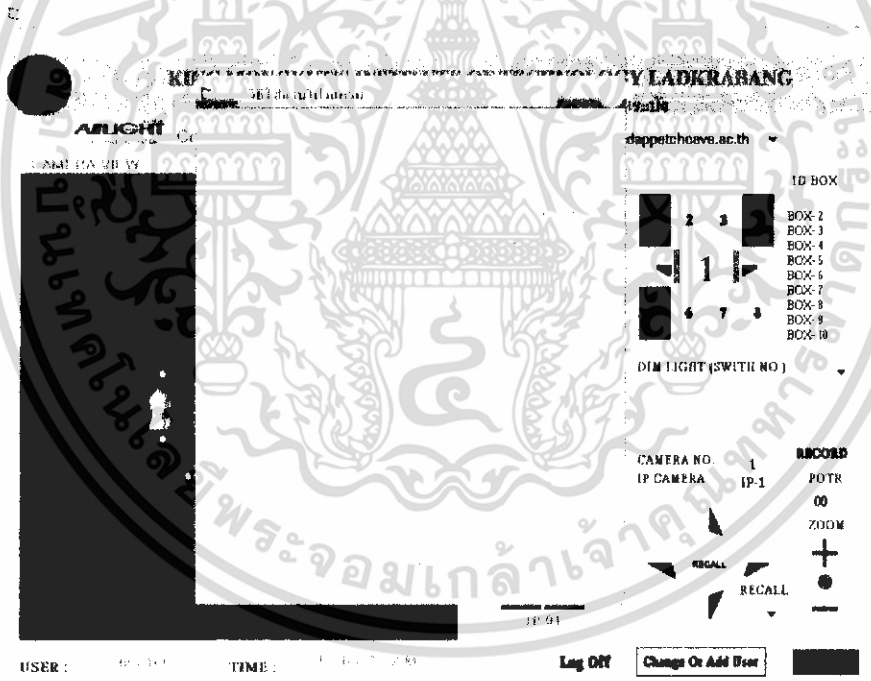


รูปที่ 4.17 แสดงการ DIM ที่ระดับความสว่าง 0%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.18 แสดงหน้าต่างเกี่ยวกับโปรแกรม



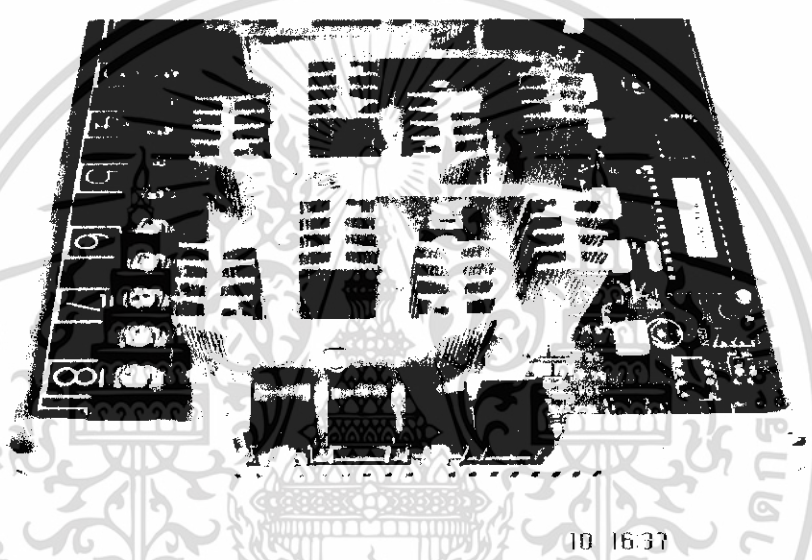
รูปที่ 4.19 แสดงหน้าต่างวิธีใช้งานโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ลักษณะการทำงานของ AllLight Box

การทำงานของ AllLight Box เราสามารถที่จะควบคุมผ่าน computer โดยการเขียนโปรแกรม ส่งผ่านมาทาง com port ของ computer โดยลักษณะการเชื่อมต่อของ AllLight Box ได้แสดงไว้ในบทที่สองแล้ว คือจะมีการเชื่อมต่อระcomputer และ AllLight Box โดยต่อเข้าทาง Local Port ของ AllLight Box และการเชื่อมต่อระหว่าง AllLight Box เอง จะเชื่อมต่อทาง Inter Port

ในรูปที่ 4.20 จะเป็นการเชื่อมต่อระหว่าง computer และ AllLight Box โดย Local Port คือช่องที่ 3 และ 4 จากซ้ายมือ ส่วน Local Port คือ ช่องที่ 1 และ 2 จากซ้ายมือ ส่วนรูปที่ 4.21 เป็นการเชื่อมต่อระหว่าง AllLight Box สองกล่อง

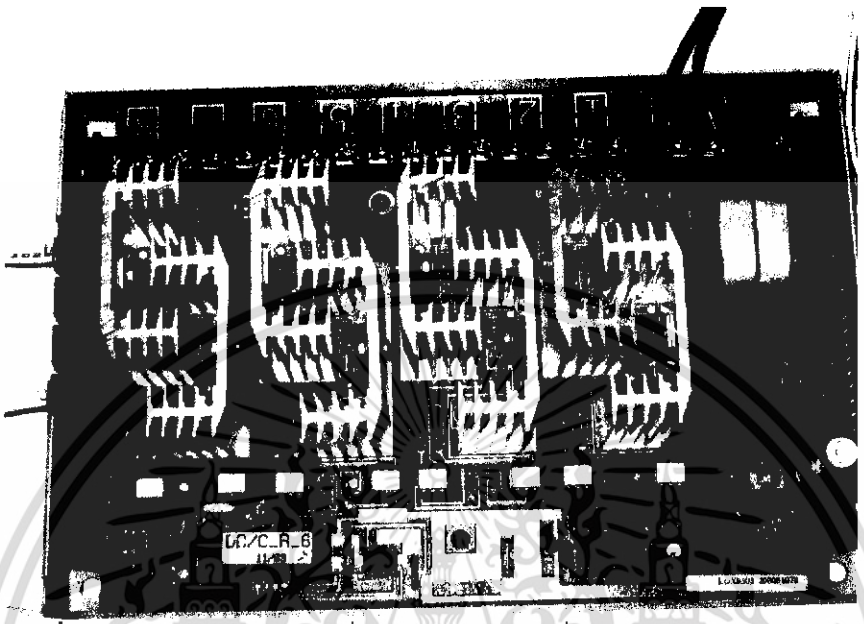


รูปที่ 4.20 ลักษณะการต่อ AllLight Box

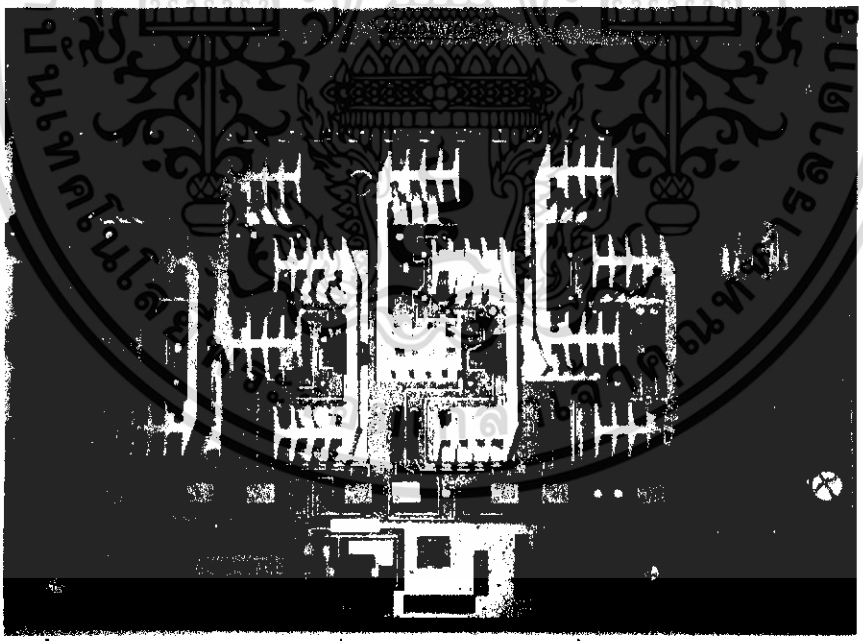
รูปที่ 4.21 การเชื่อมต่อระหว่าง AllLight box สองกล่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูปที่ 4.22 และ รูปที่ 4.23 แสดงถึง switch delay ของ AllLight Box หลังถูกควบคุมโดยโปรแกรมทาง computer จุดที่สว่างแสดงถึงการถูก on ส่วนจุดที่ไม่สว่างคือยังไม่ได้รับการ on



รูปที่ 4.22 แสดง Switch ตัวที่ 1,5,8 ของ box ที่ 1 หลังถูกควบคุมให้ on



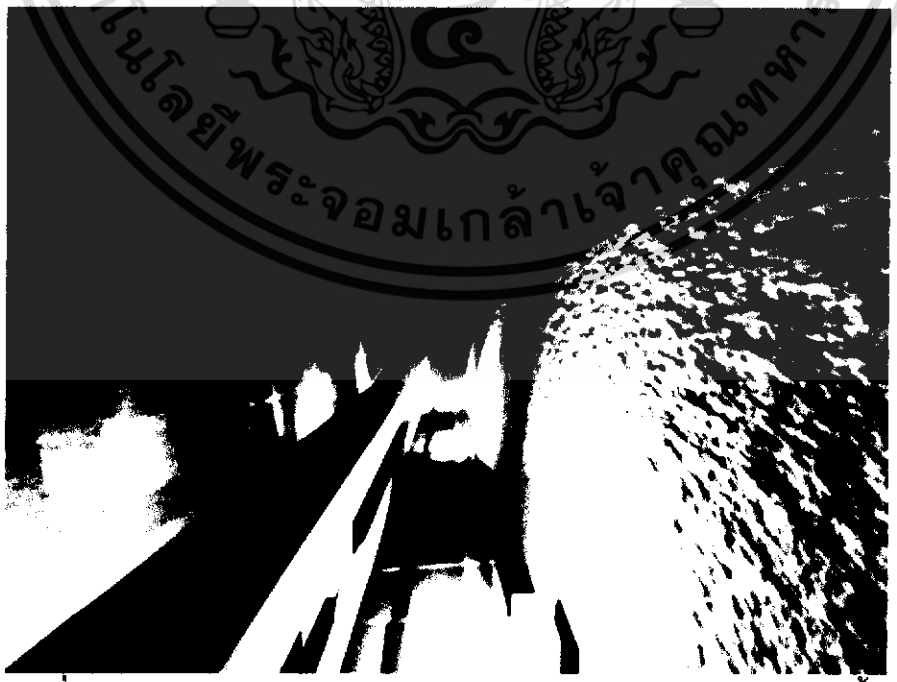
รูปที่ 4.23 แสดง Switch ตัวที่ 1,2,3,4 ของ box ที่ 2 หลังถูกควบคุมให้ on

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 แสดงบรรยากาศจำลองภายในถ้ำ

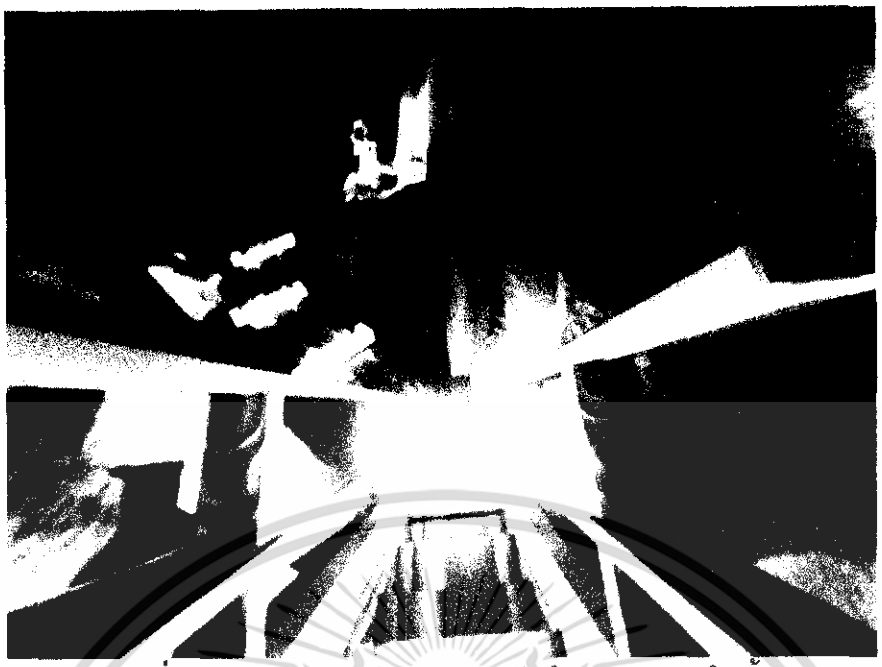
เนื่องจากความไม่สะดวกที่จะทำการติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆภายในถ้ำ จึงได้ทำการจำลองบรรยากาศภายในถ้ำตามทฤษฎีการออกแบบที่ได้ออกแบบไว้ จะมีการจำลองบรรยากาศลักษณะทางเดินภายในถ้ำ ราวจับบริเวณแหว และบันไดกรณีที่ต้องเดินลงหรือเดินขึ้นพร้อมทั้งไฟทางเดินที่ได้ออกแบบไว้ และบรรยากาศของชิ้นงานบริเวณเจ้าแม่กวนอิมที่ได้มีการจำลองไฟชิ้นงานเพื่อทำให้ดูสวยงามมากขึ้น และบริเวณช้างสามเศียร

รูปที่ 4.24 แสดงบรรยากาศจำลองภายในถ้ำ ซึ่งมองจากด้านบน



รูปที่ 4.25 แสดงบรรยากาศจำลองทางเดินและราวจับบริเวณแหวภายในถ้ำ

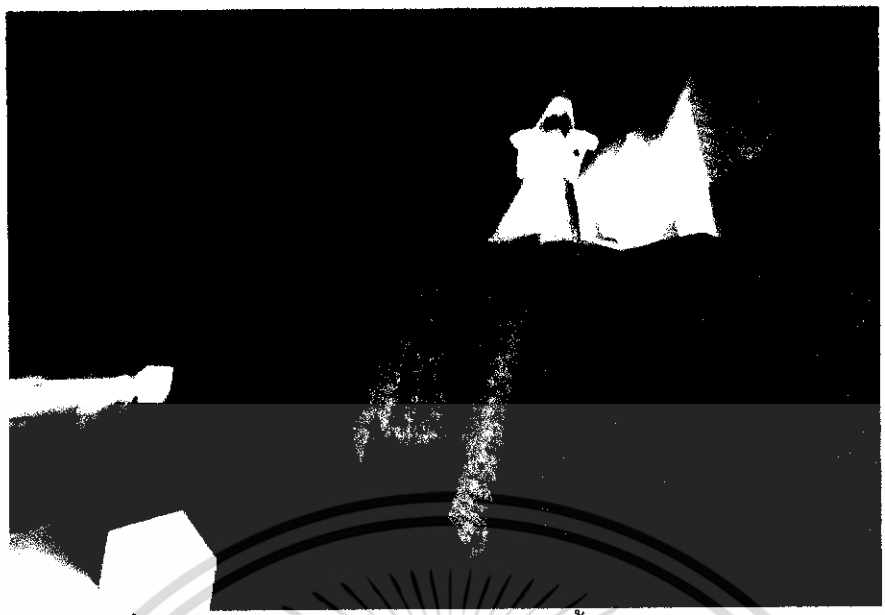
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.26 แสดงบรรยากาศจำลองบันไดทางลงภายในถ้ำ

รูปที่ 4.27 แสดงบรรยากาศจำลองทางเดินและบันไดภายในถ้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.28 แสดงบรรยากาศจำลองบริเวณชิ้นงานเจ้าแม่กวนอิม

รูปที่ 4.29 แสดงบรรยากาศจำลองบริเวณชิ้นงานช้างสามเศียร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุปและเสนอแนวทางที่จะดำเนินการ

การออกแบบระบบไฟฟ้าในถ้ำ เป็นการนำความรู้ทางด้านวิศวกรรมศาสตร์และความรู้ทางด้านสถาปัตยกรรมศาสตร์ มาใช้รวมกัน โดยการออกแบบภายในถ้ำนี้ ยังไม่มีมาตรฐานเฉพาะ โดยสำหรับประเทศไทยนั้นถือว่าเป็นช่วงเริ่มต้น ดังนั้นจึงได้ทำการออกแบบระบบไฟฟ้าภายในถ้ำ โดยยึดตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย (วสท.) เพื่อในระบบมีความถูกต้องมากที่สุด นอกจากนี้ยังได้นำความรู้ทางด้านสถาปัตยกรรมศาสตร์ โดยได้นำความรู้ทางด้านการออกแบบตกแต่งจากท่านอาจารย์ที่ปรึกษา คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ ผศ. ชนินทร์ ทิพโยภาส มารวมด้วยเพื่อทำให้เกิดความกลมกลืนทั้งด้านแสงสว่างและด้านเสียงกับสภาพนิเวศน์ภายในถ้ำ นอกจากนี้ถ้ำยังเป็นสถานที่ท่องเที่ยวทางธรรมชาติ ซึ่งต้องรักษาไว้ซึ่งสภาพนิเวศน์ เพื่อไม่ให้ส่งผลกระทบต่อ หินงอก-หินย้อยและสิ่งมีชีวิตที่อาศัยภายในถ้ำ นอกจากนี้โครงงานนี้ยังได้มีการควบคุมระบบต่างๆที่ถูกติดตั้งภายในถ้ำ ผ่านทางอินเตอร์เน็ตเพื่อให้เจ้าหน้าที่ทางวนอุทยานสามารถควบคุมระบบต่างๆได้อย่างสะดวก และมีประสิทธิภาพ และยังเป็นการรักษาความปลอดภัยของนักท่องเที่ยวในกรณีที่เกิดเหตุฉุกเฉินหรือเกิดเหตุอันตรายภายในถ้ำ นอกจากนี้ยังเป็นการรักษาความปลอดภัยของธรรมชาติภายในถ้ำจากการทำลายจากนักท่องเที่ยว หรือบุคคลภายนอก โดยการทำงานในโครงงานนี้ได้รับความร่วมมือจากหลายฝ่าย ซึ่งถือว่าเป็นโครงงานนำร่อง

แนวทางที่จะดำเนินการ โดยโครงงานนี้สามารถนำไปสร้างได้จริง แต่เนื่องจากโครงงานนี้เป็นโครงงานนำร่อง ดังนั้นเมื่อนำไปปฏิบัติงานจริงย่อมต้องมีการแก้ไขและปรับเปลี่ยน ให้เหมาะสมกับสภาพหน้างานจริงมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] ศุลี บรรจงจิต, **หลักการและเทคนิคการออกแบบระบบไฟฟ้า**, กรุงเทพฯ, ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2547.

[2] ศุลี บรรจงจิต, **อุปกรณ์และการติดตั้งในงานระบบไฟฟ้า**, กรุงเทพฯ, ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2547.

[3] การไฟฟ้านครหลวง, **คำแนะนำการจัดเตรียมอุปกรณ์ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้า**, การไฟฟ้านครหลวง, 2547.

[4] การไฟฟ้านครหลวง, **คำแนะนำการติดตั้งระบบสายใต้ดินในพื้นที่จัดสรร**, การไฟฟ้านครหลวง, 2547.

[5] ประเสริฐกิจ เชาว์ประมวลกุล , ปรัชญา พรมโส , ปีติภพ หวังวิริยะพันธ์ และ พรชัย ติระนาถวิทยากุล, "ระบบควบคุมไฟฟ้าในแหล่งท่องเที่ยวโดยใช้โปรแกรมความคุม (Control of Electrical System in Tourism by Programming Method), " **ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต**, สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2546.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

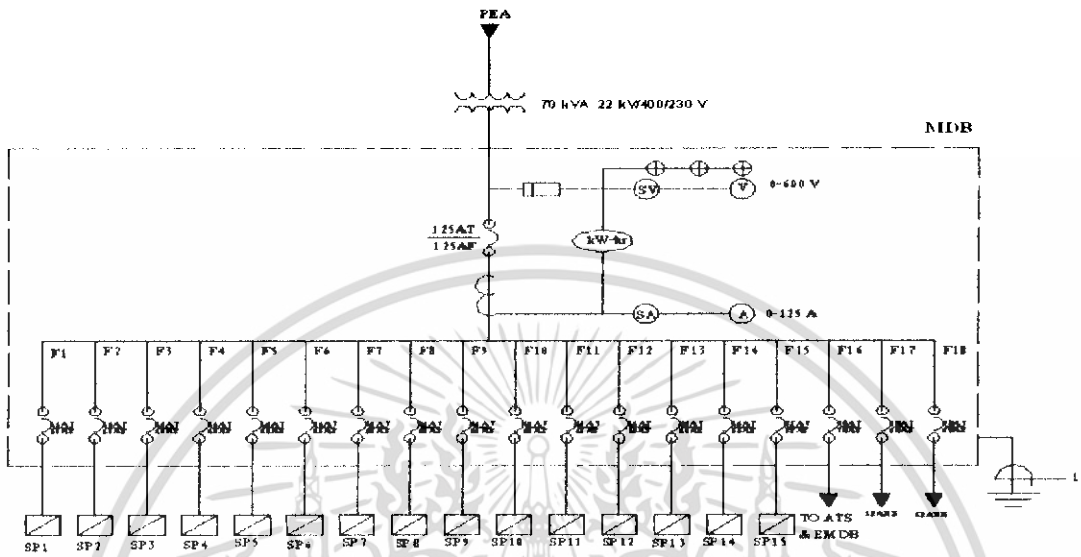
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

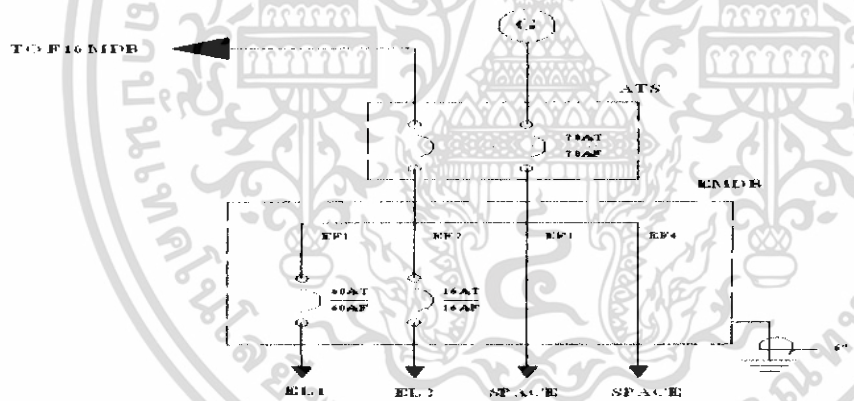
แบบแสดง One Line , Riser ของระบบต่าง ๆ

แบบแสดงตาราง Load Schedule

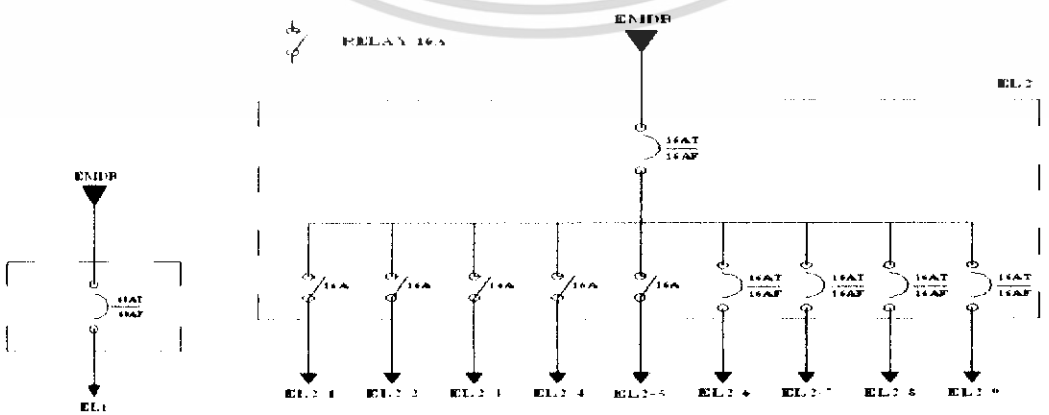
และแบบ Lay Out ของระบบต่าง ๆ



รูปที่ ก.1 ONE LINE DIAGRAM (MDB)

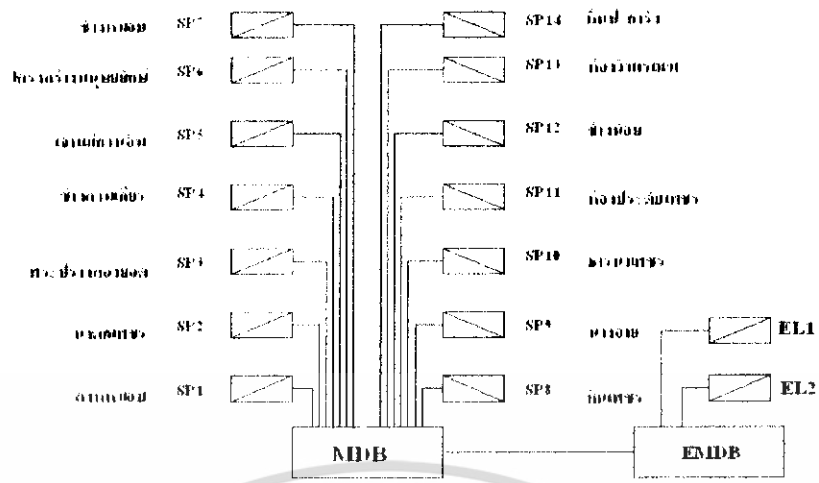


รูปที่ ก.2 ONE LINE DIAGRAM (EMDB)

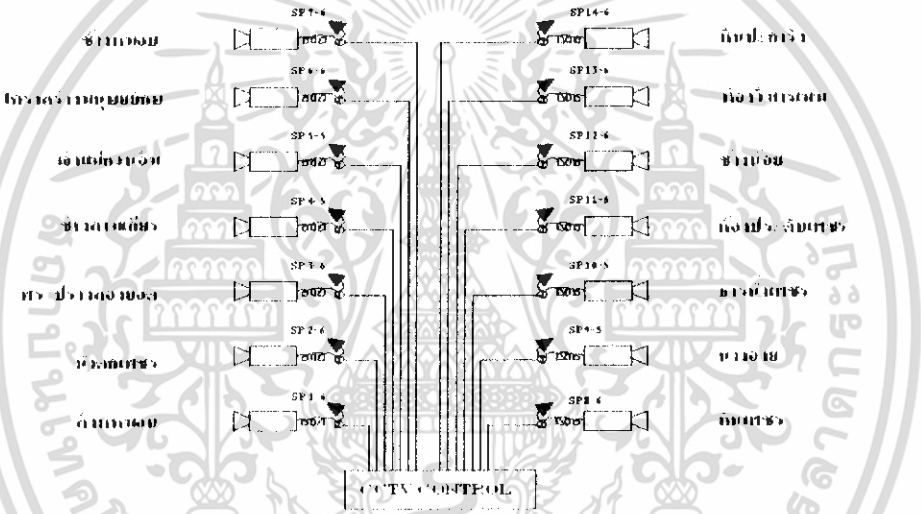


รูปที่ ก.3 ONE LINE DIAGRAM (EL1 & EL2)

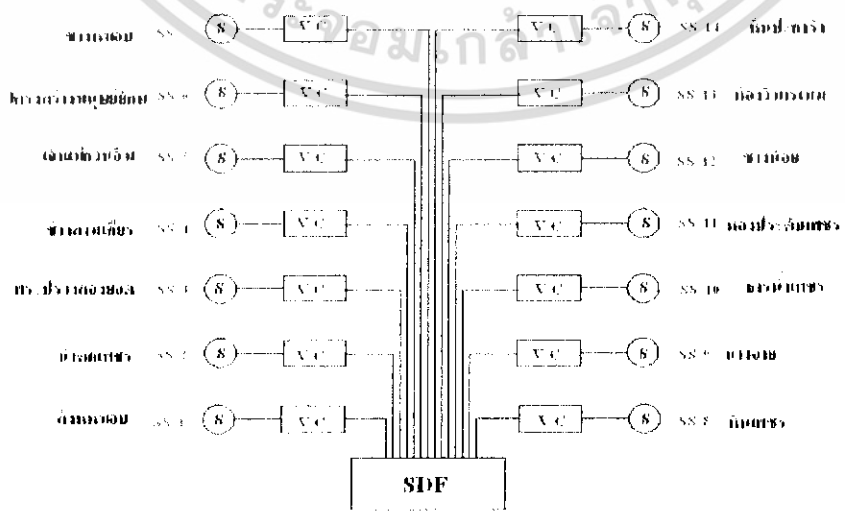
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.4 POWER RISER

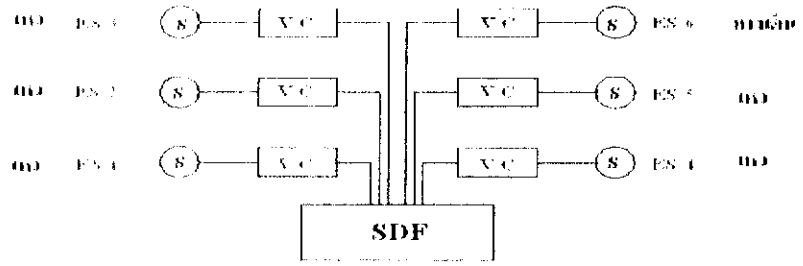


รูปที่ ก.5 CCTV RISER

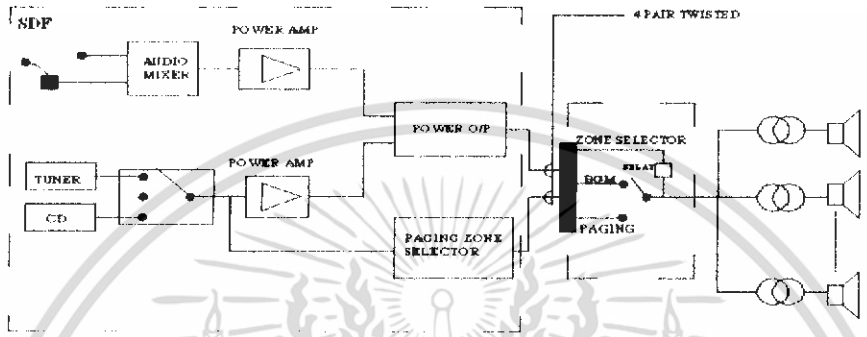


รูปที่ ก.6 SOUND RISER OF SHOW PICE

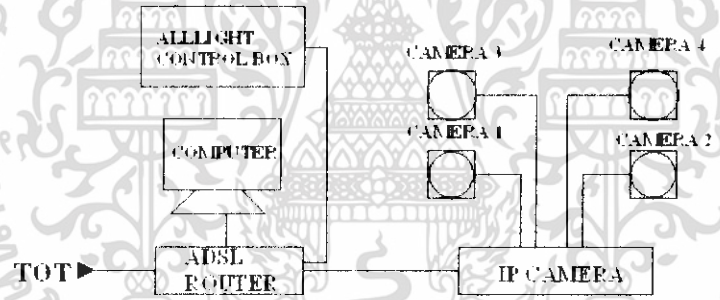
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.7 SOUND RISER OF EMERGENCY



รูปที่ ก.8 TYPICAL OF SOUND



รูปที่ ก.9 TYPICAL OF CCTV

ตารางที่ ก.1 LOAD SCHEDULE OF MDB

FEEDER NO	CONNECTED TO	CIRCUIT BREAKER		LOAD (VA)			CONDUCTOR	
		POLE	AT	ØA	ØB	ØC	SIZE (SQ.MM)	TYPE
1	SP1	1	16	1150	-	-	4/1.5G	NYY
2	SP2	1	16	-	1841.67	-	4/1.5G	NYY
3	SP3	1	16	-	-	1175	4/1.5G	NYY
4	SP4	1	16	2100	-	-	4/1.5G	NYY
5	SP5	1	16	-	2166.67	-	4/1.5G	NYY
6	SP6	1	16	-	-	1845	4/1.5G	NYY
7	SP7	1	16	1800	-	-	4/1.5G	NYY

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8	SP8	1	16	-	1641.67	-	4/1.5G	NYY
9	SP9	1	16	-	-	2166.67	4/1.5G	NYY
10	SP10	1	16	2100	-	-	4/1.5G	NYY
11	SP11	1	16	-	1866.67	-	4/1.5G	NYY
12	SP12	1	16	-	-	1683.33	4/1.5G	NYY
13	SP13	1	16	941.67	-	-	4/1.5G	NYY
14	SP14	1	16	-	1983.34	-	4/1.5G	NYY
15	SP15	1	20	-	-	3900	6/4G	NYY
16	EMDB	1	70	11400	-	-	25/6G	NYY
17	SPARE	1	60	-	9990	-	-	-
18	SPARE	1	50	-	-	8720	-	-
TOTAL CONNETEC LOAD		MAIN CB: 3P, 125AT/125AF		19491.67	19490.02	19490	MAIN (SQ.MM): 4-70/16G, NYY	
				58471.69				

ตารางที่ ก.2 LOAD SCHEDULE OF SP1

CIRCUIT NO	DESCRIPTION	RELAY		CONDUCTOR		LOAD (VA)
		NO.	AMP.	SIZE (SQ.MM)	TYPE	
1	LIGHTING (SP1-1)	1	16	2-2.5	NYY	100
2	LIGHTING (SP1-2)	2	16	2-2.5	NYY	100
3	LIGHTING (SP1-3)	3	16	2-2.5	NYY	100
4	LIGHTING (SP1-4)	4	16	2-2.5	NYY	100
5	LIGHTING (SP1-5)	5	16	2-2.5	NYY	50
6	CCTV OUTLET (SP1-6)	6	16	2-2.5	NYY	200
7	SPARE	7	16	-	-	500
8	TO EL2-1	8	16	-	-	-
CONNECT TO MDB		MAIN CB: 1P, 16AT		MAIN (SQ.MM): 2-2.5/1.5G, NYY		1150

ตารางที่ ก.3 LOAD SCHEDULE OF SP2

CIRCUIT NO	DESCRIPTION	RELAY		CONDUCTOR		LOAD (VA)
		NO.	AMP.	SIZE (SQ.MM)	TYPE	
1	LIGHTING (SP2-1)	1	16	2-2.5	NYY	100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2	LIGHTING (SP2-2)	2	16	2-2.5	NYY	200
3	LIGHTING (SP2-3)	3	16	2-2.5	NYY	200
4	LIGHTING (SP2-4)	4	16	2-2.5	NYY	100
5	LIGHTING (SP2-5)	5	16	2-2.5	NYY	41.67
6	CCTV OUTLET (SP2-6)	6	16	2-2.5	NYY	200
7	SPARE	7	16	-	-	500
8	SPARE	8	16	-	-	500
CONNECT TO MDB		MAIN CB: 1P, 16AT		MAIN (SQ.MM): 2-2.5/1.5G, NYY		1841.67

ตารางที่ ก.4 LOAD SCHEDULE OF SP3

CIRCUIT NO	DESCRIPTION	RELAY		CONDUCTOR		LOAD (VA)
		NO.	AMP.	SIZE (SQ.MM)	TYPE	
1	LIGHTING (SP3-1)	1	16	2-2.5	NYY	100
2	LIGHTING (SP3-2)	2	16	2-2.5	NYY	100
3	LIGHTING (SP3-3)	3	16	2-2.5	NYY	100
4	LIGHTING (SP3-4)	4	16	2-2.5	NYY	100
5	LIGHTING (SP3-5)	5	16	2-2.5	NYY	75
6	CCTV OUTLET (SP3-6)	6	16	2-2.5	NYY	200
7	SPARE	7	16	-	-	500
8	TO EL2-2	8	16	-	-	-
CONNECT TO MDB		MAIN CB: 1P, 16AT		MAIN (SQ.MM): 2-2.5/1.5G, NYY		1175

ตารางที่ ก.5 LOAD SCHEDULE OF SP4

CIRCUIT NO	DESCRIPTION	RELAY		CONDUCTOR		LOAD (VA)
		NO.	AMP.	SIZE (SQ.MM)	TYPE	
1	LIGHTING (SP4-1)	1	16	2-2.5	NYY	100
2	LIGHTING (SP4-2)	2	16	2-2.5	NYY	100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3	LIGHTING (SP4-3)	3	16	2-2.5	NYY	100
4	LIGHTING (SP4-4)	4	16	2-2.5	NYY	100
5	CCTV OUTLET (SP4-5)	5	16	2-2.5	NYY	200
6	SPARE	6	16	-	-	500
7	SPARE	7	16	-	-	500
8	SPARE	8	16	-	-	500
CONNECT TO MDB		MAIN CB: 1P, 16AT		MAIN (SQ.MM): 2-2.5/1.5G, NYY		2100

ตารางที่ ก.6 LOAD SCHEDULE OF SP5

CIRCUIT NO	DESCRIPTION	RELAY		CONDUCTOR		LOAD (VA)
		NO.	AMP.	SIZE (SQ.MM)	TYPE	
1	LIGHTING (SP5-1)	1	16	2-2.5	NYY	166.67
2	LIGHTING (SP5-2)	2	16	2-2.5	NYY	100
3	LIGHTING (SP5-3)	3	16	2-2.5	NYY	100
4	LIGHTING (SP5-4)	4	16	2-2.5	NYY	100
5	CCTV OUTLET (SP5-5)	5	16	2-2.5	NYY	200
6	SPARE	6	16	-	-	500
7	SPARE	7	16	-	-	500
8	SPARE	8	16	-	-	500
CONNECT TO MDB		MAIN CB: 1P, 16AT		MAIN (SQ.MM): 2-2.5/1.5G, NYY		2166.67

ตารางที่ ก.7 LOAD SCHEDULE OF SP6

CIRCUIT NO	DESCRIPTION	RELAY		CONDUCTOR		LOAD (VA)
		NO.	AMP.	SIZE (SQ.MM)	TYPE	
1	LIGHTING (SP6-1)	1	16	2-2.5	NYY	333.33
2	LIGHTING (SP6-2)	2	16	2-2.5	NYY	240
3	LIGHTING (SP6-3)	3	16	2-2.5	NYY	240
4	LIGHTING (SP6-4)	4	16	2-2.5	NYY	240

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5	LIGHTING (SP6-5)	5	16	2-2.5	NYY	91.67
6	CCTV OUTLET (SP6-6)	6	16	2-2.5	NYY	200
7	SPARE	7	16	-	-	500
8	TO EL2-3	8	16	-	-	-
CONNECT TO MDB		MAIN CB: 1P, 16AT		MAIN (SQ.MM): 2-2.5/1.5G, NYY		1845

ตารางที่ ก.8 LOAD SCHEDULE OF SP7

CIRCUIT NO	DESCRIPTION	RELAY		CONDUCTOR		LOAD (VA)
		NO.	AMP.	SIZE (SQ.MM)	TYPE	
1	LIGHTING (SP7-1)	1	16	2-2.5	NYY	133.33
2	LIGHTING (SP7-2)	2	16	2-2.5	NYY	200
3	LIGHTING (SP7-3)	3	16	2-2.5	NYY	100
4	LIGHTING (SP7-4)	4	16	2-2.5	NYY	100
5	LIGHTING (SP7-5)	5	16	2-2.5	NYY	66.67
6	CCTV OUTLET(SP7-6)	6	16	2-2.5	NYY	200
7	SPARE	7	16	-	-	500
8	SPARE	8	16	-	-	500
CONNECT TO MDB		MAIN CB: 1P, 16AT		MAIN (SQ.MM): 2-2.5/1.5G, NYY		1800

ตารางที่ ก.9 LOAD SCHEDULE OF SP8

CIRCUIT NO	DESCRIPTION	RELAY		CONDUCTOR		LOAD (VA)
		NO.	AMP.	SIZE (SQ.MM)	TYPE	
1	LIGHTING (SP8-1)	1	16	2-2.5	NYY	100
2	LIGHTING (SP8-2)	2	16	2-2.5	NYY	100
3	LIGHTING (SP8-3)	3	16	2-2.5	NYY	100
4	LIGHTING (SP8-4)	4	16	2-2.5	NYY	100
5	LIGHTING (SP8-5)	5	16	2-2.5	NYY	41.67
6	CCTV OUTLET	6	16	2-2.5	NYY	200

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	(SP8-6)					
7	SPARE	7	16	-	-	500
8	SPARE	8	16	-	-	500
CONNECT TO MDB		MAIN CB: 1P, 16AT		MAIN (SQ.MM): 2-2.5/1.5G, NYY		1641.67

ตารางที่ ก.10 LOAD SCHEDULE OF SP9

CIRCUIT NO	DESCRIPTION	RELAY		CONDUCTOR		LOAD (VA)
		NO.	AMP.	SIZE (SQ.MM)	TYPE	
1	LIGHTING (SP9-1)	1	16	2-2.5	NYY	166.67
2	LIGHTING (SP9-2)	2	16	2-2.5	NYY	100
3	LIGHTING (SP9-3)	3	16	2-2.5	NYY	100
4	LIGHTING (SP9-4)	4	16	2-2.5	NYY	100
5	CCTV OUTLET (SP9-5)	5	16	2-2.5	NYY	200
6	SPARE	6	16	-	-	500
7	SPARE	7	16	-	-	500
8	SPARE	8	16	-	-	500
CONNECT TO MDB		MAIN CB: 1P, 16AT		MAIN (SQ.MM): 2-2.5/1.5G, NYY		2166.67

ตารางที่ ก.11 LOAD SCHEDULE OF SP10

CIRCUIT NO	DESCRIPTION	RELAY		CONDUCTOR		**LOAD (VA)**
		NO.	AMP.	SIZE (SQ.MM)	TYPE	
1	LIGHTING (SP10-1)	1	16	2-2.5	NYY	100
2	LIGHTING (SP10-2)	2	16	2-2.5	NYY	100
3	LIGHTING (SP10-3)	3	16	2-2.5	NYY	100
4	LIGHTING (SP10-4)	4	16	2-2.5	NYY	100
5	CCTV OUTLET (SP10-5)	5	16	2-2.5	NYY	200
6	SPARE	6	16	-	-	500
7	SPARE	7	16	-	-	500

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8	SPARE	8	16	-	-	500
CONNECT TO MDB		MAIN CB: 1P, 16AT		MAIN (SQ.MM): 2-2.5/1.5G, NYY		2100

ตารางที่ ก.12 LOAD SCHEDULE OF SP11

CIRCUIT NO	DESCRIPTION	RELAY		CONDUCTOR		LOAD (VA)
		NO.	AMP.	SIZE (SQ.MM)	TYPE	
1	LIGHTING (SP11-1)	1	16	2-2.5	NYY	100
2	LIGHTING (SP11-2)	2	16	2-2.5	NYY	200
3	LIGHTING (SP11-3)	3	16	2-2.5	NYY	200
4	LIGHTING (SP11-4)	4	16	2-2.5	NYY	100
5	LIGHTING (SP11-5)	5	16	2-2.5	NYY	66.67
6	CCTV OUTLET (SP11-6)	6	16	2-2.5	NYY	200
7	SPARE	7	16	-	-	500
8	SPARE	8	16	-	-	500
CONNECT TO MDB		MAIN CB: 1P, 16AT		MAIN (SQ.MM): 2-2.5/1.5G, NYY		1866.67

ตารางที่ ก.13 LOAD SCHEDULE OF SP12

CIRCUIT NO	DESCRIPTION	RELAY		CONDUCTOR		LOAD (VA)
		NO.	AMP.	SIZE (SQ.MM)	TYPE	
1	LIGHTING (SP12-1)	1	16	2-2.5	NYY	100
2	LIGHTING (SP12-2)	2	16	2-2.5	NYY	100
3	LIGHTING (SP12-3)	3	16	2-2.5	NYY	100
4	LIGHTING (SP12-4)	4	16	2-2.5	NYY	100
5	LIGHTING (SP12-5)	5	16	2-2.5	NYY	83.33
6	CCTV OUTLET(SP12-6)	6	16	2-2.5	NYY	200
7	SPARE	7	16	-	-	500
8	SPARE	8	16	-	-	500

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CONNECT TO MDB	MAIN CB: 1P, 16AT	MAIN (SQ.MM): 2-2.5/1.5G, NYY	1683.33

ตารางที่ ก.14 LOAD SCHEDULE OF SP13

CIRCUIT NO	DESCRIPTION	RELAY		CONDUCTOR		LOAD (VA)
		NO.	AMP.	SIZE (SQ.MM)	TYPE	
1	LIGHTING (SP13-1)	1	16	2-2.5	NYY	166.67
2	LIGHTING (SP13-2)	2	16	2-2.5	NYY	200
3	LIGHTING (SP13-3)	3	16	2-2.5	NYY	200
4	LIGHTING (SP13-4)	4	16	2-2.5	NYY	100
5	LIGHTING (SP13-5)	5	16	2-2.5	NYY	75
6	CCTV OUTLET (SP13-6)	6	16	2-2.5	NYY	200
7	TO EL2-4	7	16	-	-	-
8	TO EL2-5	8	16	-	-	-
CONNECT TO MDB		MAIN CB: 1P, 16AT		MAIN (SQ.MM): 2-2.5/1.5G, NYY		941.67

ตารางที่ ก.15 LOAD SCHEDULE OF SP14

CIRCUIT NO	DESCRIPTION	RELAY		CONDUCTOR		LOAD (VA)
		NO.	AMP.	SIZE (SQ.MM)	TYPE	
1	LIGHTING (SP14-1)	1	16	2-2.5	NYY	166.67
2	LIGHTING (SP14-2)	2	16	2-2.5	NYY	200
3	LIGHTING (SP14-3)	3	16	2-2.5	NYY	200
4	LIGHTING (SP14-4)	4	16	2-2.5	NYY	100
5	LIGHTING (SP14-5)	5	16	2-2.5	NYY	116.67
6	CCTV OUTLET (SP14-6)	6	16	2-2.5	NYY	200
7	SPARE	7	16	-	-	500
8	SPARE	8	16	-	-	500
CONNECT TO MDB		MAIN CB: 1P, 16AT		MAIN (SQ.MM): 2-2.5/1.5G, NYY		1983.34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.16 LOAD SCHEDULE OF SP15

CIRCUIT NO	DESCRIPTION	BREAKER		CONDUCTOR		LOAD (VA)
		POLE	AT	SIZE (SQ.MM)	TYPE	
1	ALLIGHT BOX (ID2)	1	16	2-2.5	NYY	50
2	ALLIGHT BOX (ID4)	1	16	2-2.5	NYY	50
3	ALLIGHT BOX (ID5)	1	16	2-2.5	NYY	50
4	ALLIGHT BOX (ID7)	1	16	2-2.5	NYY	50
5	ALLIGHT BOX (ID8)	1	16	2-2.5	NYY	50
6	ALLIGHT BOX (ID9)	1	16	2-2.5	NYY	50
7	ALLIGHT BOX (ID10)	1	16	2-2.5	NYY	50
8	ALLIGHT BOX (ID11)	1	16	2-2.5	NYY	50
9	ALLIGHT BOX (ID12)	1	16	2-2.5	NYY	50
10	ALLIGHT BOX (ID14)	1	16	2-2.5	NYY	50
11	RECEPTACLE	1	20	2-4/2.5G	NYY	3400
12	TO EL2-6	1	16	-	-	-
13	TO EL2-7	1	16	-	-	-
14	TO EL2-8	1	16	-	-	-
15	TO EL2-9	1	16	-	-	-
16	SPACE	-	-	-	-	-
CONNECT TO MDB		MAIN CB: 1P, 25AT		MAIN (SQ.MM): 2-6/4G, NYY		3900

ตารางที่ ก.17 LOAD SCHEDULE EMDB

FEEDER NO	DESCIPTION	BREAKER		CONDUCTOR		LOAD (VA)
		POLE	AT	SIZE (SQ.MM)	TYPE	
1	EL1	1	60	2-25/6G	NYY	10000
2	EL2	1	16	2-2.5/1.5G	NYY	1400
TOTAL CONNETEC LOAD		MAIN CB: 1P,220V, 70AT		MAIN (SQ.MM): 2-25/6G, NYY		11400

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.18 LOAD SCHEDULE EL1

CIRCUIT NO	DESCIPTION	BREAKER		CONDUCTOR		LOAD (VA)
		POLE	AT	SIZE (SQ.MM)	TYPE	
1	LIGHTING (EL1)	1	60	2-25/6G	NYY	10000
CONNECT TO EMDB						

ตารางที่ ก.19 LOAD SCHEDULE EL2

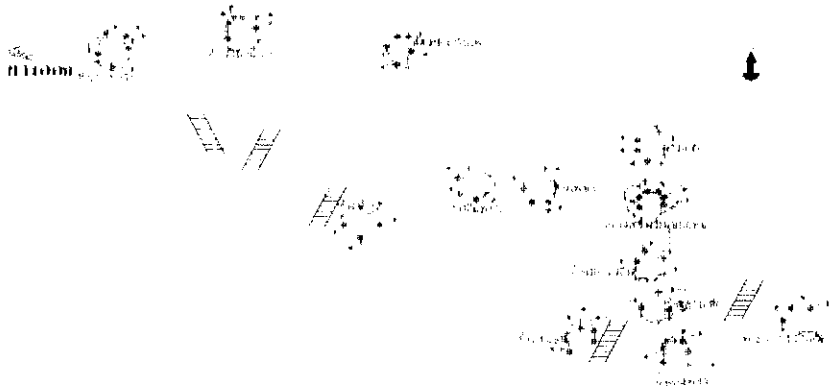
CIRCUIT NO	FROM	DESCIPTION	RELAY		CONDUCTOR		LOAD (VA)
			NO	AMP.	SIZE (SQ.MM)	TYPE	
1	SP1-8	LIGHTING	8 of sp1	16	2-2.5	NYY	300
2	SP3-8	LIGHTING	8 of sp3	16	2-2.5	NYY	200
3	SP6-8	LIGHTING	8 of sp6	16	2-2.5	NYY	200
4	SP13-7	LIGHTING	7 of sp13	16	2-2.5	NYY	300
5	SP13-8	LIGHTING	8 of sp13	16	2-2.5	NYY	200
			BREAKER				
			POLE	AT			
6	SP15-12	ALLIGHT BOX (ID1)	1	16	2-2.5	NYY	50
7	SP15-13	ALLIGHT BOX (ID3)	1	16	2-2.5	NYY	50
8	SP15-14	ALLIGHT BOX (ID6)	1	16	2-2.5	NYY	50
9	SP15-15	ALLIGHT BOX (ID13)	1	16	2-2.5	NYY	50
CONNECT TO EMDB			MAIN CB: 1P, 16AT		MAIN (SQ.MM): 2-2.5/1.5G, NYY		1400

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.20 แสดง SYMBOLS

CCTV SYSTEM	
	กล้องวงจรปิดธรรมดา
	กล้องวงจรปิดที่หมุนได้และ Zoom ได้
TELEPHONE SYSTEM	
	Telephone outlet
SOUND SYSTEM	
	ลำโพง
EMERGENCY LIGHTING	
○	หลอด High pressure sodium 250 w
SHOW PIECE LIGHTING	
	หลอด Incandescent 100 w
	หลอด Incandescent 120 w
	หลอด Matial halide 20 w
BOARDWALK LIGHTING	
	หลอด Compact Fluorescent 5 w
SECURITY SYSTEM	
	อุปกรณ์ตรวจจับชนิดลำแสง
	อุปกรณ์แจ้งเหตุด้วยแสง
	อุปกรณ์แจ้งเหตุด้วยเสียง
RECEPTACLE	
	เต้ารับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

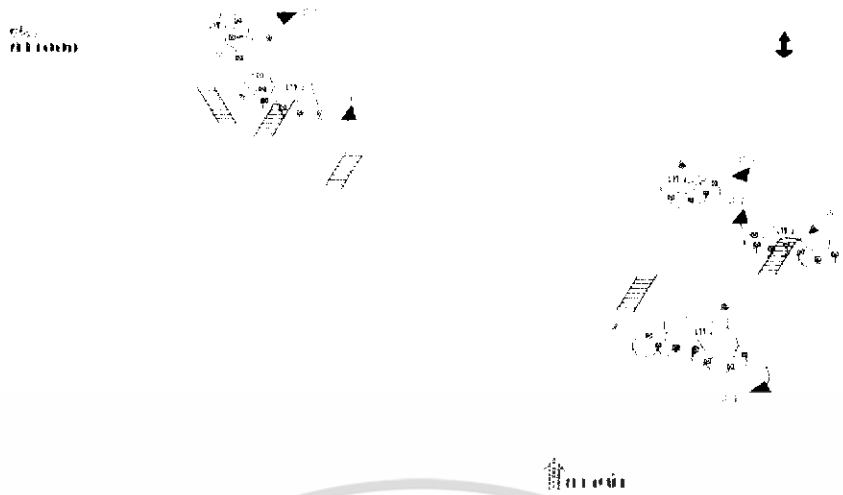


รูปที่ ก.10 Layout ระบบไฟที่ชิ้นงาน

รูปที่ ก.11 Layout ระบบไฟตามทางเดิน

รูปที่ ก.12 Layout ระบบไฟฉุกเฉิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



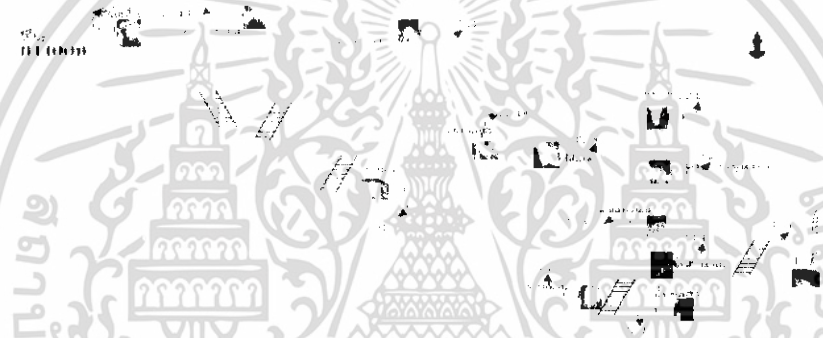
รูปที่ ก.13 Layout ระบบเตือนภัยที่เหว

รูปที่ ก.14 Layout Outlet

รูปที่ ก.15 Layout โทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ก.16 Layout ระบบCCTV



รูปที่ ก.17 Layout ระบบเสียงที่ชิ้นงาน

รูปที่ ก.18 Layout ระบบเสียงตามทางเดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

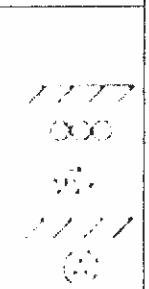
รูปที่ ก.19 Layout ของ Sensor ควบคุมแสงสว่างทางเดิน

รูปที่ ก.20 Layout ของ AllLight Box

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
ตารางค่ามาตรฐานที่ใช้ในการคำนวณ

ตารางที่ ข.1 ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าทองแดงหุ้มฉนวน PVC ตามมาตรฐาน มอก. 11-2531 อุณหภูมิตัวนำ $70^{\circ}c$ ขนาดแรงดัน 300 หรือ 750V

ขนาดสาย (mm^2)	ขนาดกระแส (A)						
	วิธีการเดินสาย						
							
	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	100	487
400	696	-	474	416	599	455	552

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

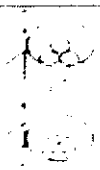
500	818	-	541	469	684	516	623

หมายเหตุ: อุณหภูมิโดยรอบต่างจาก $40^{\circ}c$ (สำหรับวิธีการเดินสาย ก-ค) หรือ $30^{\circ}c$ (สำหรับวิธีการเดินสาย ง และ จ)ให้คูณค่ากระแสด้วยตัวคูณลดดังนี้ และ D คือขนาดเส้นผ่านศูนย์กล

ตารางที่ ข.2 แสดง อุณหภูมิโดยรอบต่างจาก $40^{\circ}c$ (สำหรับวิธีการเดินสาย ก-ค) หรือ $30^{\circ}c$ (สำหรับวิธีการเดินสาย ง และ จ) ให้คูณค่ากระแสด้วยตัวคูณลดดังนี้

อุณหภูมิโดยรอบ ($^{\circ}c$)	ตัวคูณ	
	วิธีการเดินสาย ก-ค	วิธีการเดินสาย ง และ จ
21-25	-	1.06
26-30	-	1
31-35	1.08	0.94
36-40	1	0.87
41-45	0.91	0.79
46-50	0.82	0.71
51-55	0.71	-
56-60	0.58	-

ตารางที่ ข.3 แสดงวิธีการเดินสายของตัวนำแต่ละชนิดและวิธีการติดตั้ง

วิธีการเดินสาย	รูปแบบการติดตั้ง	ชนิดของตัวนำและวิธีการติดตั้ง
ก		สายแกนเดียวหุ้มฉนวน เดินในอากาศ
ข		สายแบนหุ้มฉนวนมีเปลือก เดินเกาะผนัง
ค		สายแกนเดียวหุ้มฉนวนไม่เกิน 3 เส้น หรือสายหุ้มฉนวนมีเปลือกไม่เกิน 3 แกน เดินในท่อในอากาศ ในท่อฝัง ในผนังปูนฉาบ หรือในท่อในฝ้าเพดาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

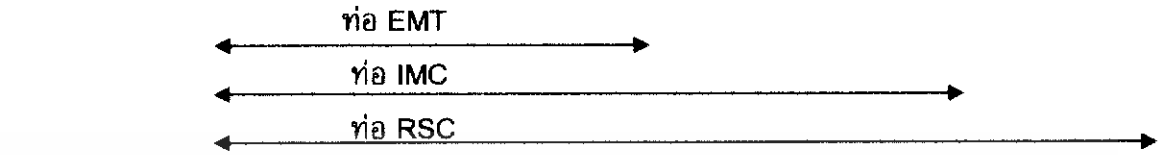
ง		สายแกนเดียวหุ้มฉนวนไม่เกิน 3 เส้น หรือสายหุ้มฉนวนมีเปลือกไม่เกิน 3 แกน เดินในท่อฝังดิน
จ		สายแกนเดียวหุ้มฉนวนมีเปลือกไม่เกิน 3 เส้น หรือสายหุ้มฉนวนมีเปลือกไม่เกิน 3 แกน ฝังดินโดยตรง

ตารางที่ ข.4 จำนวนสูงสุดของสายไฟฟ้าขนาดเดียวกัน (มอก. 11-2531 ตารางที่4)ที่สามารถร้อยในท่อโลหะเดียวกัน (ท่อโลหะตาม มอก. 770-2533) หรือสาย THW

พื้นที่ของสายไฟฟ้า (mm^2)	จำนวนสูงสุดของสายไฟฟ้าขนาดเดียวกันที่สามารถร้อยในท่อร้อยสายเดียวกัน											
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	9	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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อร้อนสาย	mm	15	20	25	32	40	50	65	80	90	100	125	150
	นิ้ว	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$	1	$1\frac{1}{4}$	$1\frac{1}{2}$	2	$2\frac{1}{2}$	3	$3\frac{1}{2}$	4	5	6

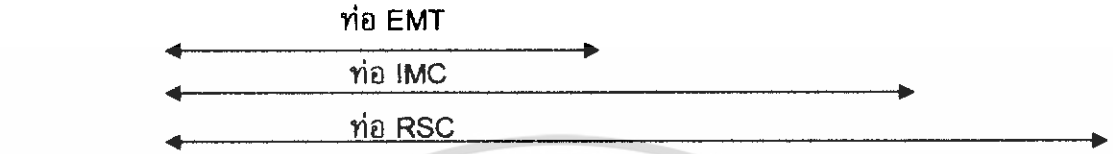


ตารางที่ ข.5 จำนวนสูงสุดของสายไฟฟ้าขนาดเดียวกัน (มอก. 11-2531 ตารางที่6)ที่สามารถร้อยในท่อโลหะเดียวกัน (ท่อโลหะตาม มอก. 770-2533) หรือสาย NYY

พื้นที่ของสายไฟฟ้า (mm^2)	จำนวนสูงสุดของสายไฟฟ้าขนาดเดียวกันที่สามารถร้อยในท่อร้อยสายเดียวกัน											
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	9	12	15	19	29	-
35	-	-	1	1	1	3	8	10	12	15	24	35
50	-	-	1	1	1	3	6	8	11	13	21	31
70	-	-	-	1	1	2	5	7	8	11	17	24
95	-	-	-	1	1	1	4	5	7	8	13	19
120	-	-	-	1	1	1	3	4	6	7	11	17
150	-	-	-	-	1	1	3	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
เส้น mm	15	20	25	32	40	50	65	80	90	100	125	150

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผ่านศูนย์กลางของท่อร้อยสาย	นิ้ว	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$	1	$1\frac{1}{4}$	$1\frac{1}{2}$	2	$2\frac{1}{2}$	3	$3\frac{1}{2}$	4	5	6



ตารางที่ ข.6 แสดงค่าแรงดันไฟฟ้าตกของสายTHW เดินในท่อโลหะ และสาย NYY เดินลอยในอากาศหรือฝังดินโดยตรง

พื้นที่หน้าตัดสายตัวนำ (mm^2)	ความต้านทานกระแสสลับ AC(r) ที่อุณหภูมิ $70^{\circ}c$ (Ω/km)	อินดักทีฟ-รีแอกเตนซ์ (x) (Ω/km)	ค่าความต้านทานประสิทธิผลต่อหน่วยความยาวในระบบไฟฟ้า 3 เฟส $\sqrt{3}(r\cos\varphi + x\sin\varphi)$ โดยพิจารณาที่ $70^{\circ}c$ และค่า PF ต่างๆ (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	15.356	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	0.5562
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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

300	0.0737	0.1066	0.1277	0.1789	0.1954	0.2058	0.2129

ตารางที่ ช.7 แสดงค่าแรงดันไฟฟ้าตกของสายTHW เดินในท่ออโลหะ และสาย NYY เดินลอยในอากาศหรือฝังดินโดยตรง

พื้นที่หน้าตัดสายตัวนำ (mm^2)	ความต้านทานกระแสสลับ AC(r) ที่อุณหภูมิ $70^{\circ}c$ (Ω/km)	อินดักทีฟ-รีแอกเตนซ์ (x) (Ω/km)	ค่าความต้านทานประสิทธิผลต่อหน่วยความยาวในระบบไฟฟ้า 1 เฟส $2(r\cos\varphi + x\sin\varphi)$ โดยพิจารณาที่ $70^{\circ}c$ และค่า PF ต่างๆ (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	14.3710
4	5.5157	0.1438	11.0314	10.5696	10.0536	9.5282	8.9977
6	3.6851	0.1380	7.3702	7.0879	6.7535	6.4101	6.0618
10	2.1895	0.1413	4.3790	4.2483	4.0643	3.8710	3.6728
16	1.3759	0.1366	207518	2.6995	2.5957	2.4829	2.3653
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	0.8888
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	0.3445	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 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.8 แสดงค่าความต้านทานและค่ารีแอกแตนซ์

ค่าความต้านทานกระแสตรง				
ขนาดตัวนำ (mm^2)	$20^{\circ}c$	$30^{\circ}c$	$40^{\circ}c$	$70^{\circ}c$
0.5	36.0000	37.4145	38.8291	43.0727
1	18.1000	18.8112	19.5224	21.6560
1.5	12.1000	12.5754	13.0509	14.4772
2.5	7.4100	7.7012	7.9923	8.8658
4	4.6100	4.7911	4.9723	5.5157
6	3.0800	3.2010	3.3230	3.6851
10	1.8300	1.9019	1.9738	2.1895
16	1.1500	1.1952	1.2303	1.3759
25	0.7270	0.7556	0.7841	0.8698
35	0.5240	0.5446	0.5652	0.6269
50	0.3870	0.4022	0.4174	0.4630
70	0.2680	0.2785	0.2891	0.3207
95	0.1930	0.2006	0.2082	0.2309
120	0.1530	0.1590	0.1650	0.1831
150	0.1240	0.1289	0.1337	0.1484
185	0.0991	0.1030	0.1069	0.1186
240	0.0754	0.0784	0.0813	0.0902
300	0.0601	0.0625	0.0648	0.0719
400	0.0470	0.0488	0.0507	0.0562
500	0.0366	0.0380	0.0395	0.0438

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.9 แสดงค่าความต้านทานและค่ารีแอกแตนซ์(ต่อ)

ขนาดตัวนำ (mm^2)	ค่าความต้านทานกระแสสลับ			
	$20^{\circ}c$		$30^{\circ}c$	
	สายตัวนำแกนเดียวเดินในอากาศหรือท่ออโลหะ	สายตัวนำแกนหรือสาย ตัวนำแกนเดียวจำนวนไม่เกิน3เส้นในท่อโลหะ	สายตัวนำแกนเดียวเดินในอากาศหรือท่ออโลหะ	สายตัวนำแกนหรือสาย ตัวนำแกนเดียวจำนวนไม่เกิน3เส้นในท่อโลหะ
0.5	36.0000	36.0000	37.4145	37.4145
1	18.1000	18.1000	18.8112	18.8112
1.5	12.1000	12.1000	12.5754	12.5754
2.5	7.4100	7.4100	7.7012	7.7012
4	4.6100	4.6100	4.7911	4.7911
6	3.0800	3.0800	3.2010	3.2010
10	1.8300	1.8300	1.9019	1.9019
16	1.1500	1.1500	1.1952	1.1952
25	0.7270	0.7270	0.7556	0.7556
35	0.5240	0.5292	0.5446	0.5500
50	0.3870	0.3947	0.4022	0.4103
70	0.2680	0.2760	0.2785	0.2869
95	0.1930	0.2070	0.2006	0.2106
120	0.1538	0.1622	0.1598	0.1686
150	0.1247	0.1327	0.1296	0.1379
185	0.1000	0.1070	0.1039	0.1112
240	0.0768	0.0852	0.0798	0.0885
300	0.0616	0.0697	0.0640	0.0725
400	0.0491	-	0.0510	-
500	0.0391	-	0.0460	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.10 แสดงค่าความต้านทานและค่ารีแอกแตนซ์(ต่อ)

ขนาดตัวนำ (mm^2)	ค่าความต้านทานกระแสสลับ				ค่ารีแอกแตนซ์สำหรับตัวนำแกนเดียว	
	$40^{\circ}c$		$70^{\circ}c$			
	สายตัวนำแกนเดียวเดินในอากาศหรือท่ออโลหะ	สายตัวนำแกนหรือสายตัวนำแกนเดียวจำนวนไม่เกิน3เส้นในท่อโลหะ	สายตัวนำแกนเดียวเดินในอากาศหรือท่ออโลหะ	สายตัวนำแกนหรือสาย ตัวนำแกนเดียวจำนวนไม่เกิน3เส้นในท่อโลหะ	ในท่อพลาสติก (อโลหะ)	ในท่อโลหะ
0.5	38.8291	38.8291	43.0727	43.0727	-	-
1	19.5224	19.5224	21.6506	21.6506	-	-
1.5	13.0509	13.0509	14.4772	14.4772	-	-
2.5	7.9923	7.9923	8.8658	8.8658	0.1548	0.1949
4	4.9723	4.9723	5.5157	5.5157	0.1438	0.1811
6	3.3320	3.3320	3.6851	3.6851	0.1380	0.1735
10	1.9738	1.9738	2.1895	2.1895	0.1413	0.1768
16	1.2404	1.2404	1.3759	1.3759	0.1366	0.1712
25	0.7841	0.7841	0.8698	0.8698	0.1293	0.1621
35	0.5652	0.5708	0.6269	0.6332	0.1235	0.1558
50	0.4174	0.4258	0.6430	0.4723	0.1233	0.1533
70	0.2891	0.2977	0.3207	0.3303	0.1172	0.1468
95	0.2082	0.1286	0.2309	0.2425	0.1136	0.1409
120	0.1658	0.1749	0.1840	0.1940	0.1121	0.1412
150	0.1345	0.1431	0.1493	0.1587	0.1121	0.1397
185	0.1078	0.1154	0.1196	0.1281	0.1094	0.1359
240	0.0828	0.3019	0.0918	0.1019	0.1073	0.1319
300	0.0664	0.0752	0.0737	0.0834	0.1066	0.1312
400	0.0529	-	0.0587	-	0.1035	0.1304
500	0.0421	-	0.0467	-	0.1013	0.1261

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.11 ขนาดของสายดินอุปกรณ์ไฟฟ้าตามข้อกำหนดของ วสท. ตารางที่ 4-2

พิกัดหรือขนาดปรับตั้งของเครื่องป้องกันกระแสเกิน (ไม่เกิน A)	ขนาดต่ำสุดของสายดินของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่เป็นตัวนำทองแดง (mm^2)
16	1.5
20	2.5
32	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: 1.ค่าที่แสดงในตารางนี้เป็นขนาดต่ำสุดของสายดินของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้สำหรับที่อยู่อาศัยหรืออาคารของผู้ใช้ไฟฟ้าที่อยู่ใกล้หม้อแปลงระบบจำหน่ายภายในระยะ 100 m
2.กรณีที่ผู้ใช้ไฟอยู่ไกลจากหม้อแปลงระบบจำหน่ายเกิน 100 m ให้ดูในภาคผนวกตารางที่กำหนดไว้ในมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าของ วสท.

ตารางที่ ข.12 ตารางแสดงค่าต่ำสุดของสายต่อหลักดินของระบบไฟฟ้ากระแสสลับเปรียบเทียบกับขนาดสายตัวนำประธานตามข้อกำหนดของ วสท. ตารางที่ 4-1

ขนาดตัวนำประธาน (ทองแดง) (mm^2)	ขนาดต่ำสุดของสายต่อหลักดิน (ตัวนำทองแดง) (mm^2)
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, หนาปานกลาง, โลหะบาง หรือท่ออโลหะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.13 POWER CIRCUIT INSTALLATION

C.B. RATING		SIZE OF "THW" CABLES TO THE LOAD : mm^2	SIZE OF "IMC" CONDUIT FOR THE CABLES: INCH.
AT (A)	PHASE		
5, 10	1	2-2.5/1.5 G	½
15	1	2-4.0/2.5 G	½
20	1	2-6.0/4.0 G	¾
30	1	2-10.0/6.0 G	¾
5, 10	3	4-2.5/1.5 G	¾
15	3	4-4.0/2.5 G	¾
20	3	4-6.0/4.0 G	1
30	3	4-10.0/6.0 G	1 ¼
40	3	4-16.0/10.0 G	1 ½
50	3	3-25.0, 1-16.0 N/16.0 G	2
60	3	3-35.0, 1-16.0 N/16.0 G	2
75	3	3-50.0, 1-25.0 N/25.0 G	2 ½
100	3	3-70.0, 1-35.0 N/35.0 G	2 ½
125	3	3-95.0, 1-50.0 N/50.0 G	3
150	3	3-120.0, 1-70.0 N/50.0 G	3
175	3	3-150.0, 1-70.0 N/50.0 G	3
200	3	3-185.0, 1-95.0 N/50.0 G	3 ½
225	3	3-240.0, 1-120.0 N/50.0 G	4
250	3	2 SETS OF [3-95.0, 1-50.0 N/50.0 G]	2 SETS OF : 3
300	3	2 SETS OF [3-120.0, 1-70.0 N/50.0 G]	2 SETS OF : 3
350	3	2 SETS OF [3-150.0, 1-70.0 N/50.0 G]	2 SETS OF : 3
400	3	2 SETS OF [3-185.0, 1-95.0 N/50.0 G]	2 SETS OF : 3 ½
500	3	3 SETS OF [3-150.0, 1-70.0 N/50.0 G]	3 SETS OF : 3
600	3	3 SETS OF [3-185.0, 1-95.0 N/50.0 G]	3 SETS OF 3 ½
630	3	3 SETS OF [3-240.0, 1-120.0 N/50.0 G]	3 SETS OF 4

NOTE: UNLESS OTHERWISE INDICATED, ALL CABLE AND CONDUIT OF ELECTRICAL WORK SHALL HAVE TO BE CONFORMECD THIS INSTALLATION GUIDANCE.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.14 LIGHTING CIRCUIT INSTALLATIONS

C.B. RATING		SIZE OF "THW" CABLES TO THE LOAD : mm^2	SIZE OF "IMC" CONDUIT FOR THE CABLES: INCH.
AT (A)	PHASE		
10	1	2-2.5	½
15	1	2-4.0	½
20	1	2-6.0	½
30	1	2-10.0	¾
10	3	4-2.5	¾
15	3	4-4.0	¾
20	3	4-6.0	¾
30	3	4-10.0	1

NOTICE FOR ELECTRICAL INSTALLATIONS

1. PLEASE STRICT TO THE SCHEDULE GUIDANCES
2. ALL WIRES ARE IN NIC CONDUITS/WIRE WAYS, (EMT FOR LIGHTING/OUTLET)
3. CONSULT INTERIOR DESIGNER FOR EXACT LOCATIONS AND HEIGHT OF OUTLETS AND LUMINARES.
4. THE ELECTRICAL POWER SYSTEM IS GROUNDED THROUGH THE GROUND RODS CONNECTED FROM MDB AND FROM MDB TO OTHER DB'S OR LC'S (SEE TYPICAL DETAIL).
5. ALL MATERIALS/DEVICES ARE NEW AND UNDER THIS STANDARDS
6. ALL LAMPS ARE OF POWER ECONOMY TYPE (PHILIPS/OSRAM OR EQUIVLANET) : SL, SLD, TLD. ETC.
7. ALL CABLES ARE MADE BY THAI YAZAKI/PHELP DODGE/BNAGKOK CABLE
8. ALL OUTLETS ARE NATIONAL/BTICINO ONLY
9. THE CONTRACTOR MUST SUBMIT COPIES OF AS-BUILT DRAWINGS AND OPERATOR'S MUNUALS TO THE OWNER AFTER THE INSTALLATION WORK IS COMPLETED.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10. ALL ELECTRICAL WORK MUST BE CONFORMED EIT STANDAD AND PEA REGULATIONS.
11. THE CONTRACTOR MUST SUBMIT ALL TEST RESULTS AND COPIES OF MAINTENANCE MANUALS TO THE OWNER AFTER COMPLETION OF WORK.

NOTICE FOR TELEPHONE INSTALLATIONS

1. PREPARE TELEPHONE TERMINAL BOX FOR TELEPHONE WALL BOX
2. CONNECT ALL TELEPHONE CABLES FROM EACH OUTLET TO THE TELEPHONE TERMINAL BOX
3. CABLE CONNECTION BETWEEN TERMINAL BOX AND WALL BOX WILL BE DETERMINED BY OWNER (FOR TELEPHONE AND COMPUTER NETWORK)
4. TERMINAL BOX AND WALL BOX CAN BE INSTALLED IN A SINGLE CABINE.
5. FOLLOW TOT STANDARD TELEPHONE SYSTEM INSTALLATION

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ข.1 แสดงการต่อ Grounding System

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้