

การออกแบบระบบไฟฟ้าภายในอาคารสูง  
กรณีศึกษาอาคารที่พักอาศัยสูง 8 ชั้น

นายสิรภพ เอื้ออารีโชค

นายสิทธิกร เฟื่องอุดม

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์  
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ  
ปีการศึกษา 2558

Electrical System Design in Building:  
A case study in 8-storey residential condominium


Mr. Sirapop Auearechok


Mr. Sithkorn Pengudom

A PROJECT REPORT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS  
FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF ELECTRICAL ENGINEERING  
DEPARTMENT OF ELECTRICAL AND COMPUTER ENGINEERING  
FACULTY OF ENGINEERING  
KING MONGKUT'S UNIVERSITY OF TECHNOLOGY NORTH BANGKOK  
ACADEMIC YEAR 2015

ปริญญานิพนธ์เรื่อง : การออกแบบระบบไฟฟ้าภายในอาคารสูง  
กรณีศึกษาอาคารที่พักอาศัยสูง 8 ชั้น  
ชื่อ : นายสิรภพ เอื้ออารีโชค  
นายสิทธิกร เพ็งอุดม  
สาขาวิชา : วิศวกรรมไฟฟ้า  
ภาควิชา : วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์  
คณะ : วิศวกรรมศาสตร์  
อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นภดล วิวัชรโกเศศ  
ปีการศึกษา : 2558

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ อนุมัติให้  
ปริญญานิพนธ์นี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

  
..... หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นภดล วิวัชรโกเศศ) และคอมพิวเตอร์

  
..... ประธานกรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ดร.พิสิทธิ์ ลีวรรณกุล)

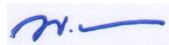
  
..... กรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ไชยันต์ สุวรรณชีวะศิริ)

  
..... กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นภดล วิวัชรโกเศศ)

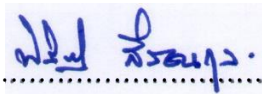
ลิขสิทธิ์ของภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

Project Report Title : Electrical System Design in Building  
A case study in 8-storey residential condominium  
Name : Mr. Sirapop Auearechok  
Mr. Sithkorn Pengudom  
Major Field : Electrical Engineering  
Department : Electrical and Computer Engineering  
Faculty : Engineering  
Project Advisor : Asst. Prof. Dr. Nophadon Wiwatcharagoses  
Academic Year : 2015

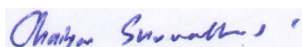
Accepted by the Faculty of Engineering, King Mongkut's University of Technology  
North Bangkok in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Bachelor of Electrical  
Engineering



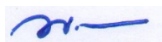
..... Chairperson of Department of Electrical  
(Asst. Prof. Dr. Nophadon Wiwatcharagoses) and Computer Engineering



..... Chairperson  
(Assoc. Prof. Dr. Pisit Liutanakul)



..... Member  
(Assoc. Prof. Chaiyan Suwancheewasiri)



..... Member  
(Asst. Prof. Dr. Nophadon Wiwatcharagoses)

Copyright of the Department of Electrical and Computer Engineering, Faculty of Engineering  
King Mongkut's University of Technology North Bangkok

## บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นโครงการการศึกษาและออกแบบระบบไฟฟ้าภายในอาคารสูง ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของวิชา การออกแบบระบบไฟฟ้า ของภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

การออกแบบต้องคำนึงถึงความปลอดภัย ประสิทธิภาพ และค่าใช้จ่าย มาตรฐานที่ใช้ต้องเป็นมาตรฐานที่เป็นสากลที่ทุกคนรู้จักขั้นตอนการออกแบบเริ่มต้นที่ศึกษาแบบแปลน ดูความต้องการ และความเหมาะสม ขั้นตอนต่อไปจะทำการศึกษาและคำนวณระบบต่าง ๆ ให้เหมาะสม พร้อมทั้งเขียนแบบด้วยโปรแกรม AutoCAD จากนั้นจะทำการตรวจสอบ ประเมินราคาและจัดทำรูปเล่ม ประกอบการทำโครงการ

## **Abstract**

This project is studying and designing electrical system in the High rise building that is the part of Electrical system design subject of the Department of Electrical and Computer Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's University of Technology North Bangkok Designing, we will consider about safety, efficiency and cost. The important thing is standard that to be well know international.

The consequence of this project, The First we study a plan of the building for the most appropriate and worthy, The second is studying and designing the system in the building after that we will use AutoCAD for sketching the building and equipment. By mean of sequences, we can examine and estimate the value of the thing that we designed. The final is create a report of this project.

## กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้เกิดขึ้นจากความตั้งใจ ความร่วมมือ และความกรุณาของท่านที่เกี่ยวข้อง ผู้จัดทำโครงการขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงที่กรุณาเสียสละ แรงกาย แรงใจ และเวลาที่มีค่ามาให้คำปรึกษาพวกเรา

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นภดล วิวัชรโกเศศ ที่กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำ แนวปฏิบัติ และประสบการณ์ด้านการออกแบบ ซึ่งเป็นประโยชน์ในการทำปริญญานิพนธ์เล่มนี้

ขอขอบพระคุณ คณะกรรมการคุมสอบ ที่กรุณาให้คำแนะนำ และชี้แนะจุดบกพร่อง เพื่อนำไปแก้ไข และหาข้อมูลเพิ่มเติม

ขอขอบพระคุณบริษัทต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ที่กรุณาให้ข้อมูลเป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณบิดา มารดา ที่คอยดูแลเอาใจใส่ ให้กำลังใจ และเป็นທີ່ปรึกษา

ผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่าปริญญานิพนธ์เล่มนี้จะเป็นประโยชน์ไม่มากนักน้อยต่อผู้ที่สนใจ หากผิดพลาดประการใดขออภัย ณ ที่นี้ด้วย

สิรภพ เอื้ออารีโชค

สิทธิกร เฟื่องอุดม

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	จ
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฉ
กิตติกรรมประกาศ	ช
สารบัญตาราง	ฎ
สารบัญภาพ	ฐ
บทที่ 1. บทนำ	1
1.1 แนวความคิดและเหตุผล	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ลำดับและขั้นตอนในการทำโครงการ	1
1.4 ผลประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2. ระบบแสงสว่าง	3
2.1 หน่วยวัดที่เกี่ยวกับแสง	3
2.2 การออกแบบระบบแสงสว่าง	4
2.3 ขั้นตอนการคำนวณ	4
2.4 สรุปการออกแบบระบบแสงสว่าง	6
บทที่ 3. ระบบเต้ารับ	7
3.1 มาตรฐานเต้ารับเต้าเสียบ	7
3.2 ข้อกำหนดในการออกแบบเต้ารับ-เต้าเสียบ	7
3.3 การออกแบบระบบเต้ารับ	9
3.4 สรุปการออกแบบระบบเต้ารับ	9
บทที่ 4. สายไฟฟ้าและการเดินสาย	10
4.1 สายไฟฟ้าแรงสูง (High Voltage Power Cable)	10
4.2 สายไฟฟ้าแรงดันต่ำ (Low Voltage Power Cable)	11
4.3 การติดตั้งสายไฟ ขนาดของสาย และตัวแปรที่เกี่ยวข้อง	14
4.4 แรงดันตก (Voltage Drop)	20
4.5 สรุปการออกแบบการสายไฟฟ้าและการเดินสาย	20



## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5. ระบบปรับอากาศ	21
5.1 ความหมายของระบบปรับอากาศ	21
5.2 หลักการปรับอากาศเบื้องต้น	21
5.3 เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน	22
5.4 ข้อกำหนดในการออกแบบระบบปรับอากาศ	22
5.5 การออกแบบระบบปรับอากาศ	23
5.6 สรุปการออกแบบระบบปรับอากาศ	23
บทที่ 6. ระบบเคเบิลทีวี	24
6.1 ความหมายของเคเบิลทีวี	24
6.2 ความหมายของระบบโทรทัศน์รวม (MATV)	24
6.3 โครงสร้างของระบบโทรทัศน์รวม	25
6.4 อุปกรณ์ที่ใช้ระบบโทรทัศน์รวม	25
6.5 สรุปการออกแบบระบบเคเบิลทีวี	27
บทที่ 7. ระบบโทรศัพท์	28
7.1 ประเภทของระบบโทรศัพท์	28
7.2 โครงสร้างของระบบโทรศัพท์	29
7.3 ระบบ PABX	30
7.4 ส่วนประกอบที่สำคัญของระบบ PABX	31
7.5 สรุปการออกแบบระบบโทรศัพท์	32
บทที่ 8. ระบบโทรทัศน์วงจรปิด	33
8.1 ความหมายของระบบโทรทัศน์วงจรปิด	33
8.2 องค์ประกอบในระบบโทรทัศน์วงจรปิด	33
8.3 การเลือกโทรทัศน์วงจรปิด	35
8.4 การออกแบบระบบโทรทัศน์วงจรปิด	36
8.5 สรุปออกแบบระบบโทรทัศน์วงจรปิด	36
บทที่ 9. ระบบควบคุมการเข้า-ออกอาคาร	37
9.1 ส่วนประกอบของระบบควบคุมการเข้า-ออก	37

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 10. ระบบลิฟท์	39
10.1 ประเภทของลิฟท์	39
10.2 ขั้นตอนการออกแบบระบบลิฟท์	40
10.3 ศึกษาโครงสร้างของอาคาร	40
10.4 ความเร็วของลิฟท์	41
10.5 เลือกขนาดช่องลิฟท์	41
10.6 การคำนวณหาขนาดสายไฟ	42
บทที่ 11. ระบบเครื่องสูบน้ำ	44
11.1 ระบบจ่ายน้ำประปาภายในอาคาร	44
11.2 ประเภทของเครื่องสูบน้ำ	45
11.3 เครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่ง	45
11.4 การประมาณอัตราความต้องการน้ำสูงสุด	46
11.5 ขั้นตอนการออกแบบระบบสูบน้ำ	46
11.6 การคำนวณหา head pump	48
11.7 การเลือกขนาดของเครื่องสูบน้ำ	50
บทที่ 12. ระบบไฟฟ้าสำรอง	52
12.1 ขอบเขตวงจรไฟฟ้าช่วยชีวิต	52
12.2 การจ่ายไฟฟ้าฉุกเฉินสำหรับวงจรช่วยชีวิต	52
12.3 ส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	53
12.4 การเลือกเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	54
บทที่ 13. ระบบไฟฟ้าสำรอง	58
13.1 ส่วนประกอบของระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้	58
13.2 สายทนไฟ	62
13.3 การออกแบบระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้	63
13.4 วงจรเริ่มสัญญาณ	64
13.5 การคำนวณเลือกขนาดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	65

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 14. ระบบไฟฟ้าแสงสว่างฉุกเฉินและโคมไฟฟ้าป้ายทางออกฉุกเฉิน	67
14.1 ตำแหน่งติดตั้ง	67
14.2 การติดตั้งโคมไฟฟ้าป้ายทางออกฉุกเฉิน และระยะห่าง	68
14.3 ระยะห่างระหว่างป้ายทางออก	69
14.4 การคำนวณขนาดแบตเตอรี่	70
บทที่ 15. ระบบป้องกันฟ้าผ่า	71
15.1 ระบบป้องกันฟ้าผ่าภายนอกอาคาร	71
15.2 ส่วนประกอบของระบบป้องกันฟ้าผ่าภายนอกอาคาร	71
15.3 ระดับการป้องกันฟ้าผ่า	72
15.4 วิธีป้องกันฟ้าผ่า	73
15.5 การออกแบบระบบป้องกันอันตรายจากฟ้าผ่าภายนอก	75
บทที่ 16. การประมาณราคา	80
เอกสารอ้างอิง	111
ภาคผนวก ก ตารางแสดงโหลด	112
ประวัติผู้แต่ง	130

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2-1 ค่าความเข้มเฉลี่ยของพื้นที่ใช้งานต่าง ๆ ตามมาตรฐาน CIE	4
2-2 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง	5
2-3 แสดงค่า Maintenance	5
3-1 ความหมายตัวเลขกำกับระดับการป้องกันหลังสัญลักษณ์ IP	8
4-1 ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าทองแดงหุ้มฉนวนพีวีซี เดินในช่องเดินสายในอากาศ	14
4-2 ขนาดสายดิน (สาย PE)	15
4-3 ขนาดต่ำสุดของสายดินของบริเวณที่ไฟฟ้า	16
4-4 ตัวคูณปรับค่าขนาดกระแส	17
4-5 ตัวคูณปรับค่าอุณหภูมิ	17
4-6 ค่าความนำจำเพาะของทองแดงและอลูมิเนียม	18
4-7 ค่าความต้านทานต่อไฟฟ้ากระแสสลับ และค่ารีแอคแตนซ์	19
6-1 การเลือก BOOSTER ต้องเลือกให้เหมาะสมกับจำนวนห้อง	25
10-1 ตารางแสดงความเร็วของลิฟต์ต่อจำนวนชั้นของอาคาร	41
11-1 ตารางแสดงการประมาณความต้องการน้ำประปาคิดเป็นหน่วยสุขภัณฑ์	46
11-2 ตารางแสดงขนาดของถังเก็บน้ำขึ้นบน และชั้นล่าง	47
11-3 ตารางแสดงความต้องการน้ำประปาในคอนโดมิเนียม	47
11-4 ตารางแสดงค่า Office building water factor	47
13-1 การคำนวณหา $I_0$	65
13-2 การคำนวณหา $I_A$	65
15-1 ขนาดพื้นที่หน้าตัดต่ำสุดของวัสดุตัวนำ	2
15-2 ระดับการป้องกันและประสิทธิภาพการป้องกันฟ้าผ่า	72
15-3 มุมของขอบเขตการป้องกัน (มุม $\theta$ ) ตามมาตรฐาน IEC 1024	73
15-4 แสดงขนาดรัศมี R ของทรงกลมกลิ้ง ตามมาตรฐาน วสท.	74
15-5 แสดงจำนวนครั้งของการเกิดฝนฟ้าคะนองภายในปี 2552-2557 ของกรมอุตุนิยมวิทยา	77

## สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
4-1 สาย THW	11
4-2 สาย VAF	11
4-3 สาย IV	12
4-4 สาย NYY	12
4-5 สาย VCT	13
5-1 หลักการปรับอากาศเบื้องต้น	22
6-1 แสดงระบบโทรศัพท์สรุวม	25
7-1 แสดงการติดตั้งระบบโทรศัพท์ภายในอาคาร	30
8-1 แสดงองค์ประกอบของระบบโทรศัพท์วงจรปิด	35
9-1 แสดงระบบการควบคุมการผ่านเข้าและออก	38
10-1 แสดงขนาดห้องลิฟท์และความกว้างของประตูทางเข้าของลิฟท์	40
10-2 แสดงขนาดของลิฟท์	41
11-1 ระบบจ่ายน้ำลง (Down feed distribution system)	45
11-2 แสดงหลักการทำงานของเครื่องสูบน้ำแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง	46
11-3 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราไหลของน้ำ ความสูง และรุ่นของเครื่องสูบน้ำ	50
12-1 เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	54
12-2 การต่อใช้งาน ATS controller ATS022 ของ ABB	55
12-3 แสดงการทำงานของ CB เมื่อมีไฟฟ้าจากการไฟฟ้าฯ ขัดข้อง	56
13-1 ส่วนประกอบของระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้	58
13-2 BOSCH NAC supply รุ่น D7038	59
13-3 BOSCH ตู้ Control รุ่น FPA-1200	60
13-4 Addressable Manual Pull Station Model NBG – 12LX	60
13-5 Smoke Detector D263	61
13-6 Heat Detector 5601P	61
13-7 Alarm Bell JL188	61
13-8 FMR 1000 RA Remote Annunciator	62
13-9 สาย FRC	62

### สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
13-10 ระยะห่างในการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนสำหรับพื้นผิวแนวราบ	63
13-11 ระยะห่างในการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนสำหรับช่องทางเดิน	63
13-12 ระยะห่างในการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับควันสำหรับพื้นผิวแนวราบ	64
13-13 ระยะห่างในการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับควันสำหรับช่องทางเดิน	64
14-1 การติดตั้งป้ายทางออกใกล้พื้นที่เสริมกับป้ายทางออกด้านบน	69
14-2 แสดงการติดตั้งป้ายทางออก	69
15-1 การป้องกันด้วยวิธีทรงกลมกลิ้ง	74
15-2 แผนภาพวิธีการเลือกระบบป้องกันฟ้าผ่า	75
15-3 การหาพื้นที่สมมูล	76
15-4 การออกแบบระบบตัวนำล่อฟ้าตามวิธีทรงกลมกลิ้ง	78

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 แนวความคิดและเหตุผล

เนื่องจากในปัจจุบันได้มีการสร้างอาคารเป็นจำนวนมาก ซึ่งสิ่งก่อสร้างเหล่านี้ไม่ว่าจะเป็นอาคารสูง ที่อยู่อาศัย โรงงาน ล้วนแต่จะต้องมีระบบไฟฟ้าทั้งสิ้น โครงการนี้เกิดจากความต้องการที่จะศึกษาเกี่ยวกับระบบไฟฟ้าว่าควรที่จะออกแบบอย่างไรและเลือกใช้อุปกรณ์อะไรบ้างที่ทำให้ระบบไฟฟ้าในอาคารมีประสิทธิภาพ และปลอดภัย โดยคำนึงถึงความปลอดภัยต่อบุคคล อุปกรณ์ และสถานที่ รวมทั้งระบบไฟฟ้าควรที่จะมีความคล่องตัว และสามารถขยายเพื่อที่จะรองรับระบบอื่น ๆ ที่จะเพิ่มมาในอนาคตได้

### 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

เพื่อให้นักศึกษาสามารถออกแบบและประมาณการระบบไฟฟ้าภายในอาคารได้อย่างถูกต้องตามมาตรฐานที่เป็นที่ยอมรับในอุตสาหกรรม สามารถออกแบบให้ระบบไฟฟ้าสามารถจ่ายไฟฟ้าได้เพียงพอต่อการใช้งานโดยคำนึงถึงความถูกต้องตามหลักวิชาการและความปลอดภัย

นักศึกษาสามารถใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบและประมาณการระบบไฟฟ้าได้อีกด้วย

### 1.3 ลำดับและขั้นตอนในการทำโครงการ

- 1.3.1 ศึกษาแบบของอาคาร
- 1.3.2 รวบรวมข้อมูลของระบบที่ต้องการใช้ในอาคาร
- 1.3.3 ออกแบบและประมาณการ
- 1.3.4 เขียนแบบระบบที่ออกแบบและประมาณการ
- 1.3.5 ตรวจสอบความถูกต้อง
- 1.3.6 จัดทำเอกสารการออกแบบและประมาณการ

#### 1.4 ผลประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ภายหลังจากที่จัดทำโครงการสำเร็จแล้ว ผลประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับมีหลายส่วนคือ มีความรู้ในการออกแบบระบบไฟฟ้าภายในอาคารอย่างมีความรู้ ความเข้าใจ อ้างอิงตามมาตรฐานสากลที่ทั้งโลกยอมรับ รวมถึงมีความรับผิดชอบและจรรยาบรรณ ในการออกแบบและประมาณการ สามารถประเมินราคาสิ่งที่ออกแบบได้อย่างถูกต้อง นอกจากนี้ยังสามารถใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ต่าง ๆ ช่วยในการออกแบบและประมาณการได้ และนำเสนองานภายหลังการออกแบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ และหวังว่าจะเป็นแนวทางในการศึกษาให้แก่ผู้ที่สนใจต่อไป



## บทที่ 2

### ระบบแสงสว่าง

แสงสว่างมีส่วนสำคัญในชีวิตประจำวัน เพราะ ในชีวิตประจำวันต่างๆล้วนแต่ต้องใช้แสงสว่าง ในบทนี้จะกล่าวถึงการออกแบบระบบแสงสว่างให้มีความสว่างเพียงพอต่อสถานที่นั้น ๆ ซึ่งต้องคำนึงถึงลักษณะของบริเวณที่ทำการออกแบบเป็นสำคัญ อ้างอิงความเข้มแสงเฉลี่ย ตามมาตรฐาน CIE (International Commission Illumination) และต้องคำนึงถึงความถูกต้อง สวยงาม ด้วย

#### 2.1 หน่วยวัดที่เกี่ยวกับแสง

2.1.1 ฟลักซ์การส่องสว่าง (Lumilux Flux : หรือ F) คือ ปริมาณแสงทั้งหมดที่แผ่กระจายลงมา จากแหล่งกำเนิดแสงในทุกทิศทาง โดยมีหน่วยเป็นลูเมน (Lumen, lm)

2.1.2 ความเข้มของการส่องสว่าง (Luminous intensity : I) คือ ปริมาณแสงทั้งหมดที่แผ่ ออกมาจากแหล่งกำเนิดแสงลงไปพื้นที่ที่กำหนดโดยแนวมุมมองและระยะทางมีหน่วยวัดเป็นแคนเดลา (Candela, cd)

2.1.3 ความสว่าง (Illuminance : E) คือ ปริมาณแสงของแหล่งกำเนิดแสงที่ตกกระทบลงพื้นที่ 1 ตารางเมตร โดยมีหน่วยวัดเป็น ลูเมนต่อตารางเมตร หรือ ลักส์ ( $\text{lm/m}^2$  หรือ lux, lx) ถ้าพิจารณาพื้นที่หน่วยเป็นตารางเมตร ความเข้มแสงจะมีหน่วยเป็นลักซ์ (lux) ถ้าพิจารณาพื้นที่หน่วยเป็น ตารางฟุต ความเข้มแสงจะมีหน่วยเป็นฟุต-แคนเดิล (feet – candle) โดยที่ 1 ฟุต-แคนเดิล เท่ากับ 10.764 ลักซ์

2.1.4 ความส่องสว่าง (Luminance : L) คือ ค่าที่แสดงถึงความสว่างที่ตามนุษย์ได้รับในขณะที่ กำลังมองพื้นที่ที่มีการแผ่กระจายแสงหรือพื้นที่ที่ได้รับแสงและสะท้อนออกมา มีหน่วยเป็นแคนเดลาต่อตารางเมตร ( $\text{cd/m}^2$ )

2.1.5 สัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์ (Utilization factor; ) คือ อัตราส่วนระหว่างฟลักซ์ส่องสว่างที่ไปตกถึงพื้นงานที่เราต้องการต่อฟลักซ์ส่องสว่างที่ออกมาจากดวงโคม ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์ไม่ได้ขึ้นอยู่กับลักษณะของการกระจายแสงของโคมเท่านั้น แต่ยังขึ้นอยู่กับความสูงและสัดส่วนของห้อง ตลอดจนความสามารถในการกระจายแสงของเพดาน ผนัง และพื้นอีกด้วย

ผู้ออกแบบระบบไฟฟ้าแสงสว่างสามารถที่จะหาค่าสัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์ของดวงโคมใด ๆ ได้จากตารางที่โรงงานผู้ผลิตดวงโคมนั้นจัดทำขึ้น

2.1.6 กำลังไฟฟ้าของหลอดไฟฟ้า (Lamp Power : W) คือ ค่าของพลังงานที่หลอดไฟฟ้าใช้เพื่อทำให้เกิดแสงสว่างตามค่าต่าง ๆ ที่ระบุไว้ของผู้ผลิต มีหน่วยเป็นวัตต์ (Watt, W)

2.1.7 ประสิทธิภาพแสงสว่าง (Luminous Efficiency) คือ อัตราส่วนของค่าฟลักซ์ การส่องสว่างที่แหล่งกำเนิดแสงปล่อยออกมาต่อค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ไปมีหน่วยเป็นลูเมนต่อวัตต์ (lm/W)

## 2.2 การออกแบบระบบแสงสว่าง

ในการออกแบบ เลือกใช้โปรแกรม DIALux โดยต้องรู้ค่าดังต่อไปนี้ก่อนถึงจะคำนวณได้

2.2.1 พื้นที่ห้อง

2.2.2 ค่าความเข้มแสง

2.2.3 ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง

2.2.4 ค่า Maintenance Factor

## 2.3 ขั้นตอนการคำนวณ

2.3.1 กำหนดค่าความเข้มแสงเฉลี่ยของพื้นที่ใช้งาน เพื่อนำไปใส่ในโปรแกรม ซึ่งจะต้องมีค่าเพียงพอที่จะทำให้เกิดความสว่าง โดยทั่วไปมักจะกำหนดค่าให้เป็นไปตามมาตรฐาน CIE ดังตัวอย่างในตารางที่ 2-1

ตารางที่ 2-1 ค่าความเข้มเฉลี่ยของพื้นที่ใช้งานต่าง ๆ ตามมาตรฐาน CIE

พื้นที่ใช้งาน	ความเข้มแสงเฉลี่ย (lux)
ห้องเรียน	300
ห้องปฏิบัติการ ห้องสมุด	500
ห้องทำงาน ห้องคอมพิวเตอร์ ห้องประชุม	500
ห้องเขียนแบบ	700
ห้องอาหาร	200
ห้องน้ำ	100 – 300
ห้องโถงทางเข้า	300
ทางเดิน	100
บันได บันไดเลื่อน ห้องเก็บของ	150

2.3.2 พิจารณาลักษณะของวัสดุหรือสีของเพดาน ผนัง พื้น เพื่อใช้หาค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของเพดาน (Ceiling reflectance), ผนัง (Wall reflectance), พื้นงาน (Working-Plane reflectance) ได้จากตารางที่ 2-2

ตารางที่ 2-2 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง

พื้นผิว	สัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง	พื้นผิว	สัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง
ทาสี		คอนกรีต	0.55
ขาวอย่างตะกั่ว	0.7	ซีเมนต์	0.27
น้ำเงินอ่อน	0.45	อลูมิเนียม	0.60
น้ำตาล	0.43	กระดามบุผนังสี	
น้ำเงิน	0.2	เหลืองอ่อน	0.50
ขาวใหม่	0.75	น้ำเงิน	0.06
ขาวเก่า	0.55	ขาว	0.75
อิฐ		หินแกรนิต	0.40
สีขาว	0.48	หินอ่อนสีขาว	0.45
สีเทา	0.40	ไม้	0.25

2.3.3 กำหนดค่า Maintenance factor จากตารางที่ 2-3

ตารางที่ 2-3 แสดงค่า Maintenance

Room category	Lamp-lumen Maintenance factor	Luminaire-and-room-Surface-dirt Maintenance factor	Toral Maintenance factor
Clean	0.9	0.9	0.8
Average	0.9	0.8	0.7
Dirty	0.9	0.7	0.6

#### 2.3.4 เลือกโคมไฟฟ้าจาก Catalogue ในโปรแกรม DIALux

ในโปรแกรม DIALux จะมีโคมไฟฟ้าจากหลากหลายประเภทจากผู้ผลิตให้เลือกใช้

### 2.4 สรุปการออกแบบระบบแสงสว่าง

ในโครงการนี้ เราจะเลือกใช้หลอดไฟของ PHILIPS เพราะเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความน่าเชื่อถือ และผลิตออกมาเพื่อการประหยัดพลังงาน ในคอนโดมิเนียมจะเลือกใช้หลอดไฟรุ่น DN490B IP44 1×LED20s/830 C ซึ่งเป็นหลอดชนิดความถี่สูงที่เข้ากับดีไซน์ความสวยงามในคอนโดมิเนียมแต่ยังคงความประหยัดพลังงาน

## บทที่ 3

### ระบบเต้ารับ

เต้ารับ หมายถึง อุปกรณ์หน้าสัมผัสซึ่งติดตั้งที่จุดจ่ายไฟ ใช้สำหรับการต่อกับเต้าเสียบ เต้ารับทางเดียวคืออุปกรณ์หน้าสัมผัสที่ไม่มีอุปกรณ์หน้าสัมผัสอื่นอยู่ในโครงเดียวกัน เต้ารับหลายทางคืออุปกรณ์หน้าสัมผัสตั้งแต่ 2 ชุดขึ้นไปที่อยู่ในโครงเดียวกัน

#### 3.1 มาตรฐานเต้ารับเต้าเสียบ

เต้ารับ-เต้าเสียบต้องเป็นไปตามมาตรฐาน มอก. 166-2549 และ มอก. 2162-2547

#### 3.2 ข้อกำหนดในการออกแบบเต้ารับ-เต้าเสียบ

3.2.1 สวิตช์และเต้ารับที่ใช้งานต้องมีพิสัยกระแส แรงดัน และประเภทเหมาะสมกับสภาพการใช้งาน เต้ารับต้องไม่เป็นประเภทที่ใช้เป็นชั่วคราวได้ด้วย

3.2.2 สวิตช์และเต้ารับที่ใช้กลางแจ้ง หรือสถานที่เปียกชื้น ต้องเป็นชนิดที่ระบุ IP ให้เหมาะสมกับสภาพการใช้งาน กรณีป้องกันน้ำสาครให้ใช้ไม่ต่ำกว่า IPx4 กรณีป้องกันน้ำจืดให้ใช้ไม่ต่ำกว่า IPx5 ตามมาตรฐานระดับการป้องกันสิ่งห่อหุ้มบริภัณฑ์ ให้เป็นไปตามมาตรฐานระดับการป้องกันสิ่งห่อหุ้มบริภัณฑ์ในตารางที่ 3-1 มาตรฐานระดับการป้องกันแสดงด้วยสัญลักษณ์ IP ตามด้วยเลข 1 หรือ 2 ตัว ตามประเภทการป้องกัน หากการป้องกันประเภทใดไม่ได้กำหนด อาจแสดงด้วย “\_” หรือ “x” หรือเว้นช่องว่างไว้ เช่น IPx3

ตารางที่ 3-1 ความหมายตัวเลขกำกับระดับการป้องกันหลังสัญลักษณ์ IP

ตัวเลขตัวที่ 1		ตัวเลขตัวที่ 2	
ประเภทการป้องกันวัตถุจากภายนอก		ประเภทการป้องกันของเหลว	
เลข	ระดับการป้องกัน	เลข	ระดับการป้องกัน
0	ไม่มีการป้องกัน	0	ไม่มีการป้องกัน
1	ป้องกันวัตถุที่มีขนาดใหญ่กว่า 50 มิลลิเมตร เช่น สัมผัสด้วยมือ	1	ป้องกันหยดเฉพาะในแนวดิ่ง
2	ป้องกันวัตถุที่มีขนาดใหญ่กว่า 12 มิลลิเมตร เช่น นิ้วมือ	2	ป้องกันหยดและน้ำสาดทำมุมไม่เกิน 15 องศาับแนวดิ่ง
3	ป้องกันวัตถุที่มีขนาดใหญ่กว่า 2.5 มิลลิเมตร เช่น เครื่องมือ เส้นลวด	2	ป้องกันหยดและน้ำสาดทำมุมไม่เกิน 60 องศาับแนวดิ่ง
4	ป้องกันวัตถุที่มีขนาดใหญ่กว่า 1 มิลลิเมตร เช่น เครื่องมือเล็ก ๆ เส้นลวดเล็ก ๆ	4	ป้องกันน้ำสาดเข้าทุกทิศทาง
5	ป้องกันฝุ่น	5	ป้องกันน้ำฉีดเข้าทุกทิศทาง
6	ผนึกกันฝุ่น	6	ป้องกันน้ำฉีดอย่างแรงเข้าทุกทิศทาง
		7	ป้องกันน้ำท่วมชั่วคราว
		8	ป้องกันน้ำเมื่อใช้งานอยู่ใต้น้ำ

3.2.3 เ้ารับแบบติดกับพื้นหรือฝังพื้น การติดตั้งต้องป้องกันหรือหลีกเลี่ยงจากความเสียหายทางกายภาพเนื่องจากการทำความสะอาดพื้นและการใช้งาน

3.2.4 สวิตช์และเ้ารับต้องติดตั้งอยู่เหนือระดับน้ำที่อาจท่วมหรือขังได้

3.2.5 ขนาดสายสำหรับเ้ารับใช้งานทั่วไปแต่ละชุด ต้องไม่เล็กกว่า 1.5 ตารางมิลลิเมตร และสำหรับเ้ารับใช้งานเฉพาะ สายไฟฟ้าต้องมีขนาดกระแสไม่ต่ำกว่าพิกัดเ้ารับ แต่ไม่ต้องใหญ่กว่าขนาดของวงจรย่อยนั้น

3.2.6 เ้ารับให้เป็นไปตามข้อกำหนดดังนี้

3.2.6.1 เ้ารับที่อยู่ในวงจรย่อยต้องเป็นแบบมีขั้วสายดิน และต้องต่อลงดิน

3.2.6.2 เ้ารับในสถานที่เดียวกันแต่ใช้แรงดันต่างกัน หรือเพื่อวัตถุประสงค์ในการใช้งาน ต่างกัน ต้องจัดทำเพื่อให้เ้าเสียบไม่สามารถสลับกันได้

3.2.7 ขั้วสายเ้ารับชนิดมีสายดินตาม มอก.166-2549 จะต้องมีการเรียงขั้วเฟสนิวทรัล และสายดินแบบทวนเข็มนาฬิกา เมื่อมองจากด้านหน้า

3.2.8 ขาเสียบเ้าเสียบชนิดมีสายดินตาม มอก.166-2549 จะต้องมีการเรียงขั้วเฟสนิวทรัล และสายดินแบบทวนเข็มนาฬิกา เมื่อมองจากด้านหน้า

### 3.3 การออกแบบระบบเต้ารับ

#### 3.3.1 เงื่อนไขเบื้องต้นก่อนการคำนวณ

3.3.1.1 ให้คำนวณโหลดของเต้าหนึ่งตัวสามารถจ่ายโหลดได้ 180 VA

3.3.1.2 ถ้ามีจำนวนเต้ารับมากกว่า 4 ตัวขึ้นไป ให้คำนวณจุดละ 360 VA

3.3.1.3 กำหนดให้ใช้ไฟจากเต้ารับได้  $10\text{VA/m}^2$

#### 3.3.2 ตัวอย่างการคำนวณหาจำนวนเต้ารับใน 1 ห้อง

ห้องขนาด  $20\text{ m}^2$

ในห้องนี้ใช้ไฟจากเต้ารับ  $= (10\text{VA/m}^2)(20\text{m}^2) = 200\text{ VA}$

จะได้จำนวนเต้ารับ  $= 1.11$

จากการคำนวณต้องมีจำนวนเต้ารับในห้องขั้นต่ำ 2 ตัวขึ้นไป

#### 3.3.3 ตัวอย่างการคำนวณหาขนาดสายไฟฟ้า

การคำนวณหาขนาดสาย

ตัวอย่างการคำนวณหาขนาดสายในห้องนอนของอพาร์ทเมนต์

$$I = \frac{3(180)}{230} = 3.13\text{ A (เต้ารับ 3 ตัว)}$$

$$\text{pf} = 1$$

$$I_L = 3.13\text{ A}$$

$$I_{L,\text{rated}} = 3.13 \times 1.25 = 3.9125\text{ A}$$

$$f_{\text{temp}} = 1, f_{\text{circuit}} = 1$$

$$I_{L,\text{table}} = 3.9125\text{ A}$$

ดังนั้นเลือกใช้สายขนาด  $2.5\text{ mm}^2$

### 3.4 สรุปการออกแบบระบบเต้ารับภายในอาคาร

สำหรับโครงการนี้ เลือกใช้เต้ารับยี่ห้อ PANASONIC เพราะเรื่องคุณภาพดีเป็นที่ยอมรับในตลาด ในคอนโดมิเนียมจะใช้เต้ารับยี่ห้อ PANASONIC รุ่น WEG15929 ทั้งหมด

## บทที่ 4

### สายไฟฟ้าและการเดินสาย

สายไฟฟ้าเป็นตัวกลางระหว่างเครื่องใช้ไฟฟ้ากับแหล่งจ่ายอุปกรณ์ไฟฟ้า สายไฟฟ้าในปัจจุบันมีให้เลือกหลายชนิดขึ้นอยู่กับสถานที่ และการใช้งาน จุดประสงค์ของเนื้อหาในบทนี้คือ เพื่อให้ผู้ออกแบบได้รู้ถึงสายไฟฟ้าชนิดต่าง ๆ รวมถึงรู้วิธีเลือกสายที่ถูกต้องโดยคำนึงถึงเป้าหมาย และคุณสมบัติของสายไฟ เพื่อให้ได้ทั้งประสิทธิภาพและประสิทธิผลในการติดตั้งและใช้งาน สายไฟฟ้าสายไฟฟ้าแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ สายไฟฟ้าแรงสูง และสายไฟฟ้าแรงดันต่ำ

#### 4.1 สายไฟฟ้าแรงสูง (High Voltage Power Cable)

เป็นสายไฟที่ใช้กับระดับแรงดัน 1 kV ขึ้นไป สายจำพวกนี้มีหลายชนิด เช่น หุ้มด้วยฉนวนพอลิเอทิลีน ซึ่งเรียกสายจำพวกนี้ว่า Polyethylene Cross-Link สายซึ่งมีฉนวนหุ้มหลายชั้น และภายในเติมน้ำมันชนิดที่เป็นฉนวนไฟฟ้า และไม่ลุกไหม้ได้ง่ายเป็นตัวช่วยระบายความร้อน และเนื่องจากต้องใช้สายขนาดใหญ่กว่าสายทองแดง เมื่อต้องรองรับกระแสขนาดเท่ากัน เป็นการช่วยลดโคโรนาในสายด้วย

##### 4.1.1 ชนิดของสายไฟแรงดันสูง

###### 4.1.1.1 สายเปลือย

- สายอลูมิเนียมตีเกลียวเปลือย (AAC)
- สายอลูมิเนียมผสม (AAAC)
- สายอลูมิเนียมแกนเหล็ก (ACSR)

###### 4.1.1.2 สายหุ้มฉนวน

- สาย Partial Insulated Cable (PIC)
- สาย Space Aerial Cable (SAC)
- สาย Preassembly Aerial Cable
- สาย Cross-linked Polyethylene (XLPE)



## 4.2 สายไฟฟ้าแรงดันต่ำ (Low Voltage Power Cable)

เป็นสายไฟฟ้าที่ใช้กับแรงดันไม่เกิน 750 V เป็นสายหุ้มฉนวน ทำด้วยทองแดงหรืออลูมิเนียม โดยทั่วไปถ้าเป็นสายทองแดงขนาดเล็กจะเป็นตัวนำแบบเดี่ยว แต่ถ้าเป็นสายขนาดใหญ่จะเป็นตัวนำแบบตีเกลียว

4.2.1 สาย THW เป็นสายไฟฟ้าชนิดทนแรงดัน 750 โวลต์ เป็นสายเดี่ยว นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางโดยเฉพาะในโรงงานอุตสาหกรรม เพราะสามารถนำมาใช้ในวงจรสามเฟส และยังสามารถใช้เป็นสายในวงจรย่อย สายป้อน และสายเมน โดยการเดินในท่อร้อยสายไฟหรือรางเดินสาย และรางเคเบิลสำหรับสายขนาดใหญ่



ภาพที่ 4-1 สาย THW

4.2.2 สาย VAF เป็นสายไฟฟ้าชนิดทนแรงดัน 300 โวลต์ มีหลายประเภทด้วยกัน ทั้งสายเดี่ยว สายคู่หรือที่มีสายดินอยู่ด้วย ถ้าเป็นสายเดี่ยวจะเป็นสายกลมและถ้าเป็นชนิด 2 แกนหรือ 3 แกน จะเป็นสายแบน ตัวนำนอกจากจะมีฉนวนหุ้มแล้วยังมีเปลือกหุ้มอีกชั้นหนึ่ง สายคู่จะนิยมเดินรัดด้วยเข็มขัดรัดสาย (Clip) ใช้ในบ้านอยู่อาศัยทั่วไป สายชนิดนี้ห้ามใช้ในวงจร 3 Phase ที่มีแรงดัน 380 โวลต์



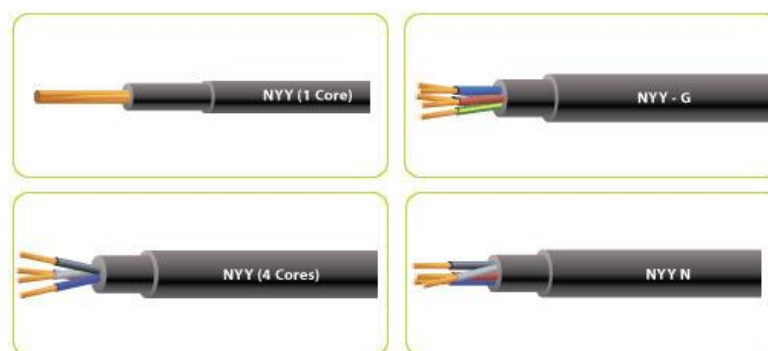
ภาพที่ 4-2 สาย VAF

4.2.3 สาย IV เป็นสายเดี่ยวหรือแกนเดี่ยวชนิด ทนแรงดันไฟ 300 โวลต์ ใช้เป็นสายเดินเข้าอาคารสำหรับที่พักอาศัยที่ใช้ระบบ 1 เฟส และห้ามใช้กับระบบ 3 เฟสที่มีแรงดัน 380 โวลต์



ภาพที่ 4-3 สาย IV

4.2.4 สาย NYY เป็นสายที่มีทั้งชนิดแกนเดี่ยวและหลายแกน สายหลายแกนก็จะเป็นสายกลม สายชนิดนี้ทนแรงดัน 750 V นิยมใช้อย่างกว้างขวางเช่นกัน เนื่องจากมีความคงทนต่อสภาพแวดล้อม เพราะมีเปลือกหุ้มอีกชั้นหนึ่งบางท่านเรียกว่าเป็นสายฉนวน 3 ชั้น ความจริงแล้วสายชนิดนี้มีฉนวนชั้นเดียวอีกสองชั้นที่เหลือเป็นเปลือก เปลือกชั้นในทำหน้าที่เป็นแบบ (Form) ให้สายแต่ละแกนที่ตีเกลียวเข้าด้วยกันมีลักษณะกลม จึงมีเปลือกนอกหุ้มแล้วอีกชั้นหนึ่งทำหน้าที่ป้องกันความเสียหายทางกายภาพ



ภาพที่ 4-4 สาย NYY

4.2.5 สาย VCT เป็นสายกลมมีตั้งแต่ 1-4 แกน ทนแรงดันได้ 750 V มีฉนวนและเปลือกเช่นกัน มีข้อพิเศษกว่าก็คือ ตัวนำจะประกอบด้วยทองแดงฝอยเส้นเล็ก ๆ ทำให้มีข้อดีคืออ่อนตัวและทนต่อสภาพการสั่นสะเทือนได้ดี เหมาะที่จะใช้เป็นสายเดินเข้าเครื่องจักรที่มีการสั่นสะเทือนขณะใช้งาน สายชนิดนี้ใช้งานได้ทั่วไปเหมือนสายชนิดเอ็น-วายวาย สายวิธีที่ที่เป็นชนิดวิธีชี-กราวด์ซึ่งมี 2 แกน 3 แกน และ 4 แกน และมีสายดินเดินรวมไปด้วยอีกเส้นหนึ่งเพื่อให้เหมาะสำหรับใช้กับเครื่องอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต้องต่อลงดิน



ภาพที่ 4-5 สาย VCT

จากชนิดสายไฟฟ้าต่าง ๆ สามารถสรุปการเลือกใช้งานได้พอสังเขปคือ

- |         |   |
|---------|---|
| สาย THW | เดินลอยต้องยึดด้วยวัสดุฉนวน และเดินในช่องเดินสายภายในสถานที่แห้ง  |
| สาย VAF | ชนิดกลมเดินลอย, เดินเกาะติดหรือซ่อนในผนัง, เดินในช่องเดินสาย และห้ามเดินฝังดินชนิดแบนเดินเกาะติดหรือซ่อนในผนัง, เดินในช่องเดินสาย และห้ามเดินสายดินโดยตรง |
| สาย IV  | เดินลอยต้องยึดด้วยวัสดุฉนวน และเดินในช่องเดินสายภายในสถานที่แห้ง  |
| สาย NYY | ใช้งานทั่วไป เดินร้อยท่อฝังดิน หรือเดินฝังโดยตรง  |
| สาย VCT | การใช้งานทั่วไป เดินร้อยท่อฝังดิน หรือฝังดินโดยตรง  |

### 4.3 การติดตั้งสายไฟ ขนาดของสาย และตัวแปรที่เกี่ยวข้อง

ตารางที่ 4-1 ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าทองแดงหุ้มฉนวนพีวีซี มี/ไม่มีเปลือกนอก สำหรับขนาดแรงดัน (Uo/U) ไม่เกิน 0.6/1 กิโลโวลต์ อุณหภูมิตัวนำ 70°C อุณหภูมิโดยรอบ 40°C เดินในช่องเดินสายในอากาศ

ลักษณะการติดตั้ง	กลุ่มที่ 1				กลุ่มที่ 2			
จำนวนตัวนำกระแส	2		3		2		3	
ลักษณะตัวนำกระแส	แกนเดี่ยว	หลายแกน	แกนเดี่ยว	หลายแกน	แกนเดี่ยว	หลายแกน	แกนเดี่ยว	หลายแกน
รูปแบบการติดตั้ง								
ขนาดสาย (mm <sup>2</sup> )	ขนาดกระแส (A)							
1	10	10	9	9	12	11	10	10
1.5	13	12	12	11	15	14	13	13
2.5	17	16	16	15	21	20	18	17
4	23	22	21	20	28	26	24	23
6	30	28	27	25	36	33	31	30
10	40	37	37	34	50	45	44	40
16	53	50	49	45	66	60	59	54
25	70	65	64	59	88	78	77	70
35	86	80	77	72	109	97	96	86
50	104	96	94	86	131	116	117	103
70	131	121	118	109	167	146	149	130
95	158	145	143	131	202	175	180	156
120	183	167	164	150	234	202	208	179
150	209	191	188	171	261	224	228	196

**ตารางที่ 4-1 (ต่อ) ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าทองแดงหุ้มฉนวนพีวีซี มี/ไม่มีเปลือกนอก สำหรับ**  
**ขนาดแรงดัน (Uo/U) ไม่เกิน 0.6/1 กิโลโวลต์ อุณหภูมิตัวนำ 70°C อุณหภูมิ**  
**โดยรอบ 40°C เดินในช่องเดินสายในอากาศ**

ขนาดสาย (mm <sup>2</sup> )	ขนาดกระแส (A)							
	238	216	213	194	297	256	258	222
185	238	216	213	194	297	256	258	222
240	279	253	249	227	348	299	301	258
300	319	291	285	259	398	343	343	295
400	-	-	-	-	475	-	406	-
500	-	-	-	-	545	-	464	-

**ตารางที่ 4-2 ขนาดสายดิน (สาย PE)**

ขนาดสายเฟส (สาย L) (mm <sup>2</sup> )	ขนาดสายดิน (สาย PE) (mm <sup>2</sup> )
1.5	2.5
2.5	2.5
4	4
6	6
10	10
16	16
25	16
35	16
50	25
70	35
95-400	50

ตารางที่ 4-3 ขนาดต่ำสุดของสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า

พิกัดหรือขนาดปรับตั้งของ เครื่องป้องกันกระแสเกินไม่เกิน (A)	ขนาดต่ำสุดของสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า (ตัวนำทองแดง) (mm <sup>2</sup> )
20	2.5*
40	4*
70	6
100	10
200	16
400	25
500	35
800	50
1000	70
1250	95
2000	120
2500	185
4000	240
6000	400

หมายเหตุ \* หากความยาวของวงจรย่อยเกิน 30 เมตร ให้พิจารณาขนาดสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า  
โดยคำนึงถึงค่า earth fault loop impedance ของวงจร

**ตารางที่ 4-4** ตัวคูณปรับค่าขนาดกระแสเนื่องจากจำนวนสายที่นำกระแสในช่องเดินสายไฟฟ้าเดียวกันมากกว่า 1 วงจร

จำนวนกลุ่มวงจร	ตัวคูณปรับค่า
2	0.80
3	0.70
4	0.65
5	0.60
6	0.57
7	0.54
8	0.52
9	0.50
10-12	0.45
13-16	0.41
17-20	0.38

**ตารางที่ 4-5** ตัวคูณปรับค่าอุณหภูมิโดยรอบที่แตกต่างจาก 40°C ใช้กับค่าขนาดกระแสของเคเบิลเมื่อเดินในอากาศ

อุณหภูมิโดยรอบ (องศาเซลเซียส)	ฉนวน			
	PVC	XLPE หรือ EPR	เอ็มไอ	
			70 °C	105 °C
11-15	1.34	1.23	1.41	1.21
16-20	1.29	1.19	1.34	1.16
21-25	1.22	1.14	1.26	1.13
26-30	1.15	1.10	1.18	1.09
31-35	1.08	1.05	1.09	1.04
36-40	1.00	1.00	1.00	1.00
41-45	0.91	0.96	0.91	0.96
46-50	0.85	0.90	0.79	0.91
51-55	0.70	0.84	0.67	0.87
56-60	0.57	0.78	0.53	0.82

ตารางที่ 4-5 (ต่อ) ตัวคูณปรับค่าอุณหภูมิโดยรอบที่แตกต่างจาก 40°C ใช้กับค่าขนาดกระแสของ  
เคเบิลเมื่อเดินในอากาศ

อุณหภูมิโดยรอบ (องศาเซลเซียส)	จำนวน			
	PVC	XLPE หรือ EPR	เอ็มไอ	
			70°C	105°C
61-65	-	0.71	-	0.76
66-70	-	0.64	-	0.70
71-75	-	0.55	-	0.65
76-80	-	0.45	-	0.59
81-85	-	-	-	0.51
86-90	-	-	-	0.43
91-95	-	-	-	0.35

ตารางที่ 4-6 ค่าความนำจำเพาะของทองแดงและอลูมิเนียม ระหว่างอุณหภูมิ 20°C - 70°C

	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)								
	20	25	30	35	40	45	50	60	70
ทองแดงชนิดอ่อน (Annealed copper)	58	56.9	55.8	54.8	53.8	52.8	51.9	50.1	48.5
อลูมิเนียมชนิดแข็ง (Hard – draw aluminum)	34.2	33.6	33	32.4	31.8	31.3	30.7	29.7	28.7



ตารางที่ 4-7 ค่าความต้านทานต่อไฟฟ้ากระแสสลับและค่ารีแอ็กแตนซ์ของสายตัวนำทองแดงหุ้ม  
ฉนวนพีวีซี

ขนาด ตัวนำ (mm <sup>2</sup> )	ค่าความต้านทาน R <sub>i</sub> (Ω/km) ที่อุณหภูมิตัวนำ			ค่ารีแอ็กแตนซ์ X <sub>i</sub> (Ω/km)
	20	40	70	
1.5	11.493	12.400	13.753	0.115
2.5	6.896	7.440	8.252	0.110
4	4.310	4.650	5.158	0.107
6	2.873	3.100	3.438	0.100
10	1.724	1.860	2.063	0.094
16	1.077	1.163	1.289	0.090
25	0.690	0.744	0.825	0.086
35	0.493	0.531	0.589	0.083
50	0.345	0.372	0.413	0.083
70	0.246	0.266	0.295	0.082
95	0.181	0.120	0.217	0.082
120	0.144	0.155	0.172	0.080
150	0.115	0.124	0.138	0.080
185	0.093	0.101	0.112	0.080
240	0.072	0.078	0.086	0.079
300	0.057	0.062	0.069	0.079

#### 4.4 แรงดันตก (Voltage Drop)

แรงดันตก (Voltage Drop) เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเสมอในการใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้า ซึ่งมีการส่งผ่านพลังงานไฟฟ้าผ่านสายตัวนำ เมื่อมีการใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้าก็จะมีกระแสไหลผ่านสายตัวนำ ซึ่งสายตัวนำเองก็มีค่าความต้านทานอยู่ในตัวค่าหนึ่ง จึงเสมือนว่าสายตัวนำเองก็เป็นโหลดตัวหนึ่งในวงจรไฟฟ้าต่ออนุกรมอยู่กับโหลดจริงและจะแบ่งแรงดันส่วนหนึ่งไว้ในสายตัวนำ ทำให้แรงดันตกคร่อมที่โหลดจริงต่ำกว่าแรงดันที่จ่ายมาจากแหล่งจ่าย

การคำนวณค่าแรงดันตก

$$\Delta u_{1\phi} = \frac{200 I_l (R_l \cos \theta + X_l \sin \theta)}{U_N} \quad (2-2)$$

$$\Delta u_{3\phi} = \frac{100 \sqrt{3} I_l (R_l \cos \theta + X_l \sin \theta)}{U_N} \quad (2-3)$$

โดย  $\Delta u_{1\phi}$  : แรงดันตกคร่อมหนึ่งเฟส

$\Delta u_{3\phi}$  : แรงดันตกคร่อมสามเฟส

$I_l$  : กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจร (แอมแปร์)

$R_l$  : ความต้านทานทางเดียวของสายไฟฟ้า (โอห์ม)

$X_l$  : ค่ารีแอกแตนซ์ทางเดียวของสายไฟฟ้า (โอห์ม)

$\cos \theta$  : ค่าตัวประกอบกำลังของโหลด

$U_N$  : แรงดันระบบ

ตามมาตรฐาน IEC กำหนดค่าแรงดันตกในสายไว้ว่า จากจุดวัดพลังงานไฟฟ้า หรือจุดจ่ายไฟฟ้า โหลดไม่เกิน 4%

#### 4.5 สรุปการออกแบบการสายไฟฟ้าและการเดินสาย

สรุปได้ว่าสายไฟฟ้าที่จะเลือกใช้นั้นขึ้นอยู่กับสถานที่และการใช้งาน โดยพิจารณาถึงค่าแรงดันตกคร่อมในสายไฟฟ้าด้วยว่าต้องไม่มากกว่าค่าตามที่มาตรฐานกำหนด ส่วนวิธีการเดินสายไฟฟ้านั้นพิจารณาจากโครงสร้างของอาคารว่าเหมาะที่จะเดินด้วยวิธีไหน

## บทที่ 5

### ระบบปรับอากาศ

#### 5.1 ความหมายของระบบปรับอากาศ

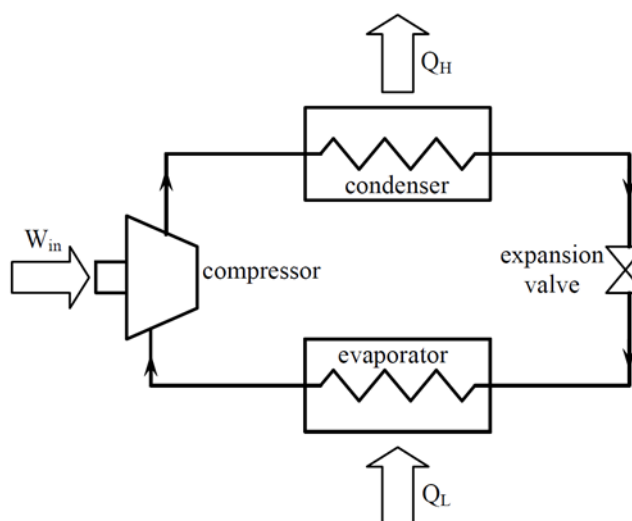
ระบบปรับอากาศ คือ ระบบถ่ายเทความร้อนจากบริเวณที่ต้องการปรับอากาศจากที่หนึ่งไปอีกที่หนึ่ง ระบบปรับอากาศนอกจากทำหน้าที่ควบคุมอุณหภูมิแล้ว ยังสามารถควบคุมความชื้นที่อยู่ในอากาศได้ด้วย ระบบปรับอากาศมีจุดมุ่งหมายที่สำคัญ 2 ประการคือ

1. ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในอากาศเพื่อให้มีระดับความสบายและคุณภาพอากาศที่เหมาะสม
2. ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในอากาศเพื่อให้มีสภาพแวดล้อมเหมาะสมกับกระบวนการผลิตทางผู้จัดทำได้เลือกเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split type air conditioning unit) ในโครงการนี้

#### 5.2 หลักการปรับอากาศเบื้องต้น

ระบบปรับอากาศประกอบด้วยอุปกรณ์ 4 อย่างที่สำคัญของระบบทำความเย็นแบบอัดไอคือ

- 5.2.1 คอมเพรสเซอร์ (Compressor) ทำหน้าที่อัดไอให้ความดันสูงขึ้น
- 5.2.2 คอนเดนเซอร์ (Condenser) ทำหน้าที่เปลี่ยนไอให้เป็นของเหลวที่ความดันสูง
- 5.2.3 วาล์วลดความดัน (Expansion valve) ทำหน้าที่ลดความดันจากสูงลงมต่ำ
- 5.2.4 อีวาपोเรเตอร์ (Evaporator) ทำหน้าที่เปลี่ยนของเหลวกลับไปเป็นไอที่มีความดันต่ำ



ภาพที่ 5-1 หลักการปรับอากาศเบื้องต้น

### 5.3 เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

เป็นเครื่องปรับอากาศที่มีการแยกระหว่างยูนิตที่ประกอบด้วยคอมเพรสเซอร์ร่วมกับคอนเดนเซอร์และยูนิตที่มีอีวาพอเรเตอร์ แบ่งออกได้อีก 3 ประเภท คือ

5.3.1 เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน แบบไม่ต้องเดินท่อลม มีการแยกระหว่าง condensing unit ซึ่งอยู่ด้านนอกและ Fan coil unit ซึ่งอยู่ด้านใน ติดตั้งโดยการแขวนผนัง ตั้งพื้นหรือแขวนฝ้า

5.3.2 เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน แบบต้องเดินท่อลม มีการแยกระหว่าง condensing unit ซึ่งอยู่ด้านนอกและ air handling unit ซึ่งอยู่บนฝ้าหรือห้องเครื่อง มีการเดินท่อลมส่ง และท่อลมกลับ

5.3.3 เครื่องปรับอากาศแบบสำเร็จครบชุดในตัว มีอุปกรณ์ทุกชนิดรวมในเครื่องเดียวกัน

### 5.4 ข้อกำหนดในการออกแบบระบบปรับอากาศ

5.4.1 การติดตั้งระบบไฟฟ้าสำหรับเครื่องปรับอากาศต้องเป็นไปตามมาตรฐาน ว.ส.ท. 2001-56

5.4.2 สายไฟสำหรับเครื่องปรับอากาศให้เป็นชนิด THW, CVV หรือ VAF และขนาดสายไฟสำหรับเครื่องปรับอากาศให้เป็นไปตามมาตรฐาน ว.ส.ท. 2001-56

5.4.3 สายไฟที่ใช้ต่อกับมอเตอร์ต้องมีขนาดไม่ต่ำกว่า 1.5 mm<sup>2</sup>

5.4.4 เครื่องตัดวงจรต้องมีพิสัยไม่เกินค่ากระแสสูงสุดที่สายจ่ายกำลังไฟฟ้าของระบบปรับอากาศจะรับได้

## 5.5 การออกแบบระบบปรับอากาศ

### 5.5.1 เลือกห้องที่ต้องการปรับอากาศ

### 5.5.2 หาพื้นที่ห้อง

### 5.5.3 คำนวณหาอัตราการถ่ายเทความร้อน เพื่อเลือกขนาดความสามารถของการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ 1 เครื่อง (BTU)

$$\text{จากสมการ} \quad Q = K \times A \quad (5-1)$$

โดยที่ Q คือ อัตราการถ่ายเทความร้อน (BTU/hr)

A คือ พื้นที่ห้อง (m<sup>2</sup>)

K คือ ค่าตัวประกอบความสบาย ซึ่งมีให้เลือกดังต่อไปนี้

700 - 800 สำหรับห้องนอน หรือห้องที่มีความร้อนน้อย (ห้องที่ไม่โดนแดดหรือโดนเล็กน้อย ฝ้าต่ำ หรือห้องที่ใช้เครื่องปรับอากาศช่วงกลางคืน)

800 - 900 สำหรับห้องรับแขก หรือห้องที่มีความร้อนปานกลาง – มาก (ห้องที่โดนแดด อยู่ทิศตะวันตก หรือใช้เครื่องปรับอากาศช่วงกลางวัน)

900 – 1000 สำหรับห้องทำงาน ห้องออกกำลังกาย หรือห้องที่มีความร้อนมาก หรือฝ้าสูง (ห้องที่โดนแดด อยู่ทิศตะวันตก อยู่ชั้นบนสุด หรือใช้เครื่องปรับอากาศช่วงกลางวัน)

1000 - 1200 สำหรับร้านที่เปิดปิดประตูบ่อย ร้านทำผม หรือสำนักงานที่มีคนอยู่จำนวนมาก

ตัวอย่างการคำนวณ

ห้องนอนขนาด 25 m<sup>2</sup>

เลือกค่า K = 800

$$Q = 20000 \text{ BTU/h}$$

เลือกใช้เครื่องปรับอากาศที่มีค่า BTU เท่ากับหรือใกล้เคียง 20000 BTU/h

## 5.6 สรุปการออกแบบระบบปรับอากาศ

สำหรับในโครงการนี้เลือกใช้เครื่องปรับอากาศของ SAMSUNG รุ่น AR5000 เพราะมีขนาด BTU/h ให้เลือกได้ใกล้เคียงกับความต้องการของแต่ละห้อง และเป็นรุ่นที่ประหยัดพลังงาน คำนวณการใช้งาน

## บทที่ 6

### ระบบเคเบิลทีวี

#### 6.1 ความหมายของเคเบิลทีวี

เคเบิลทีวีคือ ระบบการให้บริการสัญญาณทีวีที่เกิดจากการรวบรวมรายการต่าง ๆ ที่มีการแพร่ภาพทางโทรทัศน์ จากแหล่งต่าง ๆ มารวมไว้ด้วยกัน เช่น ระบบจานรับสัญญาณดาวเทียม ทั้ง C-BAND และ KU-BAND , ระบบ VDO, VCD, DVD, ระบบ Harddisk, ระบบคอมพิวเตอร์ และระบบอื่นๆ ที่จะมีมาเพิ่มขึ้นในอนาคต รวบรวมเข้าไว้ด้วยกันแล้วนำมาจัดความถี่ ในการส่งใหม่ให้เป็นระเบียบ เพื่อส่งสัญญาณออกไปทางสาย หรือ ทางคลื่น ตรงไปยังทีวี ทำให้เครื่องรับทีวีสามารถรับภาพรายการต่าง ๆ ที่ได้รวบรวมไว้ได้หลายช่อง ตามความต้องการ

โดยการเดินสายสัญญาณเคเบิลทีวีไปตามเสาไฟฟ้า ผ่านหน้าบ้าน ผู้ที่จะเป็นลูกค้า ในเป้าหมาย หากใครต้องการรับชมรายการ ก็จะมีการเดินสายสัญญาณ เข้าไปให้บริการในบ้าน ที่สมัครเป็นสมาชิก โดยสายสัญญาณที่เดินเข้าไปในบ้าน จะต่อตรงเข้าไปยังเครื่องรับโทรทัศน์ แทนสายสัญญาณจากเสาอากาศ ซึ่งจะมีผลทำให้ โทรทัศน์ทุกเครื่องภายในบ้านแต่ละเครื่อง สามารถรับชมเคเบิลทีวีได้โดยอิสระ

แบ่งออกเป็น 2 ระบบใหญ่ ๆ คือ ระบบโทรทัศน์รวม (MATV) และ ระบบเคเบิลท้องถิ่น (CATV) โดยทางผู้จัดทำได้เลือกระบบโทรทัศน์รวมในการออกแบบ

#### 6.2 ความหมายของระบบโทรทัศน์รวม (MATV)

ระบบโทรทัศน์รวมรวม เป็นระบบกระจายสัญญาณภาพไปยังสายนำสัญญาณ ที่อยู่ภายในอาคาร และจุดรับชมอยู่ภายในอาคารนั้น เป็นระบบที่มีสายอากาศรับสัญญาณโทรทัศน์ช่องต่าง ๆ เพียงชุดเดียว แต่สามารถป้อนสัญญาณไปยังจุดต่าง ๆ ในอาคารขนาดใหญ่ได้เป็นจำนวนหลายร้อยจุด

การออกแบบและติดตั้งระบบโทรทัศน์รวม จะทำการขยายสัญญาณให้แรงขึ้นเป็นช่วง ๆ ทำให้สัญญาณปลายทางแรงพอ ที่จะทำให้เครื่องรับโทรทัศน์รับสัญญาณได้ชัดเจน นอกจากสัญญาณโทรทัศน์แล้วยังสามารถรวมสัญญาณวิทยุ FM, สัญญาณวิดีโอโทรทัศน์วงจรปิดหรือสัญญาณจากเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมเข้าไปในระบบโทรทัศน์รวมได้อีกด้วย

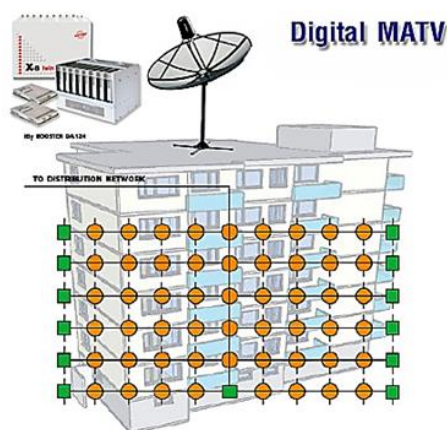
### 6.3 โครงสร้างของระบบโทรทัศน์รวม

แบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ

6.3.1 ห้องส่ง (HEAD END) เป็นส่วนที่รวบรวมสัญญาณภาพต่าง ๆ ที่ต้องการรับชมรวมทั้งข่าวสารต่าง ๆ ให้รวมอยู่ในสายนำสัญญาณเพียงเส้นเดียว

6.3.2 โครงข่ายสายนำสัญญาณ เป็นส่วนที่จะนำพาสัญญาณภาพจากห้องส่ง ไปยังจุดรับชมต่าง ๆ โครงข่ายสายนำสัญญาณของระบบทีวีรวม จะอยู่ภายในอาคารเท่านั้น

6.3.3 อุปกรณ์ขยายสัญญาณ เป็นส่วนขยายสัญญาณภาพ เพื่อให้สัญญาณภาพมีความคมชัดเท่ากันทุกจุดรับชม



ภาพที่ 6-1 แสดงระบบโทรทัศน์รวม

### 6.4 อุปกรณ์ที่ใช้ระบบโทรทัศน์รวม

6.4.1 BOOSTER คืออุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ขยายสัญญาณทีวีให้มีความแรงของสัญญาณที่เพียงพอที่จะแบ่งจ่ายให้กับอุปกรณ์ตัวแยกแต่ละตัวจนถึงจุดรับทีวีแต่ละจุดอย่างเพียงพอ โดยปกติสัญญาณที่จุดรับควรมีความแรงสัญญาณโดยประมาณ 60-80 dB

ตารางที่ 6-1 การเลือก BOOSTER ต้องเลือกให้เหมาะสมกับจำนวนห้อง

1-30 ห้อง	GAIN 30 dB OUTPUT 105 dB
30-80 ห้อง	GAIN 40 dB OUTPUT 115 dB
80-150 ห้อง	GAIN 40 dB OUTPUT 120 dB

ในกรณีที่จำนวนห้องมากกว่า 150 ห้อง ควรใช้ Booster เพิ่ม

6.4.2 สายนำสัญญาณหรือสาย Coaxial Cable เป็นสายนำสัญญาณแบบกลมมีให้เลือกหลายขนาดที่นิยมใช้กับระบบคือ เบอร์ RG6U และเบอร์ RG11U ในการเลือกใช้สายนำสัญญาณสำหรับระบบโทรทัศน์ถ้าระบบไม่ใหญ่มากก็เลือกใช้สายเบอร์ RG6U ทั้งระบบได้เลย เพราะสายที่ใช้ในระบบจะไม่ยาวมากฉะนั้นการสูญเสียของสัญญาณในสายจะน้อย หากว่าเราใช้สาย RG11 ค่าการสูญเสียของสัญญาณจะใกล้เคียงกันกับสาย RG6 จึงไม่จำเป็นต้องใช้ ส่วนสายเบอร์ RG11 ใช้ในกรณีที่สายสัญญาณที่จุดต่อพ่วงยาวมาก ๆ เช่นประมาณ 100 - 200 เมตร หรือ ใช้กับสายเมนที่เป็นระบบใหญ่ ๆ 100 ห้องขึ้นไป ส่วนมากจะใช้เป็นระบบเมนหลักเท่านั้น ส่วนเมนย่อยและสายแยกเข้าห้องจะใช้สายเบอร์ RG6U

ข้อสังเกตสายคุณภาพดี คือ ลวดทองแดงที่แกนกลางสายจะต้องเป็นเส้นเดียว ไม่ใช่แบบสายตีเกลียว ฉนวนหุ้มแกนกลางจะต้องเป็นโฟมไม่ใช่พลาสติก มีฟอยอลูมิเนียมหุ้มและมีสายชีลด์กรอบฟอยและหุ้มรอบนอกสุดด้วยพลาสติก และจะต้องเลือกสายที่มีอิมพีแดนซ์ที่ 75 โอห์มเท่านั้น

6.4.3 อุปกรณ์ตัวแยกสัญญาณ TAP-OFF คืออุปกรณ์ตัวแยกสัญญาณทีวีที่ออกแบบมาสำหรับระบบโทรทัศน์รวมโดยเฉพาะใช้ได้กับระบบเล็ก ๆ จนถึงระบบขนาดใหญ่คุณสมบัติ TAP-OFF แบ่งสัญญาณออกเป็น 2 ส่วนคือ

6.4.3.1 สัญญาณระหว่าง Input และ Output สัญญาณส่วนนี้ออกแบบให้มีการครอบสัญญาณน้อยที่สุด เพื่อต่อพ่วงอุปกรณ์ตัวแยกตัวต่อไป

6.4.3.2 สัญญาณที่ขา Tap จะมีค่าครอบสัญญาณมากกว่า โดยจะมีค่าครอบของสัญญาณให้เลือกใช้ตามความเหมาะสมกับระบบ สาเหตุที่ออกแบบให้มีค่าครอบสัญญาณสูงเพราะอุปกรณ์ตัวนี้ส่วนมากจะอยู่ที่ต้นทาง ซึ่งต้นทางสัญญาณจะแรงมากกว่าปลายทาง

6.4.4 อุปกรณ์แยกสัญญาณ SPLITTER คืออุปกรณ์ตัวแยกสัญญาณทีวี มีให้เลือกหลายขนาดตั้งแต่ 2 ทางจนถึง 16 ทาง แต่ที่นิยมใช้กันมากคือ แบบแยก 2-8 ทาง ให้สัญญาณที่ Output เท่ากันทุกจุด ส่วนมาก Splitter จะใช้กับระบบทีวีที่มีจำนวนจุดน้อย ๆ ภายในบ้านไม่เกิน 10 จุด หรือหากใช้กับระบบ MATV ส่วนมากจะใช้ร่วมกับ TAP-OFF

6.4.5 จานรับสัญญาณดาวเทียม สายอากาศชนิดหนึ่งซึ่งออกแบบเฉพาะเพื่อให้เหมาะสมกับการรับสัญญาณจากดาวเทียม ที่ลอยอยู่ในอวกาศและส่งสัญญาณกลับลงมายังพื้นโลก โดยทั่วไปมักมีรูปทรงเป็นรูปจาน โค้งแบบพาราโบลา เพื่อให้เกิดการรวมและสะท้อนสัญญาณอย่างมีประสิทธิภาพ พื้นผิวสำหรับของจานรับสัญญาณสามารถเป็นได้ทั้งพื้นผิวแบบทึบ และพื้นผิวแบบโปร่ง ซึ่งพื้นผิวแบบทึบจะไม่สามารถผ่านได้จึงต้านลมมากกว่าแบบโปร่ง



งานรับสัญญาณดาวเทียมแบ่งออกเป็น 2 ระบบ คือ

6.4.5.1 งานดาวเทียมระบบ C-Band จะส่งคลื่นความถี่กลับมายังโลกอยู่ในช่วงความถี่ 3.4 - 4.2 GHz ซึ่งจะมีฟูตปรีนที่มีขนาดกว้างครอบคลุมพื้นที่การให้บริการได้หลายประเทศ เช่น ของดาวเทียมไทยคม 2/5 พื้นที่ให้บริการ คือทวีปเอเชีย และยุโรปบางส่วน

ข้อดี : กรณีฝนตก ก็ยังจะดูภาพได้ เพราะความถี่ต่ำ เพียงแต่ความแรงของสัญญาณ จะลดลงไปบ้าง

ข้อเสีย : เนื่องจากส่งครอบคลุมพื้นที่กว้าง ๆ ความเข้มของสัญญาณจะต่ำ จึงต้องใช้จาน 4-10 ฟุต ซึ่งมีขนาดใหญ่ จึงจะรับสัญญาณภาพได้

6.4.5.2 งานดาวเทียมระบบ KU-Band จะส่งคลื่นความถี่ 10 - 12 GHz สูงกว่าความถี่ C-Band สัญญาณที่ส่งจะครอบคลุมพื้นที่ได้น้อยจึงเหมาะสำหรับการส่งสัญญาณเฉพาะภายในประเทศ

ข้อดี : ความเข้มของสัญญาณสูงมาก ใช้จานขนาดเล็ก ๆ 30 – 120 เซนติเมตร ก็สามารถรับสัญญาณได้แล้ว เหมาะสำหรับการส่งสัญญาณ CABLE TV ผ่านดาวเทียม DBS ( Direct Broadcast Satellite )

ข้อเสีย : ส่งสัญญาณได้ไม่ครอบคลุม ในจุดที่ต้องการ ทำให้เสียค่าใช้จ่ายสูง ปัญหาในการรับสัญญาณภาพ เวลาเกิดฝนตก หรือท้องฟ้าปิดด้วยเมฆฝนมาก ๆ จะทำให้รับสัญญาณได้อ่อนลง หรืออาจจะรับไม่ได้ในเวลานั้น คือภาพไม่มี แต่จะกลับคืนมาเมื่อสภาพอากาศปกติ

## 6.5 สรุปการออกแบบระบบเคเบิลทีวี

เลือกใช้ระบบโทรทัศน์รวม (MATV) ใช้จานดาวเทียมระบบ KU-band ยี่ห้อ TRUE Vision ขนาด 75 cm กับจานดาวเทียมระบบ C-band ยี่ห้อ PSI ขนาด 185 cm นำจานดาวเทียมทั้งสองมาเชื่อมต่อกันด้วย Multi Switch 2x1 ผ่านสายสัญญาณ RG6 จากนั้นใช้ Booster ขยายสัญญาณก่อนที่จะเข้า Multi Switch 3x8 ซึ่งเป็น Multi Switch หลัก ที่ติดตั้งที่ชั้น 8 จากนั้นนำ Multi Switch หลักเชื่อมต่อกับ Multi Switch 5x24 ซึ่งเป็น Multi Switch ย่อย ที่ติดตั้งตามชั้นต่าง ๆ ในอาคาร แล้วใช้สายสัญญาณ RG6 เชื่อมต่อกับ Multi Switch ย่อย กระจายสัญญาณไปตามห้องต่าง ๆ ในแต่ละชั้น

## บทที่ 7

### ระบบโทรศัพท์

โทรศัพท์หรือ Telephone เป็นคำมาจากภาษากรีก หมายถึงระยะทางและการสนทนา ดังนั้นการใช้โทรศัพท์จึงเป็นการส่งสัญญาณเสียงพูดจากแห่งหนึ่งไปยังที่อีกแห่งหนึ่งที่อยู่ห่างไกลกัน ปัจจุบันมีการใช้โทรศัพท์อย่างแพร่หลาย จึงจำเป็นต้องมีชุมสายโทรศัพท์เพื่อช่วยอำนวยความสะดวกในการต่อเชื่อมเลขหมายโทรศัพท์ที่ต้องการและควบคุมการทำงานของระบบให้ถูกต้องแม่นยำ

#### 7.1 ประเภทของระบบโทรศัพท์

แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

7.1.1 ระบบ Public Exchange ระบบนี้เป็นระบบหลักในการติดต่อหรือเรียกว่าชุมสายกลาง

7.1.2 ระบบ Private Exchange ระบบนี้เป็นระบบย่อยถัดมาจากชุมสายกลาง ซึ่งสามารถแยกออกได้อีก 2 ส่วน ตามความแตกต่างของการใช้งาน คือ

7.1.2.1 Private Automatic Branch Exchange (PABX) เป็นระบบชุมสายโทรศัพท์ย่อย มีทั้งแบบ Analog แบบดั้งเดิม และ Digital ทำหน้าที่เชื่อมต่อระหว่างองค์การโทรศัพท์กับโทรศัพท์ภายในอาคารแบบ Digital ISDN Trunk (DID direct inverse dialing) เป็นระบบโทรศัพท์ดิจิทัลอัตโนมัติ สำหรับใช้สายภายในของท่านด้วยเลขหมาย 4 หลัก และสามารถรับสายเรียกเข้าแบบต่อเข้าตรงโดยไม่ต้องผ่านพนักงานรับสาย (Operator)

7.1.2.2 Key Telephone ใช้เรียกตู้สาขาโทรศัพท์ขนาดเล็ก ที่นิยมออกแบบเป็น Hybrid Telephone ซึ่งเป็นโทรศัพท์ที่มีสายที่สามารถใช้ได้ทั้งเครื่องโทรศัพท์ธรรมดาและแบบ Digital ตู้สาขาโทรศัพท์ขนาดเล็กจะมีอุปกรณ์พิเศษเฉพาะเรียกว่า Key Telephone ซึ่งใช้งานได้สะดวกกว่าเครื่องโทรศัพท์ธรรมดา มีความสามารถพิเศษเพิ่มเติมคือ สามารถแสดงหมายเลขที่โทรเข้า ใช้ลำโพงประกาศเสียงพูด สนทนาโดยไม่ต้องยกหูโทรศัพท์ และเรียกหมายเลขเข้าได้ทางผู้จัดทำได้ เลือกใช้ระบบโทรศัพท์แบบ Private Exchange ประเภท PABX ดังนั้นจะขอก้าวถึงเฉพาะระบบโทรศัพท์ประเภทนี้เท่านั้น

## 7.2 โครงสร้างของระบบโทรศัพท์

7.2.1 ตู้ชุมสายโทรศัพท์ (Main Distribution Frame: MDF) ทำหน้าที่เป็นจุดเชื่อมต่ออุปกรณ์ในชุมสายโทรศัพท์เข้ากับข่ายสายตอนนอก เป็นที่รวมของสายทองแดงของสายโทรศัพท์ในพื้นที่ให้บริการ

7.2.2 ตู้สาขาโทรศัพท์ (Private Automatic Branch Exchange: PABX) เป็นระบบชุมสายโทรศัพท์ย่อย ที่สร้างมาเพื่อให้ภายในบริษัทหรือหน่วยงานนั้นมีเบอร์โทรศัพท์ภายในเป็นของตนเองใช้สำหรับโทรติดต่อสื่อสารกันเอง นอกจากนี้เบอร์โทรศัพท์เหล่านั้นยังสามารถติดต่อไปยังระบบโทรศัพท์ภายนอก หรือชุมสายโทรศัพท์ภายนอก ที่เรียกว่า PSTN (Public Switched Telephone Network)

7.2.3 ตู้ชุมสายโทรศัพท์ประจำชั้น (Telephone Cabinet: TC) ทำหน้าที่เหมือนกับตู้ชุมสายโทรศัพท์ แต่มีขนาดเล็กกว่าเพื่อวางสายไปยังจุดต่างๆในอาคาร

7.2.4 สายโทรศัพท์ (Telephone Cabling) เป็นสายที่ใช้เดินระบบโทรศัพท์ ตัวนำทำจากทองแดง การแบ่งลักษณะของสายโทรศัพท์ในห้องตลาดสังเกตได้จากฉนวนด้านนอก (Jacket) ซึ่งจะเป็นตัวบอกว่า สายโทรศัพท์ชนิดนี้ใช้สำหรับเดินภายในอาคารหรือภายนอกอาคาร สายภายนอกอาคารก็ยังแบ่งออกได้อีกว่าจะนำไปแขวนเสาหรือนำไปฝังดิน สายโทรศัพท์แบ่งออกเป็น 4 แบบคือ

7.2.4.1 สาย TIEV ใช้สำหรับเดินภายในอาคาร Jacket ทำจาก PVC ใช้เดินสายจากตู้ MDF หรือ TC ไปยัง Outlet ซึ่งมีอยู่ 2 แบบคือ

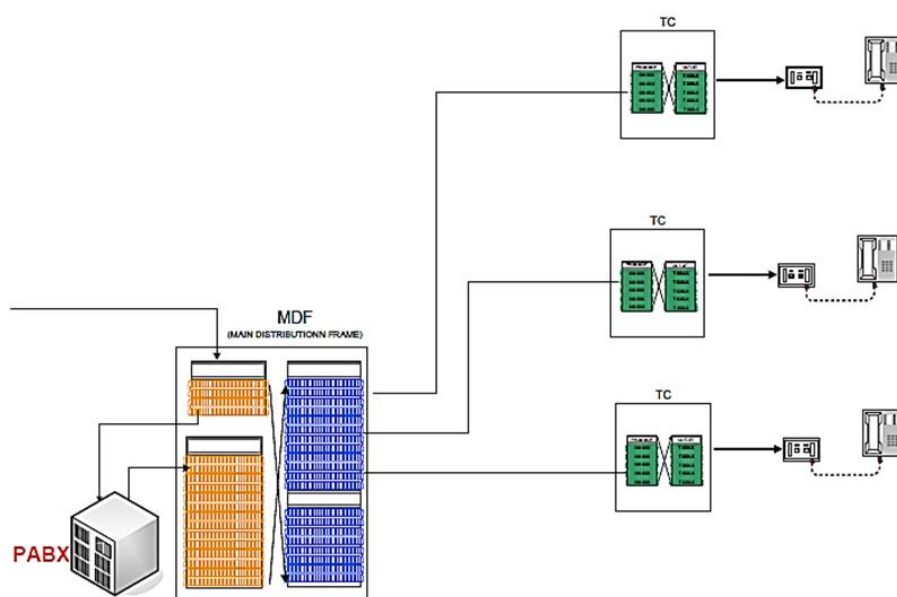
7.2.4.1.1 TIEV 2 core สำหรับโทรศัพท์แบบ Analog

7.2.4.1.2 TIEV 4 core สำหรับโทรศัพท์แบบ Digital และ Analog

7.2.4.2 สาย TPEV เป็นสายคู่ไม่ตีเกลียว Jacket ทำจาก PVC ใช้เดินภายในอาคาร เดินเป็น Liser ใช้เดินจาก MDF ไป TC หรือเดินเป็น Backbone เป็นสายที่มีตัวนำทองแดงอยู่ภายในจำนวนตั้งแต่ 4, 5, 6, 8, 10, 20, 25, 30, 40, 50, 100, 150, 200 คู่

7.2.4.3 สาย Drop Wire ใช้เดินภายนอกอาคารของหน่วยงานโทรศัพท์ เปลือกหุ้มสายเป็นสีดำ มีแกนลวดหุ้มด้วย PVC มี 2 ขนาดคือ 2 x 0.65 mm. และขนาด 2 x 0.9 mm.

7.2.4.4 สาย AP เป็นสายที่คล้ายกับสาย TPEV แต่ Jacket เป็น PE ซึ่งใช้สำหรับเดินภายนอกอาคารและฝังดินได้ เป็นสายที่มีตัวนำทองแดงอยู่ภายในจำนวนตั้งแต่ 8, 10, 15, 20, 25, 30, 50, 100, 150, 200 คู่



ภาพที่ 7-1 แสดงการติดตั้งระบบโทรศัพท์ภายในอาคาร

### 7.3 ระบบ PABX

PABX มาจากคำว่า Private Automatic Branch Exchange เป็นระบบที่สามารถทำการเชื่อมต่อระบบภายในได้เป็นจำนวนมาก นิยมใช้กันในสำนักงาน บริษัท และสถานที่อื่นๆที่ต้องการต่อเครื่องฟ่งเป็นจำนวนมาก ระบบ PABX นี้ทำหน้าที่รับสายเรียกเข้าแล้วโอนสายไปยังเครื่องรับภายในเครื่องที่ต้องการได้ โดยเครื่องรับภายในจะเป็นแบบธรรมดาที่สามารถใช้กับองค์การโทรศัพท์ได้

ตู้สาขา (Private Branch Exchange or PBX) เป็นชุมสายโทรศัพท์แบบหนึ่งที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในสำนักงาน โดยการสื่อสารกันภายในอาคารสำนักงานจะติดต่อกันผ่านตู้สาขา (PBX) โดยไม่ต้องผ่านชุมสายท้องถิ่น (Local Exchange) ทำให้มีความสะดวก รวดเร็วและประหยัด

หากตู้สาขาเชื่อมต่อกับชุมสายท้องถิ่นด้วย Trunk line จะทำให้เลขหมายภายใน (Intension) กับเลขหมายภายนอก (Extension) สามารถติดต่อกันได้ โดยทั่วไปจำนวน Trunk line ของตู้สาขาที่ใช้ติดต่อกันระหว่างเลขหมายภายนอกและเลขหมายภายใน จะมีไม่เกิน 15% ของจำนวนเลขหมายภายใน เช่น ตู้สาขานาด 1000 เลขหมาย จะมีจำนวน Trunk Line ไม่เกิน 150 Trunks เป็นต้น

เมื่อผู้หมายเลขภายในต้องการติดต่อไปยังเลขหมายภายนอกสามารถทำได้โดยการหมุนหมายเลขนำ 1 หมายเลข (หรือมากกว่า) ทำให้หมายเลขภายในหมายเลขนั้นได้รับสัญญาณ Dial Tone ของชุมสายท้องถิ่น จากนั้นหมุนเลขหมายภายนอกที่ต้องการได้ ส่วนเลขหมายภายนอกถ้า

ต้องการติดต่อมายังเลขหมายภายใน สามารถทำได้โดยหมุนหมายเลข Trunk Line จากนั้น Operator ของผู้สาขาจะติดต่อไปยังหมายเลขภายในหรือติดต่อไปยังเลขหมายภายในโดยตรง (Direct In Dialing or DID) โดยไม่จำเป็นต้องผ่าน Operator ซึ่งขึ้นกับความสามารถของผู้สาขาโทรศัพท์

ในกรณีที่ Trunk Line มีจำนวนมาก ๆ เช่น 50 Trunks อาจก่อให้เกิดปัญหาการติดต่อระหว่างเลขหมายภายนอกกับเลขหมายภายใน เนื่องจากเมื่อหมุนหมายเลข Trunk Line ไม่ว่างก็จะต้องหมุนหมายเลขของ Trunk Line อีกต่อไปจนพบ Trunk Line ที่ว่าง ทำให้เสียเวลามาก โดยวิธีแก้ไขคือนำรวมหมายเลข Trunk Line เป็นหมายเลขเดียวเรียกว่า Pilot Number

เมื่อมีผู้เรียกเลขหมายจากภายนอกโทรมายัง Pilot Number ก็เท่ากับว่าได้โทรมายังหมายเลขของ Trunk Line ทั้งหมด ดังนั้น Pilot Number จึงเพิ่มความสะดวกและประหยัดเวลาในการติดต่อได้มาก และประโยชน์อีกอย่างหนึ่งที่นิยมใช้กันมากของผู้สาขา คือ มีบริการพิเศษให้กับเลขหมายภายในอย่างมากมาย ซึ่งการบริการพิเศษนี้ไม่จำเป็นต้องเพิ่มอุปกรณ์ทางด้าน Hardware แค่เพิ่มโปรแกรมทางด้าน Software เพียงอย่างเดียว

สิ่งสำคัญที่ผู้ใช้ควรทราบคือ ผู้ใช้จะใช้บริการพิเศษได้ก็ต่อเมื่อทำการโปรแกรมที่ผู้สาขาโทรศัพท์แล้วเท่านั้น

## 7.4 ส่วนประกอบที่สำคัญของระบบ PABX

7.4.1 กุ่สายเข้า (Service Entrance) คือ กุ่สายขององค์กรโทรศัพท์ที่เดินเข้ามาภายในอาคาร โดยที่การเดินสายอาจเดินลอยในอากาศหรือฝังดินก็ได้

7.4.2 ห้องควบคุม (Main Terminal Room) ห้องนี้เป็นห้องที่ใช้ติดตั้งอุปกรณ์ที่เป็นตัวเชื่อมต่อระหว่างสายขององค์กรโทรศัพท์และสายที่จะใช้งานภายในตัวอาคาร สำหรับระบบ PABX แล้ว ห้องนี้จำเป็นต้องมี และต้องออกแบบโดยคำนึงถึงการติดตั้งและการระบายความร้อนที่ดี

7.4.3 ระบบทางขึ้น (Riser Diagram) ระบบนี้เป็นการโยงสายจากห้องควบคุมเพื่อไปยังตู้โทรศัพท์และสายที่จะใช้งานภายในตัวอาคาร (Telephone Cabiner ; TCX) ของแต่ละชั้น ซึ่งจะติดตั้งอยู่ในทุก ๆ ชั้นของตัวอาคาร

7.4.4 ระบบแจกจ่าย (Distribution System) เป็นการโยงสายจากตู้โทรศัพท์ไปยังโทรศัพท์แต่ละเครื่อง

## 7.5 สรุปการออกแบบระบบโทรศัพท์

หลังจากสำรวจพื้นที่ในอาคารเรียบร้อยแล้ว เริ่มติดตั้งโดยการนำสาย Drop Wire จากองค์การโทรศัพท์ แล้วนำส่วนเฉพาะสายโทรศัพท์เข้าตู้ MDF ซึ่งจะถูกรวมด้วยระบบ PABX ที่เชื่อมต่อด้วยสาย TPEV จากนั้น ตู้ MDF จะเชื่อมต่อกับตู้ TC ซึ่งติดตั้งตามชั้นต่าง ๆ ในอาคารผ่านสาย TPEV จากนั้นใช้สายสัญญาณ TIEV เชื่อมต่อจากตู้ TC กระจายเข้าห้องต่าง ๆ ภายในอาคารแต่ละชั้น

## บทที่ 8

### ระบบโทรทัศน์วงจรปิด

#### 8.1 ความหมายของระบบโทรทัศน์วงจรปิด

ระบบโทรทัศน์วงจรปิด (Closed-Circuit Television) หรือระบบกล้องวงจรปิด เป็นระบบที่มีการบันทึกข้อมูลในรูปภาพนิ่งและภาพเคลื่อนไหว โดยการติดกล้องที่จุดต่าง ๆ และส่งข้อมูลกลับมายังส่วนที่รับภาพคือ จอภาพ (Monitor)

#### 8.2 องค์ประกอบในระบบโทรทัศน์วงจรปิด

8.2.1 กล้อง (Camera) ส่วนนี้ใช้ส่งสัญญาณภาพ แบ่งออกได้อีกหลายประเภทตามการใช้งาน

8.2.1.1 กล้องวงจรปิดมาตรฐาน (Standard Camera) ใช้ในการติดตั้งได้ในทุก ๆ สถานที่ ใช้สำหรับการป้องกันอาชญากรรมและใช้การตรวจสอบเหตุการณ์ต่าง ๆ ซึ่งกล้องวงจรปิดชนิดนี้ มีราคาไม่แพง ขึ้นอยู่กับรุ่นและความคมชัดของกล้องและกล้องวงจรปิดประเภทนี้ยังติดตั้งได้ง่ายและค่าบำรุงรักษาต่ำ

8.2.1.2 กล้องวงจรปิดอินฟราเรด (Weather Proof IR Camera) เป็นกล้องวงจรปิดที่ใช้งานได้ทั้งกลางวันและกลางคืนใช้สำหรับรักษาความปลอดภัยในพื้นที่สูงฝ้าระวังแจ้งเตือนที่ต้องเกิดขึ้นตลอดคืน ในเวลากลางวันตัวกล้องจะแสงภาพเป็นภาพสี ส่วนในเวลากลางคืนตัวกล้องวงจรปิดจะเปลี่ยนไปเป็นโหมดภาพขาว-ดำ อัตโนมัติ เหมาะกับการใช้งานในพื้นที่ที่มีแสงสว่างน้อยจนถึงมืด

8.2.1.3 กล้องวงจรปิดแบบโดม (Dome Camera) กล้องวงจรปิดแบบโดมถูกออกแบบมาให้มีความกะทัดรัด รูปทรงโดม ครึ่งวงกลม มีความสวยงาม เหมาะกับการติดตั้งภายในอาคารออฟฟิศสำนักงานต่าง ๆ กล้องรุ่นนี้นิยมติดตั้งบนฝ้าเพดานเป็นหลัก ไม่เหมาะกับการติดตั้งตามแนวกำแพง และไม่เหมาะกับการใช้ภายนอกอาคาร เพราะตัวกล้องวงจรปิดรุ่นนี้ไม่ได้ออกแบบมาให้กันน้ำ เมื่อติดตั้งกล้องวงจรปิดแบบโดมจะทำให้ไม่มีใครสังเกตเห็น เพราะขนาดที่กะทัดรัดกลมกลืนกับฝ้าเพดาน สถานที่ ๆ นิยมใช้งาน คือ โรงแรม คอนโด อาคารสำนักงาน และธนาคาร

8.2.1.4 กล้องวงจรปิดแบบ Bullet จะอยู่ในรูปทรงกระบอกยาวและใช้ในที่อยู่อาศัยเป็นสถานที่เชิงพาณิชย์ ตัวกล้องถูกออกแบบมาให้มีขนาดเล็ก โดยมีการออกแบบวงจรและ

ประสิทธิภาพสูงแม้ในตอนกลางคืน เพราะกล้องรุ่นนี้จะกินแสงต่ำและในงานภายนอกอาคารได้อีกด้วย ทนฝนและทนแดดได้ดี

8.2.1.5 กล้องวงจรปิดแบบแอบซ่อน (Hidden Camera) กล้องวงจรปิดแบบนี้ใช้สำหรับงานที่เป็นความลับและไม่ให้รู้ว่ามีกล้องว่ามีกล้องติดอยู่ กล้องวงจรปิดแบบแอบซ่อนส่วนใหญ่จะมีขนาดเล็กกะทัดรัด กล้องชนิดนี้เป็นที่นิยมใช้ในสถานที่ต่าง ๆ ที่ต้องการความปลอดภัย

8.2.1.6 กล้องวงจรปิดแบบซูมและหมุนได้ (Zoom Camera) ตัวกล้องวงจรปิดรุ่นนี้จะสามารถซูมและหมุนได้รอบทิศทาง สามารถควบคุมจากระยะไกลได้ และสามารถตั้งให้หมุนได้อัตโนมัติ ปัจจุบันกล้องชนิดนี้เรียกว่า Speed Dome

8.2.2 เลนส์ (Lens) แบ่งออกตามการ เปิดและปิด ม่านรับแสงที่เลนส์ มี 2 ชนิดคือ

8.2.2.1 การเปิดและปิดด้วยมือ (Manual Iris) ควบคุมการปรับขนาดของม่านแสง (Iris) และ เปิดกับปิด ขนาดของรูรับแสง (Aperture) ด้วยปุ่ม เปิดกับปิด

8.2.2.2 การเปิดและปิดอัตโนมัติ (Auto iris) เวลาปรับขนาดของม่านรับแสง จะทำงานร่วมกับการทำงานของกล้อง โดยตัวกล้องจะปรับขนาดการรับแสงอัตโนมัติ ขึ้นอยู่กับความเข้มของแสงที่เลนส์ได้รับ

8.2.3 เครื่องบันทึกภาพ (Digital Video Recorder: DVR) ทำหน้าที่บันทึกภาพจากกล้อง แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

8.2.3.1 เครื่องบันทึกภาพกล้องวงจรปิดระบบแอนะล็อก เป็นระบบแบบเก่าที่บันทึกภาพจากกล้องวงจรปิดลงม้วนวิดีโอเทป แต่ไม่ได้รับความนิยมแล้ว

8.2.3.2 เครื่องบันทึกภาพกล้องวงจรปิดระบบดิจิทัล แบ่งออกเป็น 2 ระบบ

8.2.3.2.1 Stand Alone DVR เป็นเครื่องบันทึกภาพแบบสำเร็จรูป เหมือนกับเครื่องบันทึกภาพระบบแอนะล็อก แต่เปลี่ยนจากบันทึกภาพลงวิดีโอเทปเป็น Hard Disk แทน

8.2.3.2.2 PC Base DVR เป็นเครื่องบันทึกภาพ ที่นำคอมพิวเตอร์เข้ามาควบคุมการทำงานและบันทึกภาพลงคอมพิวเตอร์

8.2.4 จอแสดงผล (Monitor) คือ ส่วนที่รับสัญญาณภาพจากกล้องวงจรปิด ซึ่งปัจจุบันนิยมใช้จอ LED, LCD หรือจอคอมพิวเตอร์

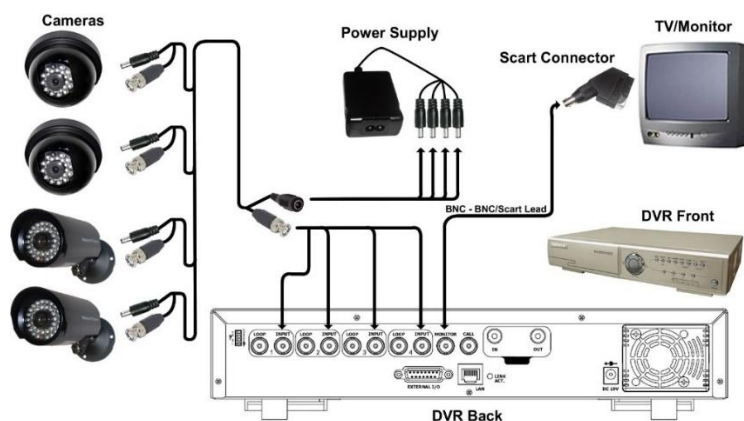
8.2.5 อุปกรณ์เสริม

8.2.5.1 ขาตั้งอุปกรณ์ สำหรับยึดตัวกล้อง

8.2.5.2 Housing เป็นอุปกรณ์สำหรับป้องกันกล้องและเลนส์

8.2.5.3 สายสัญญาณภาพ แบบ Coaxial





ภาพที่ 8-1 แสดงองค์ประกอบของระบบโทรทัศน์วงจรปิด

### 8.3 การเลือกโทรทัศน์วงจรปิด

พิจารณาจากหลายปัจจัยโดยแบ่งออกเป็น

8.3.1 ความละเอียดของสัญญาณภาพ ยิ่งมีค่ามากแสดงว่ามีความละเอียดมาก

8.3.2 ชนิดของเลนส์ ซึ่งแบ่งออกเป็น

8.3.2.1 Charge Couple Device: CCD หลักการทำงาน คือ จะรับแสงด้วยอุปกรณ์รับแสง จากนั้นจะแปลงเป็นประจุแล้วเก็บสะสมไว้ช่วงเวลาหนึ่งและค่อยส่งออก Output เลนส์ชนิดนี้คุณภาพของและภาพอายุการใช้งานดีกว่าแบบ CMOS แต่ราคาแพงกว่า ปัจจุบันนิยมใช้เลนส์ชนิดนี้มากที่สุด

8.3.2.2 Complementary Metal Oxide Semiconductor: CMOS จะไม่ใช้การสะสมประจุเพราะมีที่รับภาพแทน การทำงานคือจะแปลงสัญญาณและส่งออกผ่านทางที่รับภาพทันที ดีกว่าแบบ CCD ทุกอย่าง ยกเว้นราคาซึ่งถูกกว่า

8.3.3 ความไว Shutter ยิ่งมีค่ามาก ยิ่งสามารถจับภาพการเคลื่อนไหวที่มีความเร็วมากขึ้น

8.3.4 Signal to Noise Ratio เป็นค่าอัตราส่วนของความแรงของสัญญาณภาพเมื่อเทียบกับสัญญาณรบกวนมีหน่วยเป็น dB ยิ่งมีค่ามากยิ่งดี

8.3.5 Dynamic Range เป็นค่าที่บอกว่ากล้อง สามารถใช้กับทุกสถานะแสงสว่างได้หรือไม่ ค่า Dynamic Range ควรจะมีค่ากว้าง ๆ ซึ่งจะครอบคลุมตั้งแต่ระดับแสงน้อย ๆ จนถึงระดับที่สว่างมาก

8.3.6 รูปแบบการเปิดและปิด ของช่องรับแสง (Iris Control) มีผลต่อความสว่างของภาพ ถ้าเปิดช่องรับแสงมากเกินไป ความคมชัดจะน้อยลง แต่ถ้าเปิดช่องรับแสงน้อยไปภาพจะมีมืดแทน ดังนั้นควรเลือกกล้องแบบ Auto Iris เพราะจะได้ภาพที่มีความสว่างสม่ำเสมอ

8.3.7 ความสามารถในการจับภาพในสถานะที่มีแสงน้อย

#### 8.4 การออกแบบระบบโทรทัศน์วงจรปิด

หลังจากเลือกจะใช้โทรทัศน์วงจรปิดประเภทไหนแล้ว ต่อไปคือการติดตั้งระบบโทรทัศน์วงจรปิด ซึ่งจุดประสงค์ที่ใช้ระบบนี้ในโครงการเพื่อ การรักษาความปลอดภัยของอาคาร การเดินสายสัญญาณของระบบนี้สามารถแบ่งได้ 2 ประเภท คือ

8.4.1 ภายในอาคาร การเดินสายสัญญาณก็จะเน้นความสวยงามและเรียบร้อยเป็นหลักซึ่งต้องมีการรวบรวมสายสัญญาณผ่านท่อและเดินท่อให้เรียบร้อย

8.4.2 ภายนอกอาคาร การเดินสายสัญญาณควรจะเน้นวัสดุที่มีความทนทานมากกว่าภายในอาคาร และต้องเน้นเรื่องความสวยงามและเรียบร้อยเป็นสำคัญ

#### 8.5 สรุปการออกแบบระบบโทรทัศน์วงจรปิด

หลังจากสำรวจอาคารเรียบร้อยแล้ว เลือกใช้กล้องวงจรปิดสองแบบ ยี่ห้อ Panasonic โดยใช้กล้องวงจรปิด Day/Night Fixed Dome Camera รุ่น WV-CF634 เป็นกล้องวงจรปิดภายในอาคาร และใช้ กล้องวงจรปิด Fixed Analogue Dome Camera รุ่น WV-CW324L เป็นกล้องวงจรปิดทั้งภายในและภายนอกอาคาร หลังจากติดตั้งกล้องตามจุดต่าง ๆ แล้ว ตากสายสัญญาณ RG6 จากกล้องวงจรปิดเข้าเครื่อง DVR ที่ใช้บันทึกภาพจากกล้อง ส่วนเครื่อง DVR ก็จะเชื่อมต่อที่คอมพิวเตอร์ เพื่อที่จะดูภาพที่กล้องวงจรปิดบันทึกเอาไว้

## บทที่ 9

### ระบบควบคุมการเข้า-ออกอาคาร

ระบบควบคุมการเข้า-ออก (Access Control System) เป็นระบบที่ควบคุมการเข้าหรือออกได้อัตโนมัติ ด้วยการใช้บัตรกับชุดอ่านข้อมูลมาเป็นอุปกรณ์สำหรับใช้เข้า-ออก โดยที่อุปกรณ์ควบคุมจะมีส่วนประกอบด้วยกัน 2 ส่วน คือ ส่วนที่ควบคุมการทำงาน และในส่วนของหัวอ่านบัตร โดยเครื่องควบคุมการทำงานจะตรวจสอบเอกลักษณ์ของผู้ที่จะผ่านเข้า-ออกโดยใช้บัตรเป็นเครื่องยืนยันเอกลักษณ์ เมื่อสามารถยืนยันเอกลักษณ์ได้แล้ว เครื่องควบคุมการทำงานจะส่งคำสั่งให้กับอุปกรณ์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องให้ทำงาน เช่น เปิดประตูอัตโนมัติ แต่ถ้าไม่สามารถยืนยันได้อุปกรณ์ต่างๆ ก็จะไม่อนุญาตให้ผู้เข้า-ออกได้

#### 9.1 ส่วนประกอบของระบบควบคุมการเข้า-ออก

9.1.1 อุปกรณ์อ่านข้อมูล (Reader Unit) เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่รับข้อมูลจากสื่อของผู้เข้า-ออก และส่งข้อมูลไปที่ชุดควบคุมการทำงาน

9.1.2 อุปกรณ์ควบคุมการทำงาน (Controller Unit) ต่อกับส่วนของเครื่องอ่านข้อมูลเพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์อื่น ๆ

9.1.3 อุปกรณ์ล็อกไฟฟ้า (Electric Lock) มีทั้งหมด 3 ประเภทคือ

9.1.3.1 Electromagnetic Lock นิยมใช้กับประตูโดยทั่วไปที่มีวงกบ

9.1.3.2 Electric Strikes Lock นิยมใช้กับประตูที่เป็นกระจกแบบเลื่อน

9.1.3.3 Electric Drop Bolt Lock เหมือนตัวล็อกของลูกบิดประตูทั่วไปเพียงแต่ใช้ไฟฟ้าในการทำงานแทนการใช้มือหมุนหรือโยก

9.1.4 ตู้จ่ายไฟเลี้ยงและแบตเตอรี่สำรองไฟฟ้า (Power Supply with Battery) ทำหน้าที่จ่ายกระแสไฟฟ้าเลี้ยงอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อในระบบทั้งหมด

9.1.5 ปุ่มกดออก (Exit Switch) สำหรับใช้เปิดล็อกประตูจากภายในอาคารมีแบบ พลาสติกและสแตนเลส

9.1.6 อุปกรณ์ตรวจจับที่ประตู (Door Sensor) มีไว้แจ้งเตือนกรณีที่มีการเปิดประตูที่ติดอุปกรณ์ล็อกไฟฟ้าด้วยวิธีการตัดสายของอุปกรณ์ล็อกหรือพังประตู

9.1.7 อุปกรณ์ส่งเสียงร้อง (Buzzer) มีไว้แจ้งเตือนกรณีที่มีการเปิดประตูค้างนานกว่าเวลาที่

กำหนดไว้หรือมีการแจ้งเตือนจากอุปกรณ์ตรวจจับที่ประตู

9.1.8 อุปกรณ์ตัดไฟฟ้าฉุกเฉิน (Break Glass) ใช้ตัดกระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้กับอุปกรณ์ล็อกไฟฟ้าเพื่อเปิดประตู กรณีเกิดเหตุฉุกเฉินขึ้นภายในอาคาร

9.1.9 คีย์สวิตช์ตัดกระแสไฟฟ้า (Key Switch) ใช้ตัดกระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้กับอุปกรณ์ล็อกไฟฟ้าเพื่อเปิดประตู กรณีที่ต้องการเปิดประตูที่มีอุปกรณ์เครื่องล็อกไฟฟ้าค้างเพื่อขนของหรืออื่นๆ

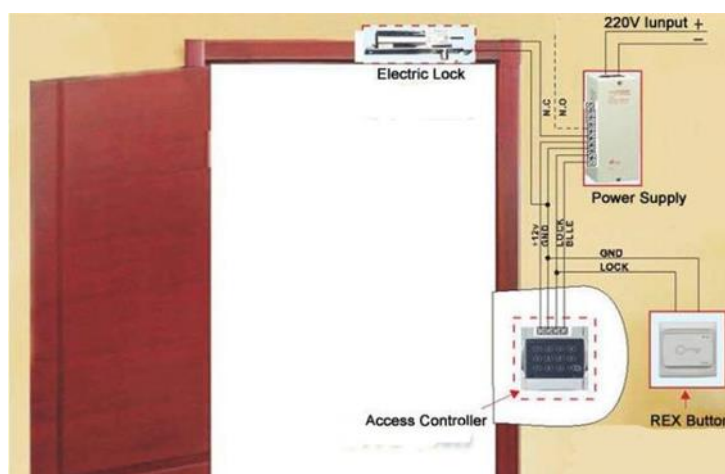
9.1.10 อุปกรณ์ที่ใช้ทาบบัตรเข้า-ออก มีให้เลือก 4 แบบ คือ

9.1.10.1 บัตร ID Card แบบหนา

9.1.10.2 บัตร ID Card แบบบาง

9.1.10.3 บัตร Mifare Card แบบบาง

9.1.10.4 อุปกรณ์ ID Tag แบบพวงกุญแจ



ภาพที่ 9-1 แสดงระบบการควบคุมการผ่านเข้าและออก

## บทที่ 10

### ระบบลิฟต์

ลิฟต์เป็นพาหนะชนิดหนึ่งที่จะช่วยเคลื่อนย้ายสิ่งของหรือบุคคลในแนวดิ่ง เพื่อเป็นการประหยัดเวลาและสะดวกสบายในการเคลื่อนย้าย ซึ่งการออกแบบลิฟต์ต้องคำนึงถึงหลาย ๆ ปัจจัยในการออกแบบ เพื่อเลือกลิฟต์ที่เหมาะสมกับสถานที่นั้น ๆ เช่น ต้องการใช้เคลื่อนย้ายอะไร เพื่อที่จะเลือกขนาดของลิฟต์ให้เหมาะสม หรือ ความสูงของอาคารซึ่งมีผลต่อการเลือกลิฟต์ที่มีความเร็วแตกต่างกัน

#### 10.1 ประเภทของลิฟต์

10.1.1 ลิฟต์โดยสาร เป็นลิฟต์แบบมาตรฐาน ไม่มีการจำกัดจำนวนชั้น เหมาะสำหรับที่อยู่อาศัยและอาคารสำนักงาน มีขนาดตั้งแต่ 6 คน/450 กก., 8 คน/550 กก., 9 คน/600 กก. จนถึง 24 คน/1600 กก.

ลิฟต์โดยสารแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ

10.1.1.1 ลิฟต์โดยสารแบบมีห้องเครื่อง เหมาะสำหรับอาคารที่มีพื้นที่เพียงพอที่จะติดตั้งลิฟต์ได้ และห้องเครื่องส่วนใหญ่จะถูกติดตั้งไว้ชั้นบนสุดของอาคาร

10.1.1.2 ลิฟต์โดยสารแบบไม่มีห้องเครื่อง เหมาะสำหรับอาคารที่ไม่ได้ถูกออกแบบมาเพื่อติดตั้งลิฟต์

10.1.2 ลิฟต์โดยสารกึ่งส่งสินค้า เป็นลิฟต์ที่สามารถโดยสารและบรรทุกสินค้าได้ คล้ายกับลิฟต์เดียวแต่สามารถเลือกขนาดกาน้ำหนักของลิฟต์ได้มากกว่า มีขนาดประตูที่กว้างกว่าลิฟต์โดยสาร เหมาะสำหรับเคลื่อนย้ายสินค้าขนาดใหญ่ นิยมใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม

10.1.3 ลิฟต์ส่งสินค้า/ลิฟต์บรรทุก ลิฟต์ชนิดนี้ไม่สามารถโดยสารได้ มีให้เลือกหลากหลายรูปแบบในส่วนของคุณลักษณะและน้ำหนักที่สามารถบรรทุกได้ เหมาะสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมเพื่อขนส่งสินค้าที่มีน้ำหนักมาก

10.1.4 ลิฟต์อาหาร/ลิฟต์ส่งเอกสาร ลิฟต์ชนิดนี้ไม่สามารถโดยสารได้ มีขนาดเล็ก บรรทุกน้ำหนักได้ไม่เกิน 500 กก. เหมาะสำหรับร้านอาหาร โรงพยาบาล โรงแรม

10.1.5 ลิฟต์เตียง/ลิฟต์โดยสารสำหรับขนย้ายผู้ป่วยในโรงพยาบาล เป็นลิฟต์แบบมาตรฐาน

มีหลายขนาด มีความเร็วที่ช้าเพื่อไม่ให้เกิดการกระกระเทือนต่อผู้ป่วย มีลักษณะพิเศษคือมีด้านลึกยาวกว่าด้านกว้างของประตูลิฟต์ แผงปุ่มกดจะติดตั้งไว้ในระดับต่ำ เป็นต้น

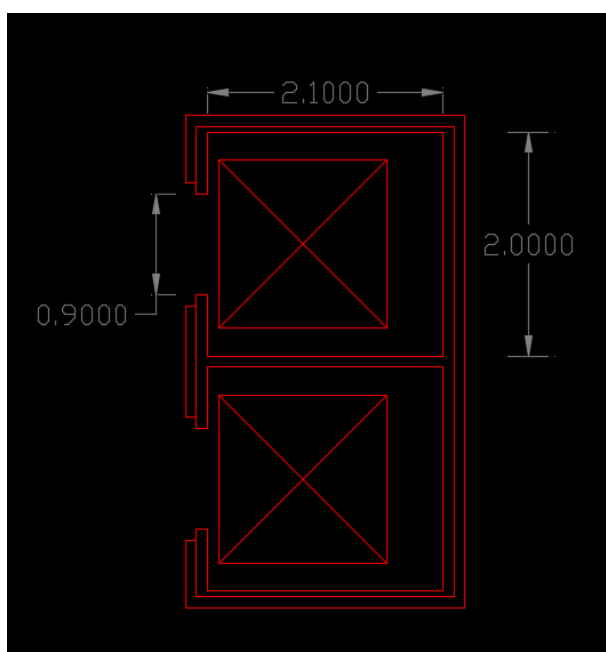
10.1.6 ลิฟท์บ้าน เป็นลิฟท์ขนาดเล็กเหมาะสำหรับติดตั้งในบ้าน เหมาะสำหรับผู้สูงอายุหรือผู้ที่ใช้รถเข็น มีความเร็วต่ำและสามารถติดตั้งภายนอกอาคารได้

## 10.2 ขั้นตอนการออกแบบระบบลิฟท์

- ศึกษาโครงสร้างของอาคาร
- เลือกความเร็วลิฟท์
- เลือกขนาดช่องและขนาดห้องลิฟท์
- คำนวณหาขนาดสายไฟ

## 10.3 ศึกษาโครงสร้างของอาคาร

คอนโดขนาด 8 ชั้น สูง 32 เมตร



ภาพที่ 10-1 ภาพแสดงขนาดห้องลิฟท์และความกว้างของประตูทางเข้าของลิฟท์

จากการศึกษาอาคารพบว่ามีช่องลิฟท์ 2 ช่อง ใช้ลิฟท์โดยสารทั้งหมด

## 10.4 ความเร็วของลิฟต์

ตารางที่ 10-1 ตารางแสดงความเร็วของลิฟต์ต่อจำนวนชั้นของอาคาร

จำนวนชั้น	ความเร็วลิฟต์ (เมตร/นาที)
4 ชั้น	45 – 60
6 ชั้น	60 – 90
9 ชั้น	90 – 105
10 ชั้น	105 – 120
20 ชั้น	120 – 150
30 ชั้น	150 – 210
40 ชั้น	210 – 360
50 ชั้น	360 – 420
60 ชั้น	420 – 600

จากตารางที่ 10-1 ได้เลือกความเร็วลิฟต์ที่ความเร็ว 90-105 เมตร/นาที เนื่องจากอาคารที่ออกแบบนั้นมีจำนวน 8 ชั้น

## 10.5 เลือกขนาดช่องลิฟต์

GB7588									
Code number	Number of persons	Rated capacity (kg)	Rated speed (m/sec)	Door type	Entrance width (mm) JJ	Car internal dimensions (mm) AA×BB	Counter-weight position	Minimum hoistway dimensions (mm) AH×BH/car	Minimum machine room dimensions (mm) AM×BM/car
P10	10	750	1.0 1.6 1.75 2.0 2.5	CO	900	1400×1300	Rear	1950×1880	1970×1880
P11	11	825				Side	2190×1680	2190×1900	
						Rear	1950×1930	1970×1930	
P12	12	900				Side	2210×1700	2210×1900	
						Rear	2000×1910	2000×1910	
P14	14	1050			Side	2410×1690	2410×1900		
					Rear	2000×1980	2000×1980		
				Side	2410×1740	2410×1910			
				Rear	2200×1930	2200×1930			
P16	16	1200		CO	1000	1800×1350	Side	2610×1700	2610×1900
						Rear	2000×2080	2000×2080	
				ZS	900	Side	2410×1840	2410×1960	
Side	1910×2510	1910×2510							
P17	17	1275		CO	1100	1800×1500	Rear	2200×2130	2200×2130
						Side	2620×1840	2620×1990	
				ZS	1000	Rear	2400×1980	2400×1980	
			Side			2820×1700	2820×1930		
P18	18	1350	CO	1100	2000×1400	Rear	2400×2030	2400×2030	
					Side	2820×1740	2820×1940		
			ZS	1000	Side	2020×2680	2020×2680		
					Rear	2400×2130	2400×2130		
P18	18	1350	CO	1000	1800×1680	Side	2820×1840	2820×1990	
					Rear	2200×2310	2200×2310		
						Side	2620×2020	2620×2080	

ภาพที่ 10-2 แสดงขนาดของลิฟต์

จากภาพที่ 10-2 พบว่าขนาดความกว้างของประตูทางเข้าลิฟท์ มีความกว้าง 0.9m ขนาดช่องลิฟท์มีความกว้าง 2m ความยาว 2.1m

## 10.6 การคำนวณหาขนาดสายไฟ

จากมาตรฐาน วสท. กำหนดไว้ว่าสายไฟที่ใช้เดินในห้องลิฟท์ต้องเป็นสายไฟที่มีฉนวนด้านเปลวไฟและความชื้น ดังนั้นจึงเลือกสายไฟทองแดงหุ้มฉนวนครอสลิงค์โพลีเอททิลีน (XLPE) เดินในท่อหน้าตัดกลม (Conduct) ติดตั้งบนผนังหรือเพดาน ท่อละไม่เกิน 1 วงจร อุณหภูมิแวดล้อมไม่เกิน 40 องศา แรงดันตกคร่อมในสายจาก SDB ถึงโหลดมีค่าไม่เกิน 3 % pf = 0.7

ลิฟต์โดยสาร Mitsubishi NEXIEZ-MR รุ่น GB7588 P18 ขนาด 18 kW

$$\begin{aligned} \text{จากสมการ} \quad I &= \frac{P}{\sqrt{3} \times U \times \text{pf}} \\ I &= \frac{18 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 400 \times 0.7} = 37.11 \text{ A} \\ \text{และ} \quad I_{\text{table}} &= \frac{I_{\text{rated}}}{f_{\text{temp}} \times f_{\text{circuit}}} \\ I_{\text{table}} &= \frac{37.11 \times 1.25}{1 \times 1} = 46.38 \text{ A} \end{aligned}$$

จากค่า  $I_{\text{table}}$  (ติดตั้งวิธี 2.1) จะได้ขนาดสาย 16 mm<sup>2</sup> สามารถทนกระแสได้ 62 A ระยะสายไฟจากตัวมอเตอร์ของลิฟท์ถึง SDB-01 มีค่าเท่ากับ 53 m

$$\begin{aligned} \text{จากสมการ} \quad R_1 &= \frac{1 \times R}{1000} \\ R_1 &= \frac{53 \times 1.163}{1000} \\ R_1 &= 0.06164 \Omega \\ \text{และ} \quad X_1 &= \frac{0.09 \times 53}{1000} \\ X_1 &= 0.00477 \Omega \end{aligned}$$

ถ้า power factor = 0.7 จะได้  $\cos \theta = 0.7$  และ  $\sin \theta = 0.71$

$$\begin{aligned} \text{จากสมการ} \quad \Delta u_{3\phi} &= \frac{100 \times \sqrt{3} \times I_1 (R_1 \cos \theta + X_1 \sin \theta)}{U_N} \\ \Delta u_{3\phi} &= \frac{100 \times \sqrt{3} \times 37.11 ((0.06164 \times 0.7) + (0.00477 \times 0.71))}{380} \\ \Delta u_{3\phi} &= 0.787 \% \end{aligned}$$



$\Delta u_{30}$  จาก SDB-01 ถึงโหลดไม่เกิน 3% จึงสามารถใช้งานสายขนาด 3x16/16/16 mm<sup>2</sup>

เนื่องจากการออกแบบระบบป้องกันไม่สามารถเลือกค่าเซอร์กิตเบรกเกอร์ได้จึงเพิ่มขนาดสายเป็นขนาด 3x16/16/16 mm<sup>2</sup> เพื่อใช้งานให้เกิดประสิทธิภาพต่อไป

## บทที่ 11

### ระบบเครื่องสูบน้ำ

เครื่องสูบน้ำเป็นอุปกรณ์สำหรับส่งของเหลวจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง หรือใช้ผสมของเหลว โดยการหมุนเวียนน้ำในบริเวณจำกัด เป็นอุปกรณ์สำคัญตามที่พักอาศัย ช่วยอำนวยความสะดวกในการส่งน้ำให้เร็วขึ้น และจำเป็นอย่างยิ่งในอาคารสูง ที่ซึ่งด้วยการไหลของน้ำโดยปกติ ไม่สามารถส่งขึ้นไปยังชั้นที่สูงมาก ๆ ได้

ก่อนที่จะเลือกเครื่องสูบน้ำนั้น ควรที่จะทราบก่อนว่า ระบบการจ่ายน้ำประปาภายในอาคารนั้น คืออะไร และมีอะไรบ้าง ซึ่งจะกล่าวถึงในหัวข้อถัดไป

#### 11.1 ระบบจ่ายน้ำประปาภายในอาคาร

ระบบท่อประปาที่ดีควรที่จะเดินท่อให้สั้นที่สุด และเดินท่อให้มีความวบซ้อนให้น้อยที่สุด และอยู่ในตำแหน่งที่สามารถซ่อมบำรุงได้ง่าย

ระบบจ่ายน้ำประปาภายในอาคารสามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ

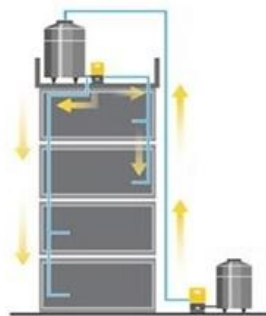
11.1.1 ระบบจ่ายน้ำประปาขึ้น (Up-feed Distribution System)

11.1.2 ระบบจ่ายน้ำประปาลง (Down-feed Distribution System)

11.1.3 ระบบจ่ายน้ำประปาแบบผสม (Up and Down feed Distribution System)

อาคารที่ทำการออกแบบนั้นมีถึงเก็บน้ำอยู่ที่ชั้นบนสุดของอาคาร ดังนั้นจึงเลือกระบบจ่ายน้ำประปา

ระบบจ่ายน้ำประปาลง คือ ระบบที่จ่ายน้ำประปาจากชั้นบนสุดลงไปที่ชั้นล่าง หลักการจ่ายของระบบจ่ายน้ำประปาลงคือ น้ำประปาไหลจากด้านล่างเข้าสู่ถังเก็บน้ำบนอาคาร โดยใช้เครื่องสูบน้ำ สูบน้ำไปเก็บข้างบน ระบบนี้นิยมใช้กับอาคารสูง 3 ชั้นขึ้นไป



ภาพที่ 11-1 ระบบจ่ายน้ำลง (Down feed distribution system)

## 11.2 ประเภทของเครื่องสูบน้ำ

เครื่องสูบน้ำ ในปัจจุบันมีหลายชนิดขึ้นอยู่กับโครงสร้าง และส่วนประกอบของเครื่องสูบน้ำ แบ่งออกได้เป็น 4 แบบดังนี้

11.2.1 แบบหอยโข่ง (Centrifugal)

11.2.2 แบบโรตารี (Rotary)

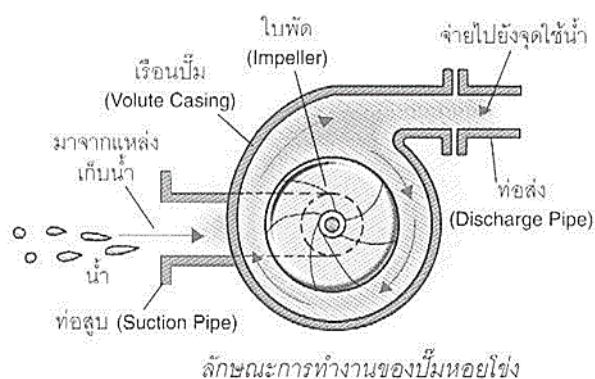
11.2.3 แบบลูกสูบชัก (Reciprocationg)

11.2.4 แบบพิเศษ (Special)

ผู้จัดทำได้เลือกใช้เครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่ง เพราะมีความทนทานสูง ดูแลรักษาง่าย มีช่วงการทำงานที่กว้าง

## 11.3 เครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่ง

พลังงานจะเข้าสู่เครื่องสูบน้ำโดยผ่านเพลาลูกเบี้ยวซึ่งมีใบพัดติดอยู่ เมื่อใบพัดหมุนของเหลวภายในเครื่องสูบน้ำจะไหลจากส่วนกลางของใบพัดไปสู่ส่วนปลายของใบพัด (Vane) จากการกระทำของแรงเหวี่ยงจากแผ่นใบพัดนี้จะทำให้เกิดความดัน (Pressure Head) ของเหลวเพิ่มขึ้น เมื่อของเหลวได้รับความเร่งจากแผ่นใบพัดก็จะทำให้มีความเร็วสูงขึ้น ส่งผลให้ของเหลวไหลจากปลายของใบพัดเข้าสู่เสื้อเครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่ง แล้วออกไปสู่ทางออกของเครื่องสูบน้ำในขณะเดียวกันก็เปลี่ยนจากความเร็วเป็นความดัน ดังนั้นชุดที่ให้แกของเหลวต่อหนึ่งหน่วยความหนักเรียกว่า ชุดรวมของเครื่องสูบน้ำ



ภาพที่ 11-2 แสดงหลักการทำงานของเครื่องสูบน้ำแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง

#### 11.4 การประมาณอัตราความต้องการน้ำสูงสุด

ในการประมาณอัตราความต้องการน้ำในระบบท่อมักจะเทียบอัตราความต้องการน้ำของเครื่องสุขภัณฑ์เป็นหน่วยเปรียบเทียบเรียกว่า Fixture unit (FU) โดยคำนึงถึงอัตราการไหลและความถี่ในการใช้งานของแต่ละเครื่องสุขภัณฑ์ประกอบกัน โดยอ่างล้างมือ ซึ่งติดตั้งอยู่ในที่สาธารณะย่อมจะมีจำนวนหน่วยสุขภัณฑ์มากกว่าอ่างล้างมือซึ่งติดตั้งในห้องน้ำส่วนตัว

ตารางที่ 11-1 ตารางแสดงการประมาณความต้องการน้ำประปาคิดเป็นหน่วยสุขภัณฑ์

สุขภัณฑ์	ลักษณะการใช้งาน	FU
ส้วม	สาธารณะ	10
อ่างล้าง	สาธารณะ	4
โถปัสสาวะ	สาธารณะ	10
ฝักบัว	สาธารณะ	4

#### 11.5 ขั้นตอนการออกแบบระบบสูบน้ำ

##### 11.5.1 คำนวณถังเก็บน้ำที่เลือกใช้

##### 11.5.2 หาค่าประมาณอัตราความต้องการน้ำสูงสุด

ตารางที่ 11-2 ตารางแสดงขนาดของถังเก็บน้ำชั้นบน และชั้นล่าง

หน่วย	ถังเก็บน้ำชั้นล่าง	ถังเก็บน้ำชั้นบน
กว้าง (เมตร)	5.24	4.2
ยาว (เมตร)	6.275	4.785
สูง (เมตร)	2.7	2
ปริมาตร (ลบ.ม.)	88.7787	40.194
ปริมาตร (ลิตร)	88,778.7	40,194

ตารางที่ 11-3 ตารางแสดงความต้องการน้ำประปาในคอนโดมิเนียม

สุขภัณฑ์	ลักษณะการใช้งาน	FU	จำนวน	FU TOTAL
ส้วม	สาธารณะ	10	82	820
อ่างล้าง	สาธารณะ	4	82	328
โถปัสสาวะ	สาธารณะ	10	40	400
ฝักบัว	สาธารณะ	4	82	12
รวม		28	256	1876

ตารางที่ 11-4 ตารางแสดงค่า Office building water factor

FU	Hunter , gpm	percent	Adjusted , gpm
601-900	195	75	145
901-1200	235	64	150
1201-1500	270	63	170
1501-2000	330	61	200

### 11.5.3 คำนวณหาอัตราการไหล และหาขนาดเครื่องสูบน้ำที่เหมาะสมต่อการใช้งานในอาคาร

จากตาราง 11-3 ความต้องการน้ำประปาในอาคารทั้งหมด (FU) = 1876

จากตาราง 11-4 อัตราการใช้น้ำสูงสุดในอาคารอยู่ที่ 200 แกลลอน/นาที่ หรือประมาณ 768 ลิตร/นาที่

ขนาดถังน้ำด้านบนมีปริมาตรเท่ากับ 40,194 ลิตร

กำหนดให้

อัตราการไหล เท่ากับ 800 ลิตร/นาที่

เครื่องสูบน้ำทำงานเมื่อน้ำในถังที่เก็บน้ำลดลงไปจนเหลือ 25 %

$$\begin{aligned} \text{เครื่องสูบน้ำสามารถสูบน้ำจนเต็มถังในเวลา} &= \frac{40194 \times (1 - 0.25)}{800} \\ &= 37.68 \text{ นาที่} \end{aligned}$$

### 11.6 การคำนวณหา head pump

การออกแบบเครื่องสูบน้ำนอกจากการพิจารณาอัตราไหลของน้ำ จะต้องคำนึงถึงเสื่อน้ำที่ปั๊มต้องสามารถทำได้ โดยเสื่อน้ำนั้นจะขึ้นอยู่กับตัวแปรต่าง ๆ ดังนี้

ความยาวท่อน้ำในแนวดิ่งและแนวราบ

ความเสียดทานในท่อที่เกิดจาก ขนาดท่อ ความยาว จำนวนข้อต่อ จำนวนข้องอ

$$\text{จาก Quantity} = \frac{800 \times 60}{1000} = 48 \text{ ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง} = 0.013 \text{ ลูกบาศก์เมตร/วินาที}$$

เลือกใช้ท่อน้ำ PVC ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว (เส้นผ่านศูนย์กลางข้างใน = 0.1016 เมตร)

ความยาวท่อน้ำในแนวดิ่ง = 32 เมตร

ความยาวของท่อทั้งหมด = 92 เมตร

ข้อต่อเรียบ 90° จำนวน 12 ตัว

สูตรหา Friction coefficient of circular pipe, laminar flow

$$f = \frac{64}{R_e} = \frac{64}{\rho V D / \mu} \quad (11-1)$$

$$\text{โดยที่ } \rho = 997 \text{ kg / m}^3$$

$$D = 0.1016 \text{ m}$$

$$\mu = 0.891 \times 10^{-3} \text{ kg / m} \cdot \text{s (Water at 25}^\circ\text{)}$$

แทนค่าลงในสมการที่ 11-1 จะได้

$$f = \frac{5.62948 \times 10^{-4} \text{ (m / s)}}{V \text{ (m / s)}}$$

หา The system involve pump, Energy

$$h_{\text{pump}} = (z_2 - z_1) + h_{\text{major loss}} + h_{\text{minor loss}}$$

$$h_{\text{pump}} = (z_2 - z_1) + \left( f \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g} \right) \quad (11-2)$$

$$V = \frac{Q \text{ (m}^3 \text{ / s)}}{A \text{ (m}^2 \text{)}} = \frac{Q \text{ (m}^3 \text{ / s)}}{\pi r^2 \text{ (m}^2 \text{)}} \quad (11-3)$$

โดยที่  $(z_2 - z_1)$  คือ ความสูงของท่อ

$L$  คือ ความยาวของท่อทั้งหมด

$D$  คือ เส้นผ่านศูนย์กลางภายในของท่อ

$g$  คือ ค่าแรงโน้มถ่วงโลก มีค่าเท่ากับ  $9.81 \text{ m / s}^2$

$K_{\text{elbow } 90^\circ}$  ค่าคงที่ของข้อต่อท่อแบบเรียบงอ 90 องศา มีค่าเท่ากับ 0.2

$V$  คือ ความเร็วของน้ำที่ไหลในท่อ

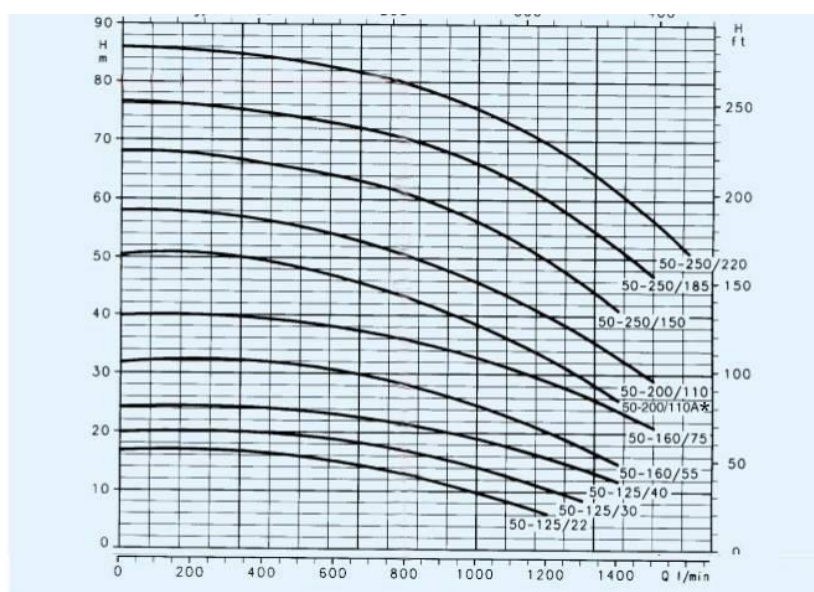
จากสมการที่ 11-3 เมื่อแทนค่า  $Q = 0.013$  ลูกบาศก์เมตร/วินาที  $r = 0.0508$  ตารางเมตร จะได้ความเร็วของน้ำที่ไหลในท่อ PVC เท่ากับ 1.60348 เมตร/วินาที ในการออกแบบเลือกพิจารณาให้ความเร็วของน้ำที่ไหลในท่อมีน้อยกว่า 2 เมตร/วินาที เพื่อให้ไม่เกิดเสียงดังจากการไหลของน้ำ เมื่อแทนค่าตัวแปรทั้งหมดลงในสมการที่ 11-2 จะได้

$$h_{\text{pump}} = 32.356 \text{ m}$$

ดังนั้นจึงต้องเลือกเครื่องสูบน้ำที่มี HEAD สูงกว่า 32 เมตร

### 11.7 การเลือกขนาดของเครื่องสูบน้ำ

เครื่องสูบน้ำจะทำหน้าที่สูบน้ำจากถังน้ำที่อยู่ชั้นใต้ดิน ไปยังถังเก็บน้ำที่อยู่บนชั้นหลังคาโดยเครื่องสูบน้ำที่เลือกใช้เป็นเครื่องสูบน้ำยี่ห้อ LOWARA ซึ่งเลือกขนาดจากความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับ HEAD ของเครื่องสูบน้ำ จากการคำนวณจะต้องเลือกเครื่องสูบน้ำที่มี HEAD สูงกว่า 32 เมตร ในการออกแบบนี้จึงเลือก H เท่ากับ 40 เมตรและใช้อัตราการไหลของน้ำเท่ากับ 800 ลิตรต่อนาที ดังภาพที่ 11-3



ภาพที่ 11-3 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของน้ำ ความสูง และรุ่นของเครื่องสูบน้ำ

ดังนั้นจึงเลือกเครื่องสูบน้ำยี่ห้อ LOWARA รุ่น 50-200/110 มีพิกัดดังต่อไปนี้

แรงดัน 400 V

ความถี่ 50 Hz

Power factor 0.84

Efficiency 90 %

11 kW

การคำนวณหาขนาดสายไฟ

กำหนดให้

ใช้สายหุ้มฉนวน THW เดินในท่อหน้าตัดกลม ท่อละ 1 วงจร ติดตั้งห่างจากผนัง พื้นไม่เกิน 0.3 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ 0.84



ติดตั้งที่อุณหภูมิแวดล้อม 40 องศา

แรงดันตกคร่อมในสายจาก SDB-00 ถึงปั๊มน้ำ ที่อุณหภูมิ 40 องศา ไม่เกิน 1 เปอร์เซ็นต์

$$\begin{aligned} I_{load} &= \frac{P}{\sqrt{3} \times pf \times \eta \times U} \\ \text{จาก} \quad &= \frac{11000}{\sqrt{3} \times 0.84 \times 0.9 \times 400} \\ &= 21.0015 \text{ A} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{table} &= \frac{I_{rated}}{f_{temp} \times f_{circuit}} \\ \text{จาก} \quad &= \frac{21.0015 \times 1.25}{1 \times 1} \\ &= 26.252 \text{ A} \end{aligned}$$

เลือกสายไฟขนาด  $10 \text{ mm}^2$

การคำนวณหาแรงดันตกคร่อมในสาย

ความยาวโดยประมาณจากตู้ SDB-01 ถึง เครื่องสูบน้ำ เท่ากับ 60 เมตร

$$\Delta u_{3\phi} = \frac{100\sqrt{3}I_l(R_l \cos \theta + X_l \sin \theta)}{U_N}$$

จาก

$$\begin{aligned} \text{โดย} \quad R_l &= \frac{60}{53.8 \times 10} = 0.111524 \Omega \\ X_l &= \frac{0.094 \times 60}{1000} = 5.64 \times 10^{-3} \Omega \end{aligned}$$

กำหนดให้  $\cos \theta = 0.84$

$$\begin{aligned} \Delta u_{3\phi} &= \frac{100\sqrt{3}I_l(R_l \cos \theta + X_l \sin \theta)}{U_N} \\ &= \frac{100\sqrt{3} \times 26.252((0.111524 \times 0.84) + (5.64 \times 10^{-3} \times 0.5425))}{400} \\ &= 1.135 \% \end{aligned}$$

ดังนั้นสายไฟขนาด  $3 \times 10/10/10 \text{ mm}^2$  ไม่สามารถใช้ได้เนื่องจากแรงดันตกคร่อมในสายเกิน 1%

จึงเพิ่มขนาดสายเป็นขนาด  $3 \times 16/16/16 \text{ mm}^2$  เพื่อใช้งานให้เกิดประสิทธิภาพต่อไป

## บทที่ 12

### ระบบไฟฟ้าสำรอง

ระบบไฟฟ้าสำรอง หรือที่เรียกว่า วงจรไฟฟ้าช่วยชีวิต เป็นระบบที่สำคัญมาก ถ้าเกิดเหตุขัดข้องทำให้ระบบไฟฟ้าไม่สามารถทำงานได้ จะมีอุปกรณ์ชนิดหนึ่งคือ สวิตช์โอนย้ายอัตโนมัติ (Automatic Transfer Switch) จะทำหน้าที่สลับเปลี่ยนแหล่งจ่ายไฟฟ้า จากแหล่งจ่ายพลังงานหลัก คือ หม้อแปลง เป็นระบบไฟฟ้าสำรอง หรือเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทำให้ระบบไฟฟ้าสำคัญที่ได้ออกแบบไว้ ยังทำงานได้ตลอดเวลา

#### 12.1 ขอบเขตวงจรไฟฟ้าช่วยชีวิต

ข้อกำหนดนี้สำหรับวงจรไฟฟ้าที่จำเป็นต้องใช้งานได้อย่างดีและต่อเนื่องในภาวะฉุกเฉินดังนี้

- 12.1.1 ระบบจ่ายไฟฟ้าฉุกเฉิน
- 12.1.2 ระบบสัญญาณเตือนอัคคีภัย
- 12.1.3 ระบบไฟฟ้าแสงสว่างฉุกเฉิน
- 12.1.4 ระบบอัดอากาศสำหรับบันไดหนีไฟ
- 12.1.5 ระบบดูดและระบายควันรวมทั้งระบบควบคุมการกระจายของไฟและควัน
- 12.1.6 ระบบเครื่องสูบน้ำและระบบดับเพลิงอัตโนมัติ
- 12.1.7 ระบบสื่อสารฉุกเฉิน
- 12.1.8 ระบบลิฟต์ผจญเพลิง

#### 12.2 การจ่ายไฟฟ้าฉุกเฉินสำหรับวงจรช่วยชีวิต

การจ่ายไฟฟ้าฉุกเฉินสำหรับวงจรช่วยชีวิตต้องมีลักษณะดังต่อไปนี้

- 12.2.1 แหล่งจ่ายไฟ ต้องมีแหล่งจ่ายไฟฟ้าจ่ายไฟฟ้าฉุกเฉินอาจเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้า แบตเตอรี่ หรืออื่นใดที่สามารถจ่ายไฟให้กับระบบวงจรไฟฟ้าช่วยชีวิตอย่างเหมาะสมและในระยะเวลาที่นานพอเพียงที่จะครอบคลุมความต้องการของระบบวงจรไฟฟ้าช่วยชีวิตส่วนที่ต้องมีไฟฟ้าใช้ที่นานที่สุดได้ด้วย และการจ่ายไฟฟ้าจ่ายให้ระบบวงจรไฟฟ้าช่วยชีวิตนี้จะต้องไม่ถูกระทบจากเหตุใดๆ ที่ทำให้ไม่มีไฟฟ้าจ่ายให้ได้

12.2.2 จุดต่อสาย จุดต่อสายไฟฟ้าให้ระบบวงจรไฟฟ้าฉุกเฉินที่จำเป็นต้องใช้ไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟปกติร่วมกัน จะต้องต่อจากจุดด้านไฟเข้าของเมนสวิตช์ของระบบไฟฟ้าวงจรปกติ

12.2.3 ไฟฟ้าที่จ่ายให้ระบบวงจรช่วยชีวิตจะต้องไม่ถูกควบคุมโดยระบบควบคุมของระบบไฟฟ้าวงจรปกติ ทั้งนี้สวิตช์สับเปลี่ยนแหล่งจ่ายไฟจากปกติเป็นฉุกเฉินไม่ถือว่าเป็นอุปกรณ์ควบคุมระบบไฟฟ้าปกติ

### 12.3 ส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

12.3.1 เครื่องต้นกำลัง (Engine prime mover) คือ เครื่องยนต์ที่ผลิตพลังงานกลเพื่อนำไปหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ทำให้สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าจ่ายไปยังโหลดที่ต้องการได้ โดยชนิดที่นิยมใช้สูงสุดคือเครื่องยนต์ดีเซล

12.3.2 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้โดยทั่วไปเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ ซึ่งมีส่วนประกอบ ที่สำคัญ คือ โรเตอร์ (Rotor) สเตเตอร์ (Stator) A.C. Exciter โดยทั่วไปพิกัดของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าคิดเป็น kW ที่ตัวประกอบกำลัง Power factor (P.F.) เท่ากับ 0.8 Lagging เสมอ

12.3.3 Automatic Voltage Regulator (AVR) เป็นชุดควบคุมแรงดันไฟฟ้าซึ่งทำหน้าที่ควบคุมแรงดันไฟฟ้าขาออกอัตโนมัติให้มีค่าแรงดันคงที่ที่โหลดต่าง ๆ

12.3.4 Governor เป็นอุปกรณ์สำคัญที่ใช้ในการควบคุมความเร็วรอบของเครื่องยนต์ Governor จะทำหน้าที่ควบคุมปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่เข้าห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์

12.3.5 Automatic Transfer Switch (ATS) คือ อุปกรณ์ที่ใช้เลือกทางเดินไฟหรือแหล่งจ่ายไฟ ระหว่างแหล่งจ่าย 2 แหล่ง โดยส่วนใหญ่จะใช้เลือกระหว่างเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากับหม้อแปลง ซึ่งจะสับเปลี่ยนโหลดโดยอัตโนมัติโดยมีการทำงานขั้นพื้นฐานคือ ทำการตรวจสอบไฟฟ้าที่จ่ายจากการไฟฟ้านครหลวงตลอดเวลาว่าขาดหายหรือไม่ ถ้าขาดหายไปจะส่งสัญญาณให้ชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเริ่มเดินเครื่อง เมื่อชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเดินเครื่องจนมีแรงดันและความถี่ที่ต้องการแล้ว จะสับเปลี่ยนโหลดมายังชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า จากนั้นตรวจสอบต่อไปว่าไฟฟ้าจากการไฟฟ้านครหลวงจ่ายกระแสกลับมากหรือไม่ ถ้าจ่ายตามเดิมแล้วจะทำการสับเปลี่ยนโหลดมายังระบบไฟฟ้าของทางการไฟฟ้านครหลวงและส่งสัญญาณให้ชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหยุดเดินเครื่อง

## 12.4 การเลือกเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

12.4.1 ตรวจสอบว่าโหลดในอาคารตัวไหนบ้างที่ต้องใช้ไฟฟ้าสำรอง ในโครงการนี้จะใช้ไฟฟ้าสำรองในส่วนของผู้ลิฟต์ เครื่องสูบน้ำ

12.4.2 คำนวณขนาดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจาก Apparent power load

$$S(\text{load}) = 34117.64706 \text{ VA}$$

และให้การประมาณค่าดีมานด์แฟกเตอร์และเฟกเตอร์การสำรองในอนาคต

$$S_d = (S(\text{load}) \times fd) + (S(\text{load}) \times \% \text{ reserve})$$

$$S_d = (34,118 \times 0.8) + (34,118 \times 0.3) = 37,530 \text{ VA}$$

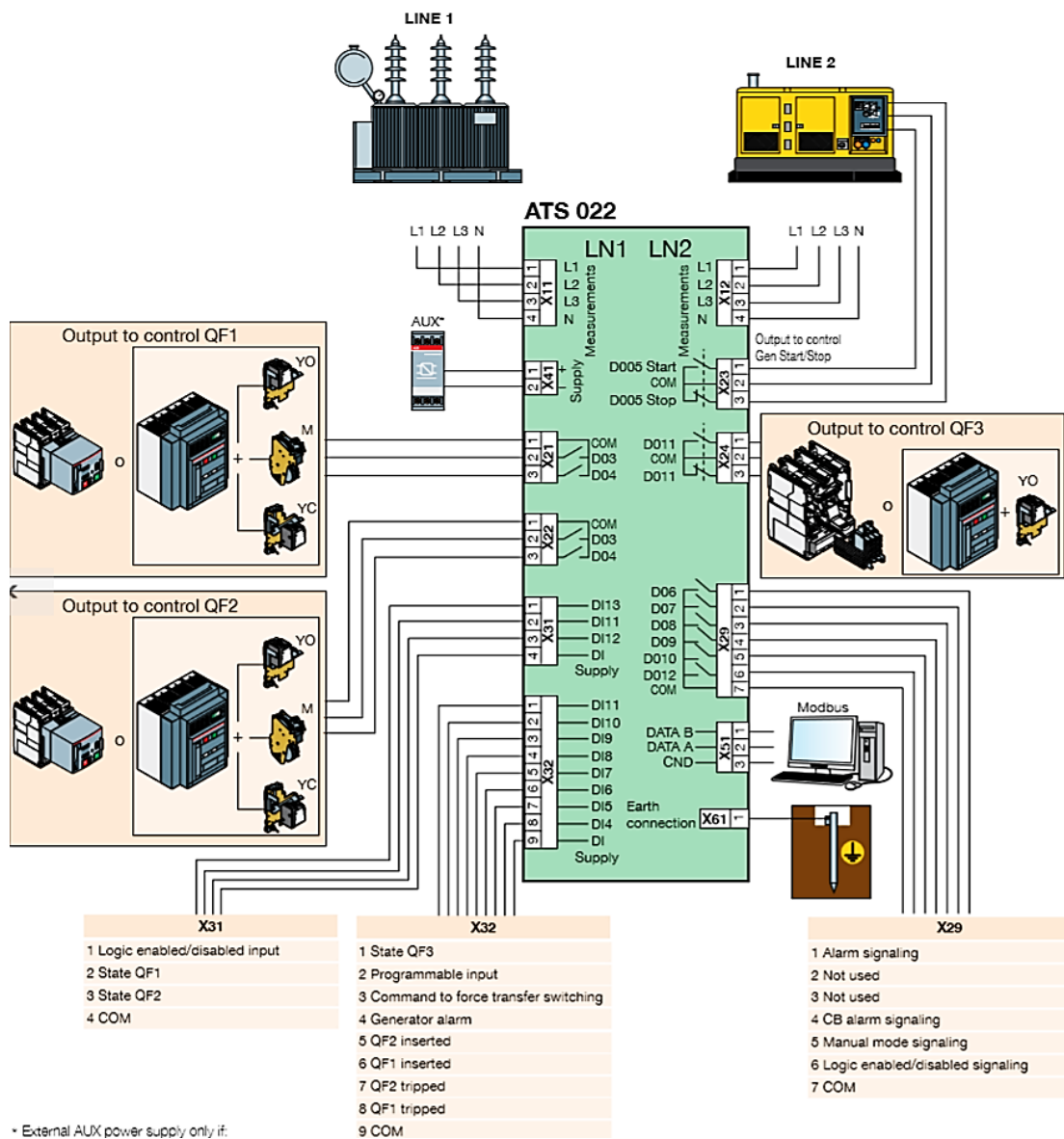
เลือกเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาด 50 kVA



ภาพที่ 12-1 เครื่องกำเนิดไฟฟ้า

### 12.4.3 การเลือกใช้งาน ATS

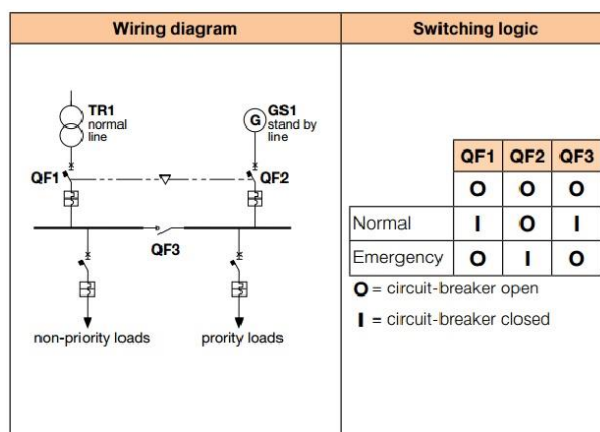
การออกแบบจะเลือกใช้ ATS controller (Automatic Transfer Switch controller) ของ ABB รุ่น ATS022 มีการต่อใช้งานดัง ภาพที่ 12-2



ภาพที่ 12-2 การต่อใช้งาน ATS controller ATS022 ของ ABB

จากภาพที่ 12-2 เป็นการต่อใช้งานของ ATS controller ATS022 ของ ABB โดยจะเป็นศูนย์กลางในการสั่งงาน ซึ่งจะวัดแรงดันด้านหม้อแปลงไฟฟ้าและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า มีการเชื่อมต่อสัญญาณควบคุมเซอร์กิตเบรกเกอร์ QF1, QF2 ด้วย trip signal contact รุ่น 1SY400AC และ mortor

operator MOE ส่วนสวิตช์ดีสคอนแนกเตอร์ QF3 ต้องเชื่อมต่อสัญญาณกับ ATS022 ด้วย trip signal contact รุ่น 1SY400AC ซึ่งแสดงสภาวะการทำงานดังภาพที่ 12-3



ภาพที่ 12-3 แสดงการทำงานของ CB เมื่อมีไฟฟ้าจากการไฟฟ้าขัดข้อง

#### 12.4.4 กำหนดขนาดสายไฟในช่วง Generator ถึง MDB

กำหนดให้

เดินสายทองแดงหุ้มฉนวนในท่อหน้าตัดกลม บนผนัง พื้น ผนัง เพดานและช่องโปรง โดยตรง วิธีที่ 2.1

ท่อละไม่เกิน 1 วงจร ที่อุณหภูมิแวดล้อม 40 องศาเซลเซียส

กำหนดแรงดันตกคร่อมในสายจาก Generator ถึง MDB ไม่เกิน 0.5 เปอร์เซ็นต์

$$\begin{aligned}
 \text{จาก } I &= \frac{S}{\sqrt{3} \times V} \\
 &= \frac{50kVA}{\sqrt{3} \times 400} \\
 &= 72.1688 \text{ A}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{จาก } I_{\text{rated}} &= I_{\text{table}} \times f_{\text{temp}} \times f_{\text{circuit}} \\
 I_{\text{table}} &= \frac{I_{\text{rated}}}{f_{\text{temp}} \times f_{\text{circuit}}} \\
 &= \frac{72.1688 \times 1.25}{1 \times 1} = 90.211 \text{ A}
 \end{aligned}$$

เลือกสายไฟขนาด 3x50/50/50 (สาย 50 ทนกระแส 94 A)

การคำนวณหาแรงดันตกคร่อมในสาย

ความยาวโดยประมาณจาก Generator ถึง MDB เท่ากับ 40 เมตร

$$\text{จาก } \Delta u_{3\phi} = \frac{100\sqrt{3}I_1(R_1 \cos \theta + X_1 \sin \theta)}{U_N}$$

$$R_1 = \frac{\rho l}{A}$$

$$= \frac{0.0186 \times 40}{50} = 0.01488 \Omega$$

$$X_l = \frac{0.083 \times 40}{1000} = 3.32 \times 10^{-3} \Omega$$

$$\text{กำหนดให้ } \theta = 44.692^\circ$$

$$\Delta u_{3\phi} = \frac{100\sqrt{3}I_1(R_1 \cos \theta + X_1 \sin \theta)}{U_N}$$

$$= \frac{100\sqrt{3} \times 90.211 \times \left(\frac{1}{2}\right) ((0.01488 \times 0.86) + (3.32 \times 10^{-3} \times 0.51))}{400}$$

$$= 0.316 \%$$

สามารถใช้สายไฟขนาด 3x50/50/50 ได้ เนื่องจากแรงดันตกคร่อมในสายไม่เกิน 0.5%

#### 12.4.5 การคำนวณหาขนาด Circuit Breaker

เลือก Circuit Breaker จากสมการ

$$\frac{I_{l,service}}{0.9} \leq AT \leq I_{gen,rated}$$

$$\text{โดย } I_{l,service} = 49.244582 \text{ A}$$

$$\text{และ } I_{gen,rated} = 72.168784 \text{ A}$$

$$\text{ดังนั้น } \frac{49.224528}{0.9} \leq AT \leq 72.168784$$

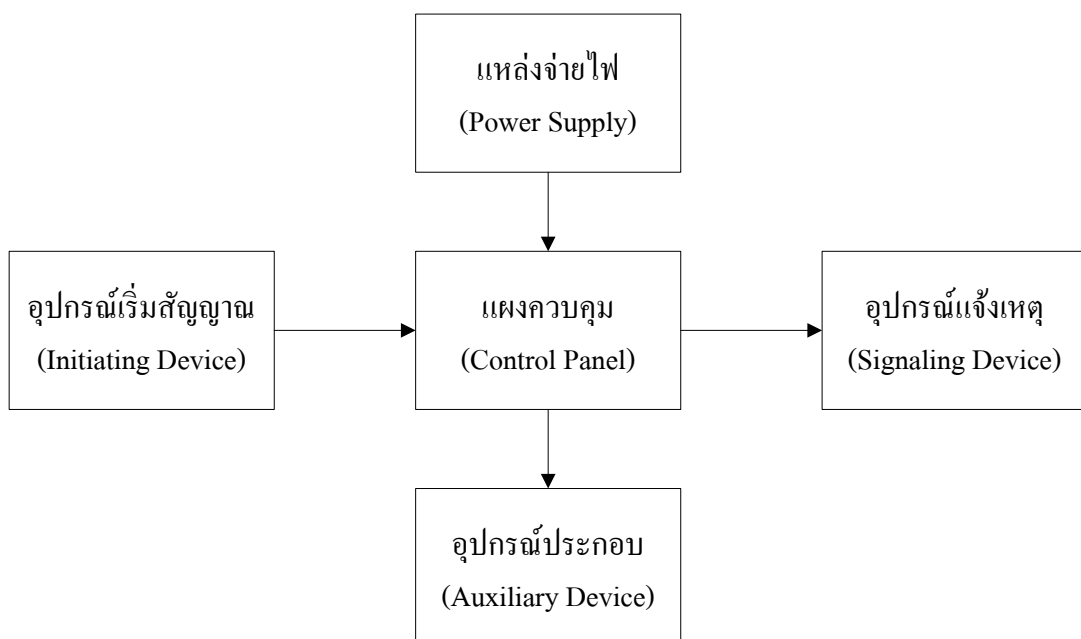
สรุปแล้วจึงเลือก MCB 3p ขนาด 63 AT

## บทที่ 13

### ระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้

เพลิงไหม้ คือ อันตรายที่เกิดจากไฟที่ขาดการควบคุม ก่อให้เกิดการสูญเสียขึ้นทั้งทรัพย์สินและชีวิต ส่วนระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ เป็นระบบที่ใช้ในการตรวจจับการเกิดเพลิงไหม้ขึ้นและแจ้งเตือนให้ผู้ที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียงทราบได้โดยอัตโนมัติ ระบบที่ดีต้องตรวจจับและแจ้งเหตุได้อย่างถูกต้อง รวดเร็วและมีความเชื่อถือได้สูง เพื่อให้ผู้อาศัยในอาคารหนีไฟไปยังที่ปลอดภัยสูงขึ้น มีโอกาสดับไฟในระยะลุกลามไหม้เริ่มต้นได้มากขึ้น เป็นผลให้ลดความสูญเสียต่อชีวิตและทรัพย์สินได้มาก

#### 13.1 ส่วนประกอบของระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้



ภาพที่ 13-1 ส่วนประกอบของระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้



### 13.1.1 แหล่งจ่ายไฟ

แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

13.1.1.1 แหล่งจ่ายไฟหลัก เป็นไฟฟ้าจากการไฟฟ้า 220 โวลต์

13.1.1.2 แหล่งจ่ายไฟสำรอง เป็นไฟฟ้าจากแบตเตอรี่



ภาพที่ 13-2 BOSCH NAC supply รุ่น D7038

### 13.1.2 แผงควบคุม

เป็นส่วนใหญ่ใช้ควบคุม ตรวจสอบการทำงานของอุปกรณ์ และสั่งการทำงานส่วนต่างๆ ในระบบทั้งหมดประกอบด้วย แบ่งออกได้หลายประเภท คือ

13.1.2.1 ทั่วไป แผงควบคุมชนิดนี้ปกติจะใช้กับวงจรโซนตรวจจับ แบบ 2 สายและแบบ 4 สาย โดยใช้อุปกรณ์เริ่มและแสดงสัญญาณแบบทั่วไป

13.1.2.2 ระบุตำแหน่งได้ ประกอบด้วยแผงวงจรสำเร็จรูป ควบคุมด้วยไมโครโปรเซสเซอร์ วงจรมัลติเพล็กซ์ 1 วงจร สามารถต่อใช้งานกับอุปกรณ์เริ่มสัญญาณชนิดระบุตำแหน่งได้จำนวนมากโดยไม่ซ้ำกัน ระบบนี้สามารถประหยัดและลดความยุ่งยากในการเดินสายไฟได้มาก

13.1.2.3 กึ่งระบุตำแหน่ง อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบเช่น อุปกรณ์ตรวจจับจะใช้แบบทั่วไป การระบุตำแหน่งสามารถทำได้โดยการต่อผ่านอุปกรณ์รับและส่งสัญญาณ มีชื่อเรียกแตกต่างกันตามแต่ผู้ผลิต

13.1.2.4 ระบุตำแหน่งได้เต็มรูปแบบ อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบทุกตัวจะเป็นชนิดระบุตำแหน่งได้หมด



ภาพที่ 13-3 BOSCH ตู้ Control รุ่น FPA-1200

### 13.1.3 อุปกรณ์เริ่มสัญญาณ

เป็นอุปกรณ์เริ่มต้นการแจ้งเตือน มี 2 ประเภท คือ

#### 13.1.3.1 อุปกรณ์เริ่มสัญญาณด้วยมือจากบุคคล (Manual Station)



ภาพที่ 13-4 Addressable Manual Pull Station Model NBG – 12LX

#### 13.1.3.2 อุปกรณ์เริ่มสัญญาณโดยอัตโนมัติ

เป็นอุปกรณ์อัตโนมัติที่มีปฏิกิริยาไวต่อสถานะตามระยะต่าง ๆ ของการเกิดเพลิงไหม้ มีอยู่หลายประเภทด้วยกัน

- อุปกรณ์ตรวจจับควัน (Smoke Detector)



ภาพที่ 13-5 Smoke Detector D263

- อุปกรณ์ตรวจจับความร้อน (Heat Detector)



ภาพที่ 13-6 Heat Detector 5601P

- อุปกรณ์ตรวจจับเปลวไฟ (Flame Detector)
- อุปกรณ์ตรวจจับแก๊ส (Gas Detector)

#### 13.1.4 อุปกรณ์แจ้งเหตุ

จะทำหน้าที่ส่งสัญญาณด้วยเสียงและแสงผ่านกระดิ่ง โซเรนเสียงและแสงไฟสัญญาณต่าง ๆ เพื่อให้ผู้ที่อยู่ภายในอาคาร ผู้รับผิดชอบ หรือเจ้าหน้าที่ได้ทราบว่ามีเหตุเพลิงไหม้เกิดขึ้น



ภาพที่ 13-7 Alarm Bell JL188

### 13.1.5 อุปกรณ์ประกอบ

เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เชื่อมโยง กับระบบอื่นที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมป้องกัน โดยจะถ่ายทอดสัญญาณระหว่างระบบเตือนอัคคีภัยกับระบบอื่น ๆ

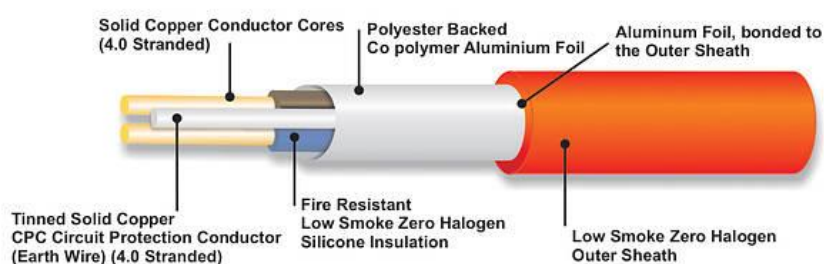


ภาพที่ 13-8 FMR 1000 RA Remote Annunciator

## 13.2 สายทนไฟ

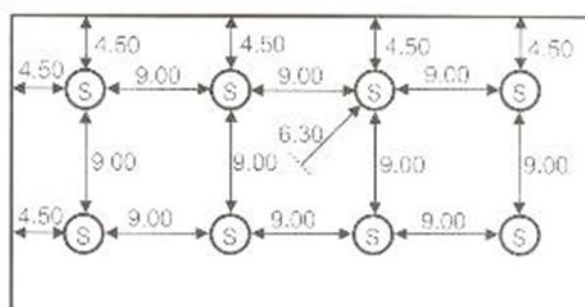
คือสายไฟที่มีความสามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าได้โดยไม่ขาดหรือเกิดลัดวงจรในขณะที่เกิดเพลิงไหม้แต่จะสัยสภาพการใช้งาน สายทนไฟมีหลายแบบตามมาตรฐานแต่ในการออกแบบครั้งนี้เลือกสายทนไฟชนิด FRC

สาย FRC (Fire Resistance Cable) เป็นสายที่มีคุณสมบัติสามารถทนไฟได้ไม่ต่ำกว่า 2 ชั่วโมง โดยไม่เกิดสารพิษขึ้น สายทนไฟมักใช้กับอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับระบบดับเพลิง และระบบที่เกี่ยวข้องกับบุคคลในกรณีที่เกิดเพลิงไหม้

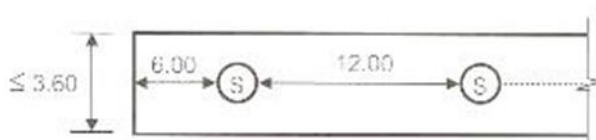


ภาพที่ 13-9 สาย FRC





ภาพที่ 13-12 ระยะห่างในการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับควันสำหรับพื้นผิวแนวราบ



ภาพที่ 13-13 ระยะห่างในการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับควันสำหรับช่องทางเดิน

### 13.4 วงจรเริ่มสัญญาณ

วงจรเริ่มสัญญาณขั้นพื้นฐานที่ใช้โดยทั่วไปมี 2 แบบ คือ วง 2 สาย (two-wire loop) และ วง 4 สาย (four-wire loop)

13.4.1 วง 2 สายวงจรนี้จะพ่วงด้วยตัวต้านทานปลายสาย เพื่อทำหน้าที่เป็นวงจรตรวจสอบ เมื่อวงจรขาดจะทำให้ส่งสัญญาณขัดข้อง และเมื่อลัดวงจรจะส่งสัญญาณเตือนภัย ในระบบรักษาความปลอดภัย วงจรขาดหรือลัดวงจรถือเป็นสถานะเตือนภัย วง 2 สายนี้ไม่สามารถส่งสัญญาณเตือนภัยได้ในขณะที่เกิดสถานะขัดข้อง ยกเว้นสัญญาณเตือนภัยนั้นเกิดจากอุปกรณ์เริ่มสัญญาณหรือตัวสัมผัสซึ่งอยู่ระหว่างแผงควบคุมกับจุดที่ขัดข้อง

13.4.2 วง 4 สายวงจรแบบนี้สามารถทำงานได้เมื่อเกิดวงจรขัดข้องเพียงจุดใดจุดหนึ่ง โดยทั่วไปเรียกว่า วงจร Class A ถ้าวงจรขาดที่จุดใด ๆ วงจรด้านหนึ่งของตัวสัมผัสเริ่มสัญญาณจะขาดจากความต้านทานปลายสายและส่งสัญญาณขัดข้อง ในขณะเดียวกันตัวสัมผัสหมายเลข 1 และ 2 ของรีเลย์แจ้งสถานะวงจร (circuit conditioning relay contact) จะปิด ทำให้สายวงจรเดิมที่ขาดต่อเข้ากับความต้านทานปลายสาย ดังนั้นแม้ว่าจะอยู่ในสถานะขัดข้อง วงจรแบบ 4 สายนี้ก็สามารถส่งสัญญาณเตือนภัยได้เมื่อเกิดเพลิงไหม้

ในการออกแบบผู้จัดทำเลือกใช้วงจรเริ่มสัญญาณแบบ วงจร 2 สาย (two-wire loop)

### 13.5 การคำนวณเลือกขนาดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ในการจ่ายไฟสำรอง สำหรับระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้

ตารางที่ 13-1 การคำนวณหา  $I_Q$

การคำนวณหา $I_Q$ (ผลรวมกระแสไฟฟ้าของโหลดในสถานะปกติ)			
รายการ	กระแส (mA)	จำนวน	กระแสรวม (mA)
อุปกรณ์ควบคุมและแสดงผล	120	1	120
Smoke Addressable Detector D263	0.1	329	32.9
Heat Addressable Detector D263	0.1	7	0.7
Manual Pull Station D461	0.09	8	0.72
NAC supply D7038	150	1	150
Annunciator Module D7030X	35	1	35
รวม กระแส			0.33932

ตารางที่ 13-2 การคำนวณหา  $I_A$

การคำนวณหา $I_A$ (ผลรวมกระแสไฟฟ้าของโหลดในสถานะแจ้งเหตุ)			
รายการ	กระแส (mA)	จำนวน	กระแสรวม (mA)
กระแสรวม $I_Q$			339.32
อุปกรณ์ควบคุมและแสดงผล	205	1	205
Motor Bell MB-G6-12-R	110	8	880
NAC supply D7038	850	1	850
Annunciator Module D7030X	175	1	175
รวม กระแส			2449.32

ดังนั้นจะได้  $I_Q = 0.66727$  แอมแปร์

$I_A = 2.78627$  แอมแปร์

$T_Q = 24$  ชั่วโมง

ดังนั้น พิกัดแบตเตอรี่ที่ต้องการตลอดอายุใช้งาน

$$Ah_{life} = (I_Q \times T_Q) + (I_A \times 0.25)$$

$$Ah_{REQ} = Ah_{life} \times 1.25$$

$$Ah_{REQ} = [(0.27192 \times 24) + (2.44892 \times 0.25)] \times 1.25$$

$$Ah_{REQ} = 10.94501 \text{ Ah}$$

เลือกพิกัดแบตเตอรี่ที่ 12 V 12 Ah



## บทที่ 14

### ระบบไฟฟ้าแสงสว่างฉุกเฉินและโคมไฟฟ้าป้ายทางออกฉุกเฉิน

การให้แสงสว่างฉุกเฉินใช้เมื่อแสงสว่างจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าปกติล้มเหลว ดังนั้นต้องมีแหล่งจ่ายไฟอิสระที่ไม่ขึ้นกับแหล่งจ่ายไฟฟ้าแสงสว่างปกติ

#### 14.1 ตำแหน่งติดตั้ง

โคมไฟฟ้าแสงสว่างฉุกเฉินต้องติดตั้งในบริเวณเส้นทางหนีภัย ในตำแหน่งที่มองเห็น โคมไฟฟ้าได้ชัดเจนจากด้านล่าง และสูงจากพื้นไม่น้อยกว่า 2 เมตร โดยวัดจากพื้นถึงด้านล่างของโคมไฟฟ้าฉุกเฉิน กรณีติดตั้งต่ำกว่า 2 เมตร จะต้องไม่กีดขวางเส้นทางหนีภัย

บริเวณที่ต้องติดตั้งโคมไฟฟ้าแสงสว่างฉุกเฉินมีดังนี้

14.1.1 เส้นทางหนีภัยและบริเวณทางออก

14.1.2 บริเวณภายนอกหลังจากออกอาคารแล้ว ต้องมีความส่องสว่างอย่างต่ำอยู่ในระดับเดียวกับความส่องสว่างก่อนออกจากอาคาร

14.1.3 ทางแยก ให้ติดตั้งโคมไฟฟ้าแสงสว่างฉุกเฉินห่างจากทางแยกไม่เกิน 2 เมตร ในแนวระดับ

14.1.4 ทางเลี้ยว ให้ติดตั้งโคมไฟฟ้าแสงสว่างฉุกเฉินห่างจากทางเลี้ยวไม่เกิน 2 เมตร ในแนวระดับจากจุดเปลี่ยนทิศทาง หรือทางเลี้ยว

14.1.5 พื้นเปลี่ยนระดับ ให้ติดตั้งโคมไฟฟ้าแสงสว่างฉุกเฉินห่างไม่เกิน 2 เมตรในแนวระดับจากพื้นเปลี่ยนระดับ

14.1.6 บันได ในกรณีที่ถือว่าเป็นส่วนหนึ่งของทางหนีภัย ให้ติดตั้งโคมไฟฟ้าแสงสว่างฉุกเฉินให้แสงส่องสว่างถึงขั้นบันไดทุกขั้นโดยตรง

14.1.7 พื้นที่ปฏิบัติงานของพนักงานดับเพลิง เจ้าหน้าที่พนักงานกู้ภัยในลิฟต์ดับเพลิง พื้นที่จุดแจ้งเหตุเพลิงไหม้ จุดติดตั้งอุปกรณ์ดับเพลิง พื้นที่เตรียมการหนีภัย และพื้นที่เก็บอุปกรณ์ปฐมพยาบาล

14.1.8 บริเวณพื้นที่งานอันตราย รวมถึงห้องเครื่องไฟฟ้าเครื่องกล ห้องควบคุม ห้องต้นกำลัง ห้องสวิตช์ และบริเวณใกล้กับอุปกรณ์ควบคุมการจ่ายไฟแสงสว่างปกติและไฟฟ้าแสงสว่างฉุกเฉิน

14.1.9 ห้องน้ำ ให้ติดตั้งในห้องน้ำทั่วไปที่มีพื้นที่มากกว่า 8 ตารางเมตร และห้องน้ำสำหรับคนพิการ

14.1.10 บันไดเลื่อนและทางเลื่อน ในกรณีที่ดีถือว่าเป็นส่วนหนึ่งของทางหนีภัย

14.1.11 พื้นที่เปิดโล่งภายในอาคาร พื้นที่สำนักงาน ร้านค้า ห้องประชุม หรือห้องที่มีคนอาศัยที่มีขนาดมากกว่า 60 ตารางเมตร

14.1.12 จุฬรวมพลเพื่อการหนีภัยภายในอาคาร

14.1.13 บริเวณภายนอกประตูคาดฟ้าและบริเวณพื้นที่รอกการหนีภัยทางอากาศ

14.1.14 บริเวณพื้นที่หรือห้องพักเพื่อนรอกการหนีภัยภายในอาคาร

## 14.2 การติดตั้งโคมไฟฟ้าป้ายทางออกฉุกเฉิน และระยะห่าง

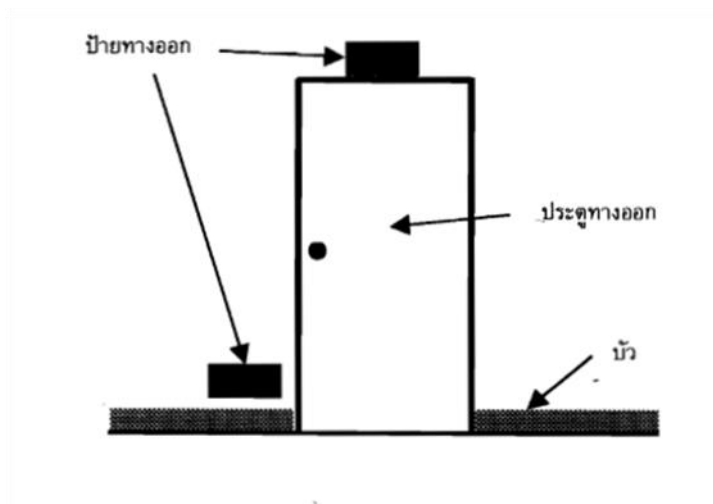
### 14.2.1 ความสูงของการติดตั้ง

โคมไฟฟ้าป้ายทางออกฉุกเฉินให้ติดตั้งด้านบนเพื่อสังเกตเห็นได้ง่าย กรณีที่คาดว่าควรมีปัญหาทำให้มองเห็นป้ายทางออกไม่ชัดเจน อาจเพิ่มโคมไฟฟ้าป้ายทางออกฉุกเฉินติดตั้งที่ด้านล่างกรณีติดตั้งตามที่กำหนดไม่ได้ให้ปรึกษาร่วมกันกับผู้ที่เกี่ยวข้อง

14.2.1.1 ป้ายทางออกด้านบน ขอบล่างของป้ายสูงจากพื้นระหว่าง 2 - 2.7 เมตร ความสูงนอกเหนือจากนี้ สามารถทำได้ตามที่กำหนดในแผนและคู่มือการป้องกันเพลิงไหม้

14.2.1.2 ป้ายทางออกด้านล่าง ป้ายทางออกด้านล่างให้ใช้เป็นป้ายเสริมเท่านั้น โดยขอบล่างของป้ายสูงจากพื้นระหว่าง 15 - 20 เซนติเมตรและขอบของป้ายอยู่ห่างจากขอบประตูไม่น้อยกว่า 10 เซนติเมตร

14.2.1.3 ป้ายทางออกฝั่งพื้น ป้ายทางออกฝั่งพื้นให้ใช้เป็นป้ายเสริมเท่านั้น ต้องเป็นชนิดกันน้ำที่มีความแข็งแรง เหมาะสมสำหรับใช้ในเส้นทางหนีภัยโดยไม่ก่อให้เกิดการสะดุด หรือเป็นอุปสรรคในขณะหนีภัย

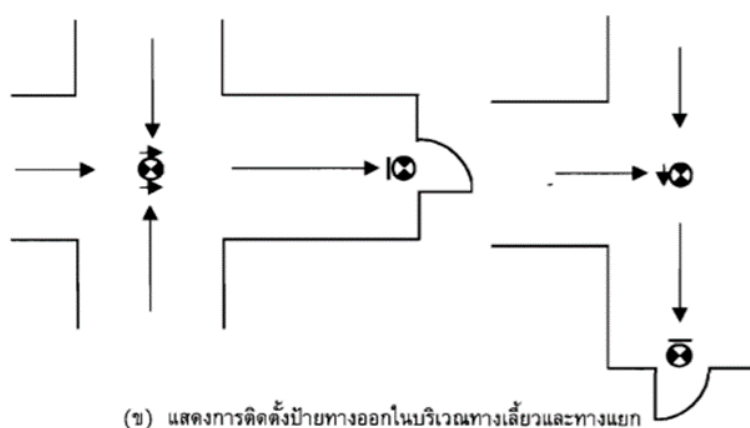






ภาพที่ 14-1 การติดตั้งป้ายทางออกใกล้พื้นที่เสริมกับป้ายทางออกด้านบน

### 14.3 ระยะห่างระหว่างป้ายทางออก

ระยะห่างระหว่างป้ายทางออกด้านบนสำหรับสัญลักษณ์ที่มีความสูง 10 เซนติเมตร ต้องมีระยะไม่เกิน 24 เมตร โดยติดตั้งตามเส้นทางที่นำไปสู่ทางออก และให้ติดตั้งป้ายทางออกด้านบนเพิ่มเติมที่จุดทางเลี้ยว ทางแยก และเหนือประตูทางออกสุดท้ายด้วย

กรณีที่ใช้ระยะห่างระหว่างป้ายมากกว่า 24 เมตร สามารถทำได้โดยใช้ป้ายทางออกที่มีสัญลักษณ์ที่มีความสูงไม่น้อยกว่าระยะทาง (หน่วยเป็นเซนติเมตร) หารด้วย 240



-  ป้ายทางออกมองเห็นด้านเดียว
  ป้ายทางออกพร้อมลูกศรสองด้าน
- 
 ป้ายทางออกพร้อมลูกศรด้านเดียว

ภาพที่ 14-2 แสดงการติดตั้งป้ายทางออก

#### 14.4 การคำนวณขนาดแบตเตอรี่

ใช้ในการจ่ายไฟสำรอง สำหรับระบบแสงสว่างฉุกเฉิน

ตัวอย่างการคำนวณเลือกขนาดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า สำหรับระบบแสงสว่างฉุกเฉินของ คอนโดมิเนียม คือ

หลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ใช้กระแส 0.23333 A จำนวน 32 หลอด คิดเป็น 7.46656 A

หลอดควาไลต์ที่ใช้กระแส 0.1 A จำนวน 52 หลอด คิดเป็น 5.2 A

รวมกระแสทั้งหมด 12.66656 A

ระยะเวลาการใช้งาน 4.5 h

กระแสไฟฟ้าที่ต้องจ่ายดวงโคมไฟฟ้าฉุกเฉิน  $12.66656 \times 4.5 = 56.99952 \text{ Ah}$

คำนวณอัตรากำลังงานสำรองของแบตเตอรี่อีก 35 % ตามมาตรฐาน IEEE118-1994

กระแสไฟฟ้าที่จ่ายทั้งหมด  $56.99952 \times 1.35 = 76.949352 \text{ Ah}$

เลือกใช้แบตเตอรี่ขนาด 12 Volt 100 Ah

## บทที่ 15

### ระบบป้องกันฟ้าผ่า

ฟ้าผ่าเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในบรรยากาศ เกิดจากการคายประจุไฟฟ้าที่สะสมในก้อนเมฆ ผลกระทบที่เกิดจากฟ้าผ่าก่อให้เกิดความสูญเสียทั้งทรัพย์สินและชีวิต ถ้าขาดการป้องกันที่ดีพอ ดังนั้นผู้ออกแบบต้องออกแบบระบบป้องกันฟ้าผ่าที่มีประสิทธิภาพและคำนึงถึงความปลอดภัยเป็นหลัก ระบบป้องกันฟ้าผ่า มีอยู่ 2 แบบ คือระบบป้องกันฟ้าผ่าภายในอาคาร และระบบป้องกันฟ้าผ่าภายนอกอาคาร ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะระบบป้องกันฟ้าผ่าภายนอกอาคาร

#### 15.1 ระบบป้องกันฟ้าผ่าภายนอกอาคาร

เป็นระบบที่ป้องกันความเสียหายที่เกิดจากฟ้าผ่าโดยตรง ด้วยการออกแบบให้ฟ้าผ่าลงจุดที่ได้กำหนดไว้ และกระจายกระแสไฟฟ้าให้ลงดิน

#### 15.2 ส่วนประกอบของระบบป้องกันฟ้าผ่าภายนอกอาคาร

##### 15.2.1 ระบบตัวนำล่อฟ้า (Air Terminal System)

คือ ระบบของตัวนำที่ทำหน้าที่รับวาบฟ้าผ่าภายนอกซึ่งใช้ชิ้นส่วนโลหะ เช่น แท่งทรงกระบอกปลายแหลม (Rod) ตัวนำแบบตาข่าย (Meshed conductor) และตัวนำแบบสายึง (Stretched wire) ทั้ง 3 แบบนี้มีความน่าเชื่อถือเท่าเทียมกัน หรือในบางอาคารอาจนำเอามาใช้ร่วมกันก็ได้ เพื่อให้การป้องกันฟ้าผ่ามีประสิทธิภาพสูงสุด

##### 15.2.2 ระบบตัวนำลงดิน (Down conductor System)

คือ ระบบของตัวนำที่อยู่ระหว่างตัวนำล่อฟ้ากับรากสายดิน ทำหน้าที่นำกระแสฟ้าผ่าจากระบบตัวนำล่อฟ้าลงสู่ระบบรากสายดิน

##### 15.2.3 ระบบรากสายดิน (Earth Terminal System)

ทำหน้าที่กระจายกระแสฟ้าผ่าลงดินซึ่งเป็นการจำกัดแรงดันไฟฟ้าไม่ให้เกิดอันตราย

ตารางที่ 15-1 ขนาดพื้นที่หน้าตัดต่ำสุดของวัสดุตัวนำ (Table 5 IEC 1024-1; 1990 Page 41)

ระดับการป้องกัน	ชนิดวัสดุ	ตัวนำล่อฟ้า (mm <sup>2</sup> )	ตัวนำลงดิน (mm <sup>2</sup> )	ขั้วต่อลงดิน (mm <sup>2</sup> )
ระดับที่ 1 ถึง 4	ทองแดง	50	50	50
	อะลูมิเนียม	70	70	-
	เหล็ก	120	120	120

การติดตั้งระบบป้องกันฟ้าผ่า จุดเชื่อมต่อทุกจุด เช่น ระหว่างตัวนำล่อฟ้ากับตัวนำลงดิน และระหว่างตัวนำลงดินกับขั้วต่อลงดิน จะต้องทำการเชื่อมต่อด้วยวิธีหลอมละลายเนื้อโลหะเข้าด้วยกัน (Exothermic Welding) ซึ่งการเชื่อมต่อด้วยวิธีหลอมละลายเนื้อโลหะเข้าด้วยกัน จะทำให้การถ่ายเทกระแสฟ้าผ่า ซึ่งเป็นกระแสไฟฟ้าสูงในระยะเวลาอันสั้นมีประสิทธิภาพสูงสุด จึงทำให้การเกิดผลกระทบจากฟ้าผ่าต่อตัวอาคารและระบบไฟฟ้าในอาคารลดน้อยไปด้วยเช่นกัน

### 15.3 ระดับการป้องกันฟ้าผ่า

ระดับการป้องกันเป็นตัวกำหนดประสิทธิภาพของระบบป้องกันฟ้าผ่า ระดับที่มีการป้องกันที่ดีจะมีค่าใช้จ่ายในการติดตั้งสูงขึ้น ในการออกแบบนั้นจึงต้องเลือกให้เหมาะสมกับสภาพความเสี่ยงของอาคาร ขนาดอาคาร สถานที่ตั้งอาคาร รวมทั้งความถี่และความรุนแรงของการเกิดฟ้าผ่าในแต่ละสถานที่ด้วย มาตรฐานการป้องกันฟ้าผ่าสำหรับสิ่งปลูกสร้าง แบ่งระดับป้องกันออกเป็น 4 ระดับ ตามประสิทธิภาพการป้องกัน ตามตารางที่ 15-2

ตารางที่ 15-2 ระดับการป้องกันและประสิทธิภาพการป้องกันฟ้าผ่า

ระดับการป้องกัน	กระแสสูงสุด (kA)	ประสิทธิภาพของระบบ
1	2.9	0.98
2	5.4	0.95
3	10.1	0.90
4	15.7	0.80

### 15.4 วิธีป้องกันฟ้าผ่า

การออกแบบการป้องกันฟ้าผ่านั้น จะต้องคำนวณหาจำนวนตัวนำล่อฟ้าและตำแหน่งที่ตั้งให้สามารถป้องกันได้ครอบคลุมตัวอาคารในระดับการป้องกันที่ออกแบบไว้ ซึ่งส่วนประกอบของตัวนำล่อฟ้าที่ติดตั้งบนสิ่งปลูกสร้างต้องวางในตำแหน่งหัวมุม จุดที่เปิดโล่ง และริมขอบ ด้วยวิธีการป้องกันด้วยตัวนำล่อฟ้าแบบต่าง ๆ มาตรฐานแบ่งออกเป็น 3 วิธี ได้แก่

วิธีมุมป้องกัน (Protective Angle Method) เหมาะสมกับอาคารที่มีรูปร่างง่ายๆ แต่มีข้อจำกัดที่ระดับความสูงของตัวนำล่อฟ้า ตามตารางที่ 15-3 อาคารที่ทำการออกแบบมีความสูง 67.5 เมตร และระดับการป้องกัน ระดับ 3 ซึ่งในตารางที่ 15-3 นั้นไม่ปรากฏมุมป้องกันจึงใช้การออกแบบโดยวิธีมุมป้องกันไม่ได้

ตารางที่ 15-3 มุมของขอบเขตการป้องกัน (มุม $\theta$ ) ตามมาตรฐาน IEC 1024

ระดับการป้องกัน	ความสูงจากพื้นดินถึงปลายสายล่อฟ้า (m)			
	H + h = 20	H + h = 30	H + h = 45	H + h = 60
ระดับ 1	25	-	-	-
ระดับ 2	35	25	-	-
ระดับ 3	45	35	25	-
ระดับ 4	55	45	35	25

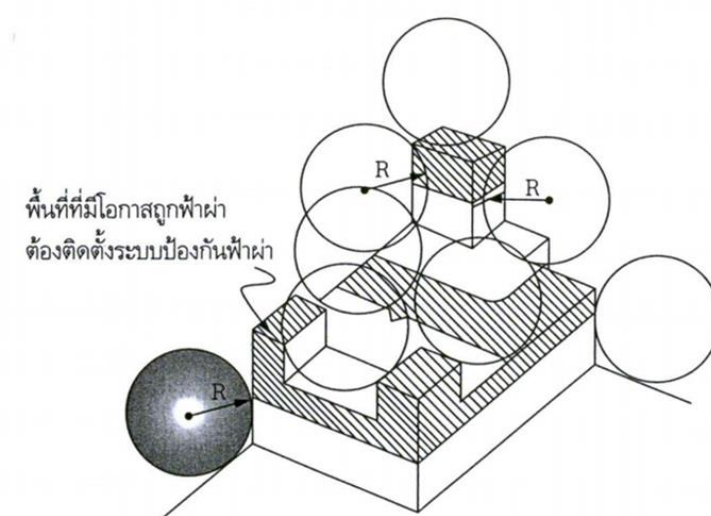
วิธีทรงกลมกลิ้ง (Rolling Sphere Method) เหมาะสมกับทุกกรณี

วิธีตาข่าย (Meshed Method) เหมาะสมกับการป้องกันพื้นผิวแนวระนาบ

ในการออกแบบอาจใช้วิธีใดวิธีหนึ่งหรือหลายวิธีผสมกัน เพื่อความเหมาะสมของรูปแบบของอาคาร ในที่นี้จะออกแบบโดยใช้วิธีทรงกลมกลิ้ง (Rolling Sphere Method) วิธีนี้จะใช้สายล่อฟ้าแบบแท่ง (Rod) หรือแบบสายขึง (Stretched Wire) โดยที่ขอบเขตของการป้องกันสามารถหาได้จากการสมมุติทรงกลมแล้วทำการกลิ้งไปรอบอาคาร โดยจุดที่ทรงกลมสัมผัสกับอาคารให้ทำการติดตั้งตัวนำล่อฟ้าที่จุดนั้น โดยพื้นที่ใต้ทรงกลมจะเป็นพื้นที่ที่ปลอดภัย โดยรัศมีของทรงกลมมีแบ่งตามระดับการป้องกัน มีขนาดตั้งแต่ 20-60 เมตร ตามระดับการป้องกันดังตารางที่ 15-4

ตารางที่ 15-4 แสดงขนาดรัศมี R ของทรงกลมกลิ้ง ตามมาตรฐาน วสท.

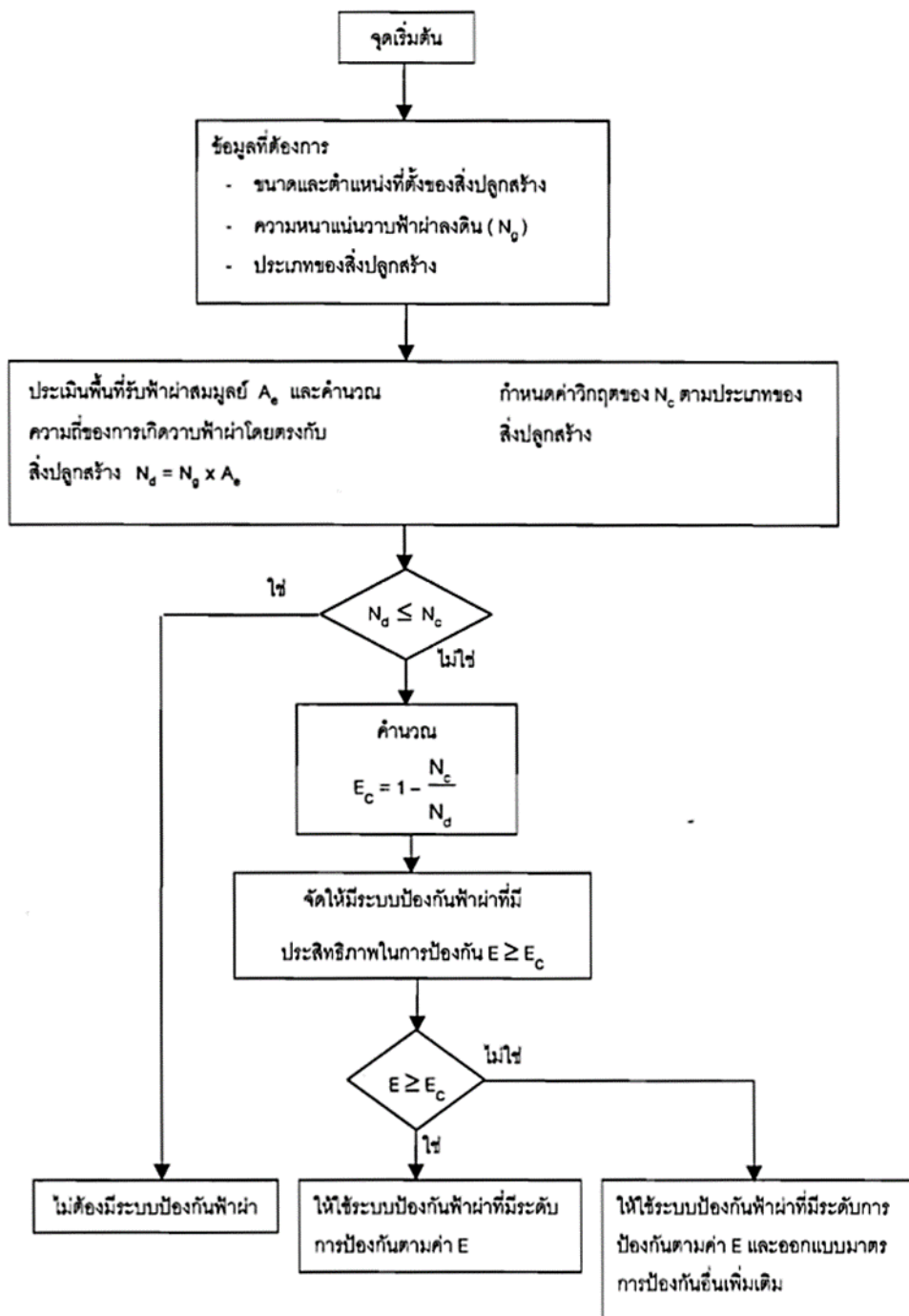
ระดับการป้องกัน	รัศมีทรงกลม (เมตร)
1	20
2	30
3	45
4	60



ภาพที่ 15-1 การป้องกันด้วยวิธีทรงกลมกลิ้ง



### 15.5 การออกแบบระบบป้องกันอันตรายจากฟ้าผ่าภายนอก



ภาพที่ 15-2 แผนภาพวิธีการเลือกระบบป้องกันฟ้าผ่า

### 15.5.1 การหาพื้นที่สมมูลรับฟ้าผ่า

จุดประสงค์ คือต้องการหาว่าตัวอาคารจะโดนฟ้าผ่าจำนวนครั้งเท่าใดต่อปี การคำนวณจำนวนฟ้าผ่าลงอาคารทำได้ยาก แต่การคำนวณจำนวนฟ้าผ่าลงพื้นที่ราบทำได้ง่ายกว่าเรียกพื้นที่ราบนั้นว่า พื้นที่สมมูลคือจำนวนฟ้าผ่าที่ลงพื้นที่สมมูลเท่ากับจำนวนฟ้าผ่าที่ลงอาคาร ดังนั้นจึงต้องหาว่าอาคารดังกล่าวเมื่อเทียบกับพื้นที่ราบแล้วคิดเป็นพื้นที่เท่าใด เพื่อหาจำนวนฟ้าผ่าที่ลงพื้นที่ราบแทน จากยอดอาคารลงไปที่พื้นดินให้กำหนดความชันของเส้นเป็น 1:3 จะได้พื้นที่ดังแสดงในภาพที่ 15-3



ภาพที่ 15-3 การหาพื้นที่สมมูล

สูตรการหาพื้นที่สมมูลรับฟ้าผ่า คือ

$$A_e = ab + 6h(a + b) + 9\pi h^2 \quad (15-1)$$

เมื่อ  $A_e$  = พื้นที่สมมูล (ตารางเมตร)

$A$  = ความกว้างของอาคาร (เมตร)

$b$  = ความยาวของอาคาร (เมตร)

$h$  = ความสูงของอาคาร (เมตร)

อาคารที่ออกแบบกว้าง (a) 57.55 เมตร ยาว (b) 19 เมตร และสูง (h) 32 เมตร คำนวณได้พื้นที่สมมูลรับฟ้าผ่าเท่ากับ 44,743.9679 ตารางเมตร

### 15.5.2 การหาความหนาแน่นฟ้าผ่าลงดิน

การคำนวณหาประสิทธิภาพของระบบป้องกันอันตรายจากฟ้าผ่าต้องอาศัยค่าความหนาแน่นฟ้าผ่าลงดินในบริเวณที่อาคารตั้งอยู่โดยมีสูตรการคำนวณ คือ

$$N_g = 0.04 T_d^{1.25} \quad (15-2)$$

$N_g$  = ความหนาแน่นฟ้าผ่าลงดิน (ครั้งต่อตารางกิโลเมตรต่อปี)

$T_d$  = จำนวนการเกิดพายุฝนฟ้าคะนอง (ครั้งต่อปี)

ตารางที่ 15-5 แสดงจำนวนครั้งของการเกิดฝนฟ้าคะนองภายในปี 2552-2557

ของกรมอุตุนิยมวิทยาเขตกรุงเทพมหานคร

ปี พ.ศ.	จำนวนครั้งต่อตารางกิโลเมตรต่อปี
2552	83
2553	83
2554	73
2555	63
2556	42
2557	11
เฉลี่ย	59.1667

### 15.5.3 การหาจำนวนครั้งที่ฟ้าผ่าลงอาคาร

$$N_d = N_g \times A_c \times 10^{-6} \quad (15-3)$$

$N_d$  = จำนวนครั้งที่ฟ้าผ่าลงอาคาร (ครั้งต่อปี)

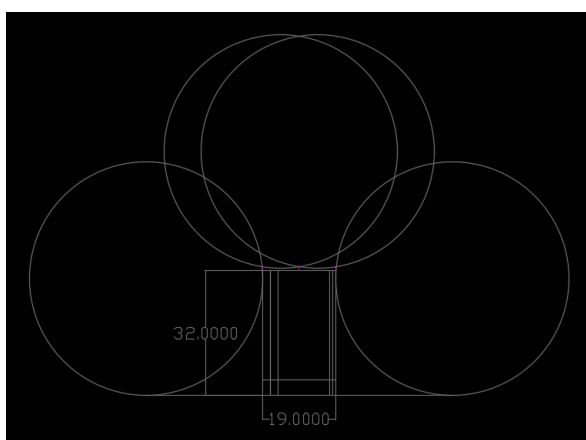
คำนวณความถี่ที่ฟ้าผ่าลงอาคารได้เท่ากับ 2.3394 ครั้งต่อปี

### 15.5.4 การหาประสิทธิภาพการป้องกัน

$$\text{Efficiency} > 1 - (N_c / N_d) \quad (15-4)$$

$N_c$  = จำนวนครั้งยินยอมให้ฟ้าผ่าลงอาคาร (ครั้งต่อปี) = 0.1 ครั้งต่อปี

คำนวณได้ประสิทธิภาพเท่ากับ 0.957 จากตารางที่ 15-2 ได้ประสิทธิภาพการป้องกันระดับ 2 เลือกป้องกันตัวอาคารด้วยวิธีทรงกลมกลิ้ง (Rolling Sphere Method) ที่มีรัศมีทรงกลมขนาด 30 เมตร โดยใช้แท่งทองแดงปลายเดี่ยวขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5/8 นิ้วหรือ 15 มิลลิเมตร ยาว 1 เมตร จำนวน 12 แท่ง เป็นตัวนำล่อฟ้า ใช้ bar copper tape ขนาด 50x5 ตารางมิลลิเมตรเป็นตัวนำล่อฟ้า แนวระนาบที่ระดับความสูงของดัก 32 เมตร ใช้ Stranded copper conductor ขนาด 50 ตารางมิลลิเมตร เพื่อเชื่อมต่อแท่งตัวนำล่อฟ้าไปยังรางสายดินแบบวงแหวนชั้นใต้ดิน



ภาพที่ 15-4 การออกแบบระบบตัวนำล่อฟ้าตามวิธีทรงกลมกลิ้ง

#### 15.5.5 ขนาดและจำนวนตัวนำลงดิน

ตามมาตรฐาน วสท. กำหนดให้ขนาดของสายตัวนำลงดินต้องมีขนาดพื้นที่หน้าตัดไม่น้อยกว่า 50 ตารางมิลลิเมตร ซึ่งในการออกแบบของโครงการนี้ ใช้สายตัวนำลงดินขนาด 50 ตารางมิลลิเมตร มีจำนวนตัวนำลงดินทั้งหมด 4 เส้น ลงมาที่ระบบรางสายดินของระบบป้องกันฟ้าผ่า

#### 15.5.6 การออกแบบและคำนวณรางสายดิน

- ใช้วิธีเดินรางสายดินแบบวงแหวน
- ค่าความต้านทานเฉพาะของดินใช้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 30 โอห์มเมตร
- รางสายดินชนิดตัวนำวงแหวนรอบอาคาร ใช้ตัวนำทองแดงขนาด 50 ตาราง

มิลลิเมตร วางรอบอาคาร เส้นผ่านศูนย์กลางของตัวนำ ( $d$ ) = 7.9788 มิลลิเมตร ผึงใต้ดินลึก 3 เมตร ( $s = 6$ ) และห่างจากตัวอาคาร 3 เมตร

- พื้นที่ตัวนำวงแหวน = 791.0175 ตารางเมตร ดังนั้นเส้นผ่านศูนย์กลางของวงแหวน (D) = 31.7357 เมตร

- คำนวณหาความต้านทานระหว่างรากสายดินกับดินได้จากสมการที่ 15-5

$$R = \frac{\rho}{2\pi^2 D} \left( \left( \ln \frac{8D}{d} \right) + \left( \ln \frac{4D}{s} \right) \right) \quad (15-5)$$

โดยที่ R = ความต้านทานระหว่างรากสายดินกับดิน (โอห์ม)  
 D = เส้นผ่านศูนย์กลางวงแหวน (เมตร)  
 d = เส้นผ่านศูนย์กลางขดลวด (เมตร)  
 ρ = ความต้านทานเฉพาะของดิน (โอห์มเมตร)  
 s/2 = ความลึกในการฝัง (เมตร)

จากสมการที่ 15-5 จะได้

$$R = 0.106 \text{ โอห์ม}$$

มาตรฐานการป้องกันฟ้าผ่า ภาคที่ 3 ความเสียหายทางกายภาพต่อสิ่งปลูกสร้าง และอันตรายต่อชีวิต แนะนำให้ใช้รากสายดินที่มีความต้านทานดินต่ำ ควรมีค่าน้อยกว่า 10 โอห์ม เมื่อวัดที่ความถี่ต่ำ (ต่ำกว่า 50 เฮิรตซ์) ซึ่งค่าที่คำนวณได้น้อยกว่าที่มาตรฐานกำหนด

#### 15.5.7 สรุปการเลือกใช้อุปกรณ์

- Taper Point Air Terminals Copper (แท่งตัวนำล่อฟ้า อ้างอิงรหัสรุ่นจากบริษัท KUMWELL) เส้นผ่านศูนย์กลาง 5/8 นิ้ว ยาว 1 เมตร รุ่น LTAT -58-100 จำนวน 12 ชุด
- Ground PVC Test Box (จุดทดสอบระบบดิน) รุ่น GYPTB จำนวน 4 ชุด
- Stranded copper conductor (ตัวนำลงดิน) ขนาด 50 ตารางมิลลิเมตร
- Bar copper Tape ขนาด 50x6 มิลลิเมตร
- Stranded copper conductor (รากสายดินแบบวงแหวน) ขนาด 50 ตารางมิลลิเมตร

**บทที่ 16**  
**การประมาณราคา**

การประเมินราคาค่าติดตั้งระบบไฟฟ้าภายในคอนโดมิเนียม

ลำดับ	รายการ	หน่วย	ปริมาณ	ค่าวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวม
				ราคาหน่วย	รวม	ราคาหน่วย	รวม	
A	Sub Distribution Board (SDB-01)							
A.1								
	Lighting System							
	1.1 THW 2.5 Sq.mm.	m.	550	11.40	6,270	3	1,650	
	1.2 TL5-28W - TMS122 1xTL5-28W EBS AL	SET	37	1,340	49,580	50	1,850	
	1.3 โคมฝังฝ้า DN490B IP44 1xLED20s/830 C	SET	64	1,880	120,320	100	6,400	
	1.4 LED20s/830 C	Lamp	64	145	8,000	0	0	
	1.5 Single Pole Switch	SET	14	38	532	30	420	
	1.6 ชุดรวมกล่อง+ฝาครอบสวิตช์	SET	14	22	308	20	280	
A.2								
	Receptacle System							
	2.1 THW 2.5 Sq.mm.	m.	200	11.40	2,280	3	600	
	2.2 Grounding Duplex Receptacle with Safety Shutter	SET	14	220	3,080	30	420	
	2.3 ชุดรวมกล่อง+ฝาครอบสวิตช์	SET	14	22	308	20	280	

ลำดับ	รายการ	หน่วย	ปริมาณ	ค่าวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวม
				ราคาหน่วย	รวม	ราคาหน่วย	รวม	
A.3								
	Air Condition System							
	3.1 THW 4 Sq.mm.	m.	60	17.20	1,032	4	240	
	3.2 Air condition 30,000 BTU/h	SET	4	41,900	167,600	2,500	10,000	
A.4								
	Ventilator System							
	4.1 Mitsubishi VD-15Z4T5-C	SET	1	2,550	2,550	500	500	
A.5								
	5.1							
	Master Antenna Television System							
	5.1 DIN TYPE Television Terminal	SET	2	210	420	150	300	
	5.2 RG-6U BigCCTV	m.	70	5	350	0	0	
	5.3 Multi Switch 5x24 Idea Sat	SET	1	2,600	2,600	0	0	
A.6								
	Telephone & CCTV System							



ลำดับ		รายการ	หน่วย	ปริมาณ	ค่าวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวม
					ราคาหน่วย	รวม	ราคาหน่วย	รวม	
	6.1	MDF Wall-Box Cabinet for 2x11 pos. BMF 220P	SET	1	1,290	1,290	0	0	
	6.2	TC Wall-Box Cabinet for 1x3 pos. BMF 30P	SET	1	570	570	0	0	
	6.3	TPEV cable 25pairs 0.65mm.	m.	274	128	35,072	150	41,100	
	6.4	TIEV cable 4C 0.65mm.	m.	100	9.35	935	15	1,500	
	6.5	สาย LAN CAT5e	m.	2,300	8	18,400	15	34,500	
	6.6	ตู้ PABX Panasonic KX-TDA600 BX	SET	1	212,300	212,300	0	0	
	6.7	Day/Night Fixed Dome Camera WV-CF634	SET	2	14,500	29,000	500	1,000	
	6.8	Fixed Analogue Dome Camera WV-CW324L	SET	3	22,500	67,500	500	1,500	
	6.9	Digital Video Recorder WV-HD716	SET	3	78,500	235,500	0	0	
	6.10	Telephone Modular Jack (6P 4C)	SET	5	165	825	150	750	
	6.11	PC Dell XPS 8700	SET	1	22,300	22,300	0	0	
	6.12	LED Display 24'	SET	1	8,990	8,990	0	0	
	6.13	TP-Link Router N450 TL-WR941ND 3 Antenna	SET	1	1,350	1,350	0	0	
	6.14	LAN UTP Cable	m.	15	10	150	15	225	
A.7									

ลำดับ	รายการ	หน่วย	ปริมาณ	ค่าวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวม
				ราคาหน่วย	รวม	ราคาหน่วย	รวม	
		Protection System						
	7.1	Fire Control Panel FPA-1200	SET	1	89,900	89,900	0	0
	7.2	NAC supply D7038	SET	1	20,990	20,990	0	0
	7.3	Annunciator Module D7030X	SET	1	19,900	19,900	0	0
	7.4	Alarm Bell JL188	SET	8	1,100	8,800	500	4,000
	7.5	D263 Smoke and Heat Detector	SET	336	1,490	500,640	500	168,000
	7.6	Emergency Exit Sign Light Standard LED Series	SET	31	2,900	89,900	500	15,500
	7.7	Manual Pull Station D461	SET	8	1,890	15,120	500	4,000
	7.8	FRC 2.5 Sq.mm.	SET	2,780	48	133,400	3	8,340
	7.9	Generator 50 kVA	SET	1	185,000	185,000	0	0
	7.10	ATS Controller	SET	1	149,210	149,210	0	0
A.8								
		Elevator & Pump						
	8.1	Mitsubishi NEXIEZ-MR รุ่น GB7588 P14	SET	2	1,090,000	2,180,000	100,000	200,000
	8.2	LOWARA รุ่น 50-200/110	SET	1	96,110	96,100	10,000	10,000
	8.3	THW 16 Sq.mm.	m.	160	76.5	12,240	16	2,560

ลำดับ		รายการ	หน่วย	ปริมาณ	ค่าวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวม
					ราคาหน่วย	รวม	ราคาหน่วย	รวม	
	8.4	FRC 16 Sq.mm.	m.	160	152	24,320	16	2,560	
A.9									
	9.1	Consumer Unit 10 ช่อง	SET	2	2,630	5,260	200	400	
	9.2	Circuit Breaker							
		MCB 16 A 1p	SET	7	550	3,850	0	0	
		MCB 40 A 1p	SET	1	810	810	0	0	
		MCB 40 A 3p	SET	3	3,150	9,450	0	0	
		MCB 50 A 1p	SET	1	810	810	0	0	
		MCB 63 A 3p	SET	1	3,150	3,150	0	0	
		RCCB 40A 6kA 30mA	SET	1	2,100	2,100	0	0	
		THW 16 Sq.mm	m.	20	76.5	1,530	16	320	
		THW 25 Sq.mm	m.	18	120	2,160	25	450	
		รวมราคางจร SDB-01				4,557,202		519,645	5,076,847

ลำดับ	รายการ	หน่วย	ปริมาณ	ค่าวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวม
				ราคาหน่วย	รวม	ราคาหน่วย	รวม	
<b>B</b>	<b>Sub Distribution Board (SDB-02)</b>							
B.1								
	Lighting System							
	1.1 THW 2.5 Sq.mm.	m.	1,605	11.40	18,297	3	4,815	
	1.2 TL5-28W - TMS122 1xTL5-28W EBS AL	SET	8	1,340	10,720	50	400	
	1.3 โคมฝังฝ้า DN490B IP44 1xLED20s/830 C	SET	132	1,880	248,320	100	13,200	
	1.4 LED20s/830 C	Lamp	132	145	19,140	0	0	
	1.5 Single Pole Switch	SET	113	38	4,294	30	3,390	
	1.6 ชุดรวมกล่อง+ฝาครอบสวิตช์	SET	113	22	2,486	20	2,660	
B.2								
	Receptacle System							
	2.1 THW 2.5 Sq.mm.	m.	1015	11.40	11,571	3	3,045	
	2.2 Grounding Duplex Receptacle with Safety Shutter	SET	125	220	3,080	30	3,750	
	2.3 ชุดรวมกล่อง+ฝาครอบสวิตช์	SET	125	22	2,750	20	2,500	

ลำดับ		รายการ	หน่วย	ปริมาณ	ค่าวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวม
					ราคาหน่วย	รวม	ราคาหน่วย	รวม	
B.3									
		Air Condition System							
	3.1	THW 4 Sq.mm.	m.	395	17.20	6,794	4	1580	
	3.2	Air condition 10,000 BTU/h	SET	4	18,900	75,600	2,500	10,000	
	3.3	Air condition 13,000 BTU/h	SET	25	20,900	522,500	2,500	62,500	
	3.4	Air condition 18,000 BTU/h	SET	3	28,900	86,700	2,500	7,500	
	3.5	Air condition 24,000 BTU/h	SET	6	34,900	209,400	2,500	15,000	
B.4									
		Ventilator System							
	4.1	Mitsubishi VD-15Z4T5-C	SET	20	2,550	51,000	500	10,000	
B.5									
	5.1								
		Master Antenna Television System							
	5.1	DIN TYPE Television Terminal	SET	17	210	3,570	150	2,550	
	5.2	RG-6U BigCCTV	m.	570	5	2,850	0	0	
	5.3	Multi Switch 5x24 Idea Sat	SET	1	2,600	2,600	0	0	

ลำดับ		รายการ	หน่วย	ปริมาณ	ค่าวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวม
					ราคาหน่วย	รวม	ราคาหน่วย	รวม	
B.6									
		Telephone & CCTV System							
	6.1	TC Wall-Box Cabinet for 1x3 pos. BMF 30P	SET	1	570	570	0	0	
	6.2	TIEV cable 4C 0.65mm.	m.	540	9.35	5,049	15	8,100	
	6.3	Day/Night Fixed Dome Camera WV-CF634	SET	1	14,500	14,500	500	500	
	6.4	Fixed Analogue Dome Camera WV-CW324L	SET	5	22,500	112,500	500	2,500	
	6.5	Telephone Modular Jack (6P 4C)	SET	20	165	3,300	150	3,000	
B.7									
		Water Heater System							
		EWE451AX-DW	SET	20	3,790	75,800	500	10,000	
		THW 4 Sq.mm	m.	205	17.20	3,526	4	820	
B.8									
	9.1	Consumer Unit 10 ช่อง	SET	17	2,630	44,710	200	3,400	
	9.2	Circuit Breaker							
		MCB 16 A 1p	SET	53	550	29,150	0	0	
		MCB 32 A 1p	SET	16	550	8,800	0	0	

ลำดับ	รายการ	หน่วย	ปริมาณ	ค่าวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวม
				ราคาหน่วย	รวม	ราคาหน่วย	รวม	
	MCB 40 A 1p	SET	13	810	10,530	0	0	
	MCB 50 A 1p	SET	4	810	3,240	0	0	
	RCCB 40A 6kA 30mA	SET	17	2,100	35,700	0	0	
	THW 16 Sq.mm	m.	336	76.5	25,704	16	5,376	
	THW 25 Sq.mm	m.	129	120	15,480	25	3,225	
	รวมราคางจร SDB-02				1,671,116		170,496	1,841,612
<b>C</b>	<b>Sub Distribution Board (SDB-03)</b>							
C.1								
	Lighting System							
	1.1 THW 2.5 Sq.mm.	m.	1,605	11.40	18,297	3	4,815	
	1.2 TL5-28W - TMS122 1xTL5-28W EBS AL	SET	8	1,340	10,720	50	400	
	1.3 โคมฝังฝ้า DN490B IP44 1xLED20s/830 C	SET	132	1,880	248,320	100	13,200	
	1.4 LED20s/830 C	Lamp	132	145	19,140	0	0	
	1.5 Single Pole Switch	SET	113	38	4,294	30	3,390	
	1.6 ชุดรวมกล่อง+ฝาครอบสวิตช์	SET	113	22	2,486	20	2,660	

ลำดับ	รายการ	หน่วย	ปริมาณ	ค่าวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวม
				ราคาหน่วย	รวม	ราคาหน่วย	รวม	
C.2								
	Receptacle System							
	2.1 THW 2.5 Sq.mm.	m.	1015	11.40	11,571	3	3,045	
	2.2 Grounding Duplex Receptacle with Safety Shutter	SET	125	220	3,080	30	3,750	
	2.3 ชุดรวมกล่อง+ฝาครอบสวิตช์	SET	125	22	2,750	20	2,500	
C.3								
	Air Condition System							
	3.1 THW 4 Sq.mm.	m.	395	17.20	6,794	4	1580	
	3.2 Air condition 10,000 BTU/h	SET	4	18,900	75,600	2,500	10,000	
	3.3 Air condition 13,000 BTU/h	SET	25	20,900	522,500	2,500	62,500	
	3.4 Air condition 18,000 BTU/h	SET	3	28,900	86,700	2,500	7,500	
	3.5 Air condition 24,000 BTU/h	SET	6	34,900	209,400	2,500	15,000	
C.4								
	Ventilator System							
	4.1 Mitsubishi VD-15Z4T5-C	SET	20	2,550	51,000	500	10,000	



ลำดับ		รายการ	หน่วย	ปริมาณ	ค่าวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวม
					ราคาหน่วย	รวม	ราคาหน่วย	รวม	
C.5									
	5.1								
		Master Antenna Television System							
	5.1	DIN TYPE Television Terminal	SET	17	210	3,570	150	2,550	
	5.2	RG-6U BigCCTV	m.	570	5	2,850	0	0	
	5.3	Multi Switch 5x24 Idea Sat	SET	1	2,600	2,600	0	0	
C.6									
		Telephone & CCTV System							
	6.1	TC Wall-Box Cabinet for 1x3 pos. BMF 30P	SET	1	570	570	0	0	
	6.2	TIEV cable 4C 0.65mm.	m.	540	9.35	5,049	15	8,100	
	6.3	Day/Night Fixed Dome Camera WV-CF634	SET	1	14,500	14,500	500	500	
	6.4	Fixed Analogue Dome Camera WV-CW324L	SET	5	22,500	112,500	500	2,500	
	6.5	Telephone Modular Jack (6P 4C)	SET	20	165	3,300	150	3,000	
C.7									
		Water Heater System							
		EWE451AX-DW	SET	20	3,790	75,800	500	10,000	

ลำดับ	รายการ	หน่วย	ปริมาณ	ค่าวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวม
				ราคาหน่วย	รวม	ราคาหน่วย	รวม	
		THW 4 Sq.mm	m.	205	17.20	3,526	4	820
C.8								
	9.1	Consumer Unit 10 ช่อง	SET	17	2,630	44,710	200	3,400
	9.2	Circuit Breaker						
		MCB 16 A 1p	SET	53	550	29,150	0	0
		MCB 32 A 1p	SET	16	550	8,800	0	0
		MCB 40 A 1p	SET	13	810	10,530	0	0
		MCB 50 A 1p	SET	4	810	3,240	0	0
		RCCB 40A 6kA 30mA	SET	17	2,100	35,700	0	0
		THW 16 Sq.mm	m.	336	76.5	25,704	16	5,376
		THW 25 Sq.mm	m.	129	120	15,480	25	3,225
		รวมราคางจร SDB-03				1,671,116		170,496
D		Sub Distribution Board (SDB-04)						
D.1								
		Lighting System						

ลำดับ		รายการ	หน่วย	ปริมาณ	ค่าวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวม
					ราคาหน่วย	รวม	ราคาหน่วย	รวม	
	1.1	THW 2.5 Sq.mm.	m.	1,605	11.40	18,297	3	4,815	
	1.2	TL5-28W - TMS122 1xTL5-28W EBS AL	SET	8	1,340	10,720	50	400	
	1.3	โคมฝังฝ้า DN490B IP44 1xLED20s/830 C	SET	132	1,880	248,320	100	13,200	
	1.4	LED20s/830 C	Lamp	132	145	19,140	0	0	
	1.5	Single Pole Switch	SET	113	38	4,294	30	3,390	
	1.6	ชุดรวมกล่อง+ฝาครอบสวิตช์	SET	113	22	2,486	20	2,660	
D.2									
		Receptacle System							
	2.1	THW 2.5 Sq.mm.	m.	1015	11.40	11,571	3	3,045	
	2.2	Grounding Duplex Receptacle with Safety Shutter	SET	125	220	3,080	30	3,750	
	2.3	ชุดรวมกล่อง+ฝาครอบสวิตช์	SET	125	22	2,750	20	2,500	
D.3									
		Air Condition System							
	3.1	THW 4 Sq.mm.	m.	395	17.20	6,794	4	1580	
	3.2	Air condition 10,000 BTU/h	SET	4	18,900	75,600	2,500	10,000	

ลำดับ		รายการ	หน่วย	ปริมาณ	ค่าวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวม
					ราคาหน่วย	รวม	ราคาหน่วย	รวม	
	3.3	Air condition 13,000 BTU/h	SET	25	20,900	522,500	2,500	62,500	
	3.4	Air condition 18,000 BTU/h	SET	3	28,900	86,700	2,500	7,500	
	3.5	Air condition 24,000 BTU/h	SET	6	34,900	209,400	2,500	15,000	
D.4									
		Ventilator System							
	4.1	Mitsubishi VD-15Z4T5-C	SET	20	2,550	51,000	500	10,000	
D.5									
	5.1								
		Master Antenna Television System							
	5.1	DIN TYPE Television Terminal	SET	17	210	3,570	150	2,550	
	5.2	RG-6U BigCCTV	m.	570	5	2,850	0	0	
	5.3	Multi Switch 5x24 Idea Sat	SET	1	2,600	2,600	0	0	
D.6									
		Telephone & CCTV System							
	6.1	TC Wall-Box Cabinet for 1x3 pos. BMF 30P	SET	1	570	570	0	0	
	6.2	TIEV cable 4C 0.65mm.	m.	540	9.35	5,049	15	8,100	

ลำดับ		รายการ	หน่วย	ปริมาณ	ค่าวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวม
					ราคาหน่วย	รวม	ราคาหน่วย	รวม	
	6.3	Day/Night Fixed Dome Camera WV-CF634	SET	1	14,500	14,500	500	500	
	6.4	Fixed Analogue Dome Camera WV-CW324L	SET	5	22,500	112,500	500	2,500	
	6.5	Telephone Modular Jack (6P 4C)	SET	20	165	3,300	150	3,000	
D.7									
		Water Heater System							
		EWE451AX-DW	SET	20	3,790	75,800	500	10,000	
		THW 4 Sq.mm	m.	205	17.20	3,526	4	820	
D.8									
	9.1	Consumer Unit 10 ช่อง	SET	17	2,630	44,710	200	3,400	
	9.2	Circuit Breaker							
		MCB 16 A 1p	SET	53	550	29,150	0	0	
		MCB 32 A 1p	SET	16	550	8,800	0	0	
		MCB 40 A 1p	SET	13	810	10,530	0	0	
		MCB 50 A 1p	SET	4	810	3,240	0	0	
		RCCB 40A 6kA 30mA	SET	17	2,100	35,700	0	0	
		THW 16 Sq.mm	m.	336	76.5	25,704	16	5,376	

ลำดับ	รายการ	หน่วย	ปริมาณ	ค่าวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวม
				ราคาหน่วย	รวม	ราคาหน่วย	รวม	
	THW 25 Sq.mm	m.	129	120	15,480	25	3,225	
	รวมราคางจร SDB-04				1,671,116		170,496	1,841,612
<b>E</b>	<b>Sub Distribution Board (SDB-05)</b>							
E.1								
	Lighting System							
	1.1 THW 2.5 Sq.mm.	m.	1,605	11.40	18,297	3	4,815	
	1.2 TL5-28W - TMS122 1xTL5-28W EBS AL	SET	8	1,340	10,720	50	400	
	1.3 โคมฝังฝ้า DN490B IP44 1xLED20s/830 C	SET	132	1,880	248,320	100	13,200	
	1.4 LED20s/830 C	Lamp	132	145	19,140	0	0	
	1.5 Single Pole Switch	SET	113	38	4,294	30	3,390	
	1.6 ชุดรวมกล่อง+ฝาครอบสวิตช์	SET	113	22	2,486	20	2,660	
E.2								
	Receptacle System							
	2.1 THW 2.5 Sq.mm.	m.	1015	11.40	11,571	3	3,045	

ลำดับ		รายการ	หน่วย	ปริมาณ	ค่าวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวม
					ราคาหน่วย	รวม	ราคาหน่วย	รวม	
	2.2	Grounding Duplex Receptacle with Safety Shutter	SET	125	220	3,080	30	3,750	
	2.3	ชุดรวมกล่อง+ฝาครอบสวิตช์	SET	125	22	2,750	20	2,500	
E.3									
		Air Condition System							
	3.1	THW 4 Sq.mm.	m.	395	17.20	6,794	4	1580	
	3.2	Air condition 10,000 BTU/h	SET	4	18,900	75,600	2,500	10,000	
	3.3	Air condition 13,000 BTU/h	SET	25	20,900	522,500	2,500	62,500	
	3.4	Air condition 18,000 BTU/h	SET	3	28,900	86,700	2,500	7,500	
	3.5	Air condition 24,000 BTU/h	SET	6	34,900	209,400	2,500	15,000	
E.4									
		Ventilator System							
	4.1	Mitsubishi VD-15Z4T5-C	SET	20	2,550	51,000	500	10,000	
E.5									
	5.1								
		Master Antenna Television System							

ลำดับ	รายการ	หน่วย	ปริมาณ	ค่าวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวม
				ราคาหน่วย	รวม	ราคาหน่วย	รวม	
	5.1	DIN TYPE Television Terminal	SET	17	210	3,570	150	2,550
	5.2	RG-6U BigCCTV	m.	570	5	2,850	0	0
	5.3	Multi Switch 5x24 Idea Sat	SET	1	2,600	2,600	0	0
E.6								
		Telephone & CCTV System						
	6.1	TC Wall-Box Cabinet for 1x3 pos. BMF 30P	SET	1	570	570	0	0
	6.2	TIEV cable 4C 0.65mm.	m.	540	9.35	5,049	15	8,100
	6.3	Day/Night Fixed Dome Camera WV-CF634	SET	1	14,500	14,500	500	500
	6.4	Fixed Analogue Dome Camera WV-CW324L	SET	5	22,500	112,500	500	2,500
	6.5	Telephone Modular Jack (6P 4C)	SET	20	165	3,300	150	3,000
E.7								
		Water Heater System						
		EWE451AX-DW	SET	20	3,790	75,800	500	10,000
		THW 4 Sq.mm	m.	205	17.20	3,526	4	820
E.8								
	9.1	Consumer Unit 10 ช่อง	SET	17	2,630	44,710	200	3,400



ลำดับ		รายการ	หน่วย	ปริมาณ	ค่าวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวม
					ราคาหน่วย	รวม	ราคาหน่วย	รวม	
	9.2	Circuit Breaker							
		MCB 16 A 1p	SET	53	550	29,150	0	0	
		MCB 32 A 1p	SET	16	550	8,800	0	0	
		MCB 40 A 1p	SET	13	810	10,530	0	0	
		MCB 50 A 1p	SET	4	810	3,240	0	0	
		RCCB 40A 6kA 30mA	SET	17	2,100	35,700	0	0	
		THW 16 Sq.mm	m.	336	76.5	25,704	16	5,376	
		THW 25 Sq.mm	m.	129	120	15,480	25	3,225	
		รวมราคางจร SDB-05				1,671,116		170,496	1,841,612
<b>F</b>		<b>Sub Distribution Board (SDB-06)</b>							
F.1									
		Lighting System							
	1.1	THW 2.5 Sq.mm.	m.	1,605	11.40	18,297	3	4,815	
	1.2	TL5-28W - TMS122 1xTL5-28W EBS AL	SET	8	1,340	10,720	50	400	
	1.3	โคมฝังฝ้า DN490B IP44 1xLED20s/830 C	SET	132	1,880	248,320	100	13,200	

ลำดับ		รายการ	หน่วย	ปริมาณ	ค่าวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวม
					ราคาหน่วย	รวม	ราคาหน่วย	รวม	
	1.4	LED20s/830 C	Lamp	132	145	19,140	0	0	
	1.5	Single Pole Switch	SET	113	38	4,294	30	3,390	
	1.6	ชุดรวมกล่อง+ฝาครอบสวิตช์	SET	113	22	2,486	20	2,660	
F.2									
		Receptacle System							
	2.1	THW 2.5 Sq.mm.	m.	1015	11.40	11,571	3	3,045	
	2.2	Grounding Duplex Receptacle with Safety Shutter	SET	125	220	3,080	30	3,750	
	2.3	ชุดรวมกล่อง+ฝาครอบสวิตช์	SET	125	22	2,750	20	2,500	
F.3									
		Air Condition System							
	3.1	THW 4 Sq.mm.	m.	395	17.20	6,794	4	1580	
	3.2	Air condition 10,000 BTU/h	SET	4	18,900	75,600	2,500	10,000	
	3.3	Air condition 13,000 BTU/h	SET	25	20,900	522,500	2,500	62,500	
	3.4	Air condition 18,000 BTU/h	SET	3	28,900	86,700	2,500	7,500	
	3.5	Air condition 24,000 BTU/h	SET	6	34,900	209,400	2,500	15,000	

ลำดับ	รายการ	หน่วย	ปริมาณ	ค่าวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวม
				ราคาหน่วย	รวม	ราคาหน่วย	รวม	
F.4								
	Ventilator System							
	4.1 Mitsubishi VD-15Z4T5-C	SET	20	2,550	51,000	500	10,000	
F.5								
	5.1							
	Master Antenna Television System							
	5.1 DIN TYPE Television Terminal	SET	17	210	3,570	150	2,550	
	5.2 RG-6U BigCCTV	m.	570	5	2,850	0	0	
	5.3 Multi Switch 5x24 Idea Sat	SET	1	2,600	2,600	0	0	
F.6								
	Telephone & CCTV System							
	6.1 TC Wall-Box Cabinet for 1x3 pos. BMF 30P	SET	1	570	570	0	0	
	6.2 TIEV cable 4C 0.65mm.	m.	540	9.35	5,049	15	8,100	
	6.3 Day/Night Fixed Dome Camera WV-CF634	SET	1	14,500	14,500	500	500	
	6.4 Fixed Analogue Dome Camera WV-CW324L	SET	5	22,500	112,500	500	2,500	
	6.5 Telephone Modular Jack (6P 4C)	SET	20	165	3,300	150	3,000	

ลำดับ	รายการ	หน่วย	ปริมาณ	ค่าวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวม
				ราคาหน่วย	รวม	ราคาหน่วย	รวม	
F.7								
	Water Heater System							
	EWE451AX-DW	SET	20	3,790	75,800	500	10,000	
	THW 4 Sq.mm	m.	205	17.20	3,526	4	820	
F.8								
	9.1 Consumer Unit 10 ช่อง	SET	17	2,630	44,710	200	3,400	
	9.2 Circuit Breaker							
	MCB 16 A 1p	SET	53	550	29,150	0	0	
	MCB 32 A 1p	SET	16	550	8,800	0	0	
	MCB 40 A 1p	SET	13	810	10,530	0	0	
	MCB 50 A 1p	SET	4	810	3,240	0	0	
	RCCB 40A 6kA 30mA	SET	17	2,100	35,700	0	0	
	THW 16 Sq.mm	m.	336	76.5	25,704	16	5,376	
	THW 25 Sq.mm	m.	129	120	15,480	25	3,225	
	รวมราคางจร SDB-06				1,671,116		170,496	1,841,612

ลำดับ		รายการ	หน่วย	ปริมาณ	ค่าวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวม
					ราคาหน่วย	รวม	ราคาหน่วย	รวม	
<b>G</b>		<b>Sub Distribution Board )SDB-07(</b>							
G.1									
		Lighting System							
	1.1	THW 2.5 Sq.mm.	m.	1,495	11.40	17,043	3	4,485	
	1.2	TL5-28W - TMS122 1xTL5-28W EBS AL	SET	6	1,340	8,040	50	300	
	1.3	โคมฝังฝ้า DN490B IP44 1xLED20s/830 C	SET	129	1,880	242,520	100	12,900	
	1.4	LED20s/830 C	Lamp	129	145	18,705	0	0	
	1.5	Single Pole Switch	SET	107	38	4,066	30	3,210	
	1.6	ชุดรวมกล่อง+ฝาครอบสวิตช์	SET	107	22	2,354	20	2,354	
G.2									
		Receptacle System							
	2.1	THW 2.5 Sq.mm.	m.	970	11.40	11,058	3	2,910	
	2.2	Grounding Duplex Receptacle with Safety Shutter	SET	118	220	25,960	30	3,540	
	2.3	ชุดรวมกล่อง+ฝาครอบสวิตช์	SET	118	22	2,596	20	2,360	

ลำดับ	รายการ	หน่วย	ปริมาณ	ค่าวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวม
				ราคาหน่วย	รวม	ราคาหน่วย	รวม	
G.3								
	Air Condition System							
	3.1 THW 4 Sq.mm.	m.	380	17.20	6,536	4	1,520	
	3.2 Air condition 10,000 BTU/h	SET	4	18,900	75,600	2,500	10,000	
	3.3 Air condition 13,000 BTU/h	SET	23	20,900	480,700	2,500	57,500	
	3.4 Air condition 18,000 BTU/h	SET	3	28,900	86,700	2,500	7,500	
	3.5 Air condition 24,000 BTU/h	SET	4	34,900	139,600	2,500	10,000	
	3.6 Air condition 30,000 BTU/h	SET	3	41,900	125,700	2,500	7,500	
G.4								
	Ventilator System							
	4.1 Mitsubishi VD-15Z4T5-C	SET	19	2,550	48,450	500	9,500	
G.5								
	5.1							
	Master Antenna Television System							
	5.1 DIN TYPE Television Terminal	SET	16	210	3,360	150	2,400	
	5.2 RG-6U BigCCTV	m.	530	5	2,650	0	0	

ลำดับ		รายการ	หน่วย	ปริมาณ	ค่าวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวม
					ราคาหน่วย	รวม	ราคาหน่วย	รวม	
	5.3	Multi Switch 5x24 Idea Sat	SET	1	2,600	2,600	0	0	
G.6									
		Telephone & CCTV System							
	6.1	TC Wall-Box Cabinet for 1x3 pos. BMF 30P	SET	1	570	570	0	0	
	6.2	TIEV cable 4C 0.65mm.	m.	500	9.35	4,675	15	7,500	
	6.3	Day/Night Fixed Dome Camera WV-CF634	SET	1	14,500	14,500	500	500	
	6.4	Fixed Analogue Dome Camera WV-CW324L	SET	5	22,500	112,500	500	2,500	
	6.5	Telephone Modular Jack (6P 4C)	SET	16	165	2,640	150	2,400	
G.7									
		Water Heater System							
		EWE451AX-DW	SET	19	3,790	72,010	500	9,500	
		THW 4 Sq.mm	m.	195	17.20	3,354	4	780	
G.8									
	9.1	Consumer Unit 10 ช่อง	SET	16	2,630	42,080	200	3,200	
	9.2	Circuit Breaker							
		MCB 16 A 1p	SET	50	550	27,500	0	0	

ลำดับ	รายการ	หน่วย	ปริมาณ	ค่าวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวม
				ราคาหน่วย	รวม	ราคาหน่วย	รวม	
	MCB 32 A 1p	SET	15	550	8,250	0	0	
	MCB 40 A 1p	SET	11	810	8,910	0	0	
	MCB 50 A 1p	SET	5	810	4,240	0	0	
	RCCB 40A 6kA 30mA	SET	16	2,100	35,700	0	0	
	THW 16 Sq.mm	m.	310	76.5	23,715	16	4,960	
	THW 25 Sq.mm	m.	138	120	16,560	25	3,450	
	รวมราคาวงจร SDB-07				1,681,412		172,769	1,854,181
<b>H</b>	<b>Sub Distribution Board (SDB-08)</b>							
H.1								
	Lighting System							
1.1	THW 2.5 Sq.mm.	m.	1,475	11.40	16,815	3	4,425	
1.2	TL5-28W - TMS122 1xTL5-28W EBS AL	SET	8	1,340	10,720	50	400	
1.3	โคมฝังฝ้า DN490B IP44 1xLED20s/830 C	SET	129	1,880	242,520	100	12,900	
1.4	LED20s/830 C	Lamp	129	145	20,155	0	0	
1.5	Single Pole Switch	SET	107	38	4,294	30	3,390	



ลำดับ		รายการ	หน่วย	ปริมาณ	ค่าวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวม
					ราคาหน่วย	รวม	ราคาหน่วย	รวม	
	1.6	ชุดรวมกล่อง+ฝาครอบสวิตช์	SET	107	22	2,486	20	2,660	
H.2									
		Receptacle System							
	2.1	THW 2.5 Sq.mm.	m.	970	11.40	11,058	3	2,910	
	2.2	Grounding Duplex Receptacle with Safety Shutter	SET	118	220	25,960	30	3,540	
	2.3	ชุดรวมกล่อง+ฝาครอบสวิตช์	SET	118	22	2,596	20	2,360	
H.3									
		Air Condition System							
	3.1	THW 4 Sq.mm.	m.	360	17.20	6,794	4	1580	
	3.2	Air condition 10,000 BTU/h	SET	4	18,900	75,600	2,500	10,000	
	3.3	Air condition 13,000 BTU/h	SET	23	20,900	480,700	2,500	57,500	
	3.4	Air condition 18,000 BTU/h	SET	3	28,900	86,700	2,500	7,500	
	3.5	Air condition 24,000 BTU/h	SET	4	34,900	139,600	2,500	10,000	
H.4									
		Ventilator System							

ลำดับ		รายการ	หน่วย	ปริมาณ	ค่าวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวม
					ราคาหน่วย	รวม	ราคาหน่วย	รวม	
	4.1	Mitsubishi VD-15Z4T5-C	SET	19	2,550	48,450	500	9,500	
H.5									
	5.1								
		Master Antenna Television System							
	5.1	DIN TYPE Television Terminal	SET	17	210	3,570	150	2,550	
	5.2	RG-6U BigCCTV	m.	570	5	2,850	0	0	
	5.3	Multi Switch 5x24 Idea Sat	SET	1	2,600	2,600	0	0	
	5.4	PSI satellite dish D185/F	SET	1	2,700	2,700	1,300	1,300	
	5.5	TRUE VISION satellite dish	SET	1	1,690	1,690	900	900	
H.6									
		Telephone & CCTV System							
	6.1	TC Wall-Box Cabinet for 1x3 pos. BMF 30P	SET	1	570	570	0	0	
	6.2	TIEV cable 4C 0.65mm.	m.	480	9.35	5,049	15	8,100	
	6.3	Day/Night Fixed Dome Camera WV-CF634	SET	1	14,500	14,500	500	500	
	6.4	Fixed Analogue Dome Camera WV-CW324L	SET	5	22,500	112,500	500	2,500	
	6.5	Telephone Modular Jack (6P 4C)	SET	15	165	3,300	150	3,000	

ลำดับ	รายการ	หน่วย	ปริมาณ	ค่าวัสดุ		ค่าแรงงาน		
				ราคาหน่วย	รวม	ราคาหน่วย	รวม	
H.7								
	Water Heater System							
	EWE451AX-DW	SET	19	3,790	72,010	500	9,500	
	THW 4 Sq.mm	m.	195	17.20	3,526	4	780	
H.8								
	9.1 Consumer Unit 10 ช่อง	SET	16	2,630	42,080	200	3,200	
	9.2 Circuit Breaker							
	MCB 16 A 1p	SET	49	550	26,950	0	0	
	MCB 32 A 1p	SET	15	550	8,250	0	0	
	MCB 40 A 1p	SET	12	810	9,720	0	0	
	MCB 50 A 1p	SET	4	810	3,240	0	0	
	RCCB 40A 6kA 30mA	SET	16	2,100	33,600	0	0	
	THW 16 Sq.mm	m.	310	76.5	23,715	16	4,960	
	THW 25 Sq.mm	m.	138	120	16,560	25	3,450	
	รวมราคางจร SDB-08				1,677,121		169,636	1,846,757

ลำดับ		รายการ	หน่วย	ปริมาณ	ค่าวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวม
					ราคาหน่วย	รวม	ราคาหน่วย	รวม	
ก		<b>Main Distribution Board (MDB-01)</b>							
	1.1	Circuit Breaker							
		ACB 1000 AT 3P	SET	1	295,700	295,700	0	0	
		MCCB 200 AT 3P	SET	8	55,000	440,000	0	0	
		THW 240 Sq.mm	m.	1,800	879	1,582,200	0	0	
	1.2	Transformer 630 kV	SET	1	353,100	353,100	0	0	
		XLPE 300 Sq.mm	m.	120	5,573	668,760	0	0	
		รวมราคาวงจร MDB-1				3,339,760		0	3,339,760
		ราคารวม				19,611,075		1,714,530	21,325,605

### เอกสารอ้างอิง

1. สุรวัฒน์ เสรีวิวัฒนา. การออกแบบระบบไฟฟ้า. พิมพ์ครั้งที่ 2 กรุงเทพฯ : ศูนย์ผลิตตำราเรียน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2553.
2. ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์. การออกแบบระบบไฟฟ้า. พิมพ์ครั้งที่ 2 กรุงเทพฯ : บริษัท จี.บี.พี. เซ็นเตอร์ จำกัด, 2548.
3. ศุภี บรรจงจิตร. หลักการและเทคนิคการออกแบบระบบไฟฟ้า. พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดดูเคชั่น, 2547.
4. ลือชัย ทองนิล. การออกแบบและติดตั้งระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้. พิมพ์ครั้งที่ 4 กรุงเทพฯ : บริษัท ส.เอเชียเพรส(1989) จำกัด, 2554.
5. สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์. มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2545 (ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 1 พ.ศ. 2551). พิมพ์ครั้งที่ 3 กรุงเทพฯ : บริษัท โกลบอล กราฟฟิค จำกัด, 2555.
6. สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์. มาตรฐานการป้องกันฟ้าผ่าสำหรับสิ่งปลูกสร้าง. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์, 2546.
7. สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์. มาตรฐานระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : บริษัท โกลบอล กราฟฟิค จำกัด, 2555.

ภาคผนวก ก

ตารางแสดงโหลด

ตารางที่ ก-1 ตารางแสดงโหลดของคอนโดมิเนียม (ตู้ SBD-01)

No	Description	Load (VA)			Length (m)	Cable (m <sup>2</sup> )	Ohm/m		Short-circuit (kA)		CB				
		A	B	C			$Rl$	$Xl$	$I_{sc}$	$I_{end\ sc}$	AT	xln	$I_{cu}$	$I_{cs}$	Pole
1	Elevator	21177			53	16	0.61571	0.004982	16.97	3.36	40	320	20	10	3
2	Elevator		21177												
3	Elevator			21177											
4	Elevator	21177			53	16	0.061571	0.004982	16.97	3.36	40	320	20	10	3
5	Elevator		21177												
6	Elevator			21177											
7	Pump	12941			62	16	0.072026	0.005828	16.97	2.92	40	320	20	10	3
8	Pump		12941												
9	Pump			12941											
10	Center	17628			57	16	0.006691	0.000774	16.97	13.03	50	250	30	15	1
11	Emergency		3669		54	16	0.022072	0.00171	16.97	7.57	40	200	20	10	1
12															

ตารางที่ ก-1 (ต่อ) ตารางแสดงโหลดของคอนโดมิเนียม (ตู้ SBD-01)

No	Description	Load (VA)			Length (m)	Cable (m <sup>2</sup> )	Ohm/m		Short-circuit (kA)		CB				
		A	B	C			$Rl$	$Xl$	$I_{sc}$	$I_{end\ sc}$	AT	xln	$I_{cu}$	$I_{cs}$	Pole
13															
14															
15															
16															
17															
Sum		67174	62458	55033			0.223931	0.018276							



ตารางที่ ก-2 ตารางแสดงโหลดของคอนโดมิเนียม (ตู้ SBD-02)

No	Description	Load (VA)			Length (m)	Cable (m <sup>2</sup> )	Ohm/m		Short-circuit (kA)		CB				
		A	B	C			$Rl$	$Xl$	$I_{sc}$	$I_{end\ sc}$	AT	xln	$I_{cu}$	$I_{cs}$	Pole
1	0201	9460			11	16	0.012779	0.00099	16.24	10.06	40	200	25	12.5	1
2	0202		17193		19	25x2	0.014126	0.001634	16.24	9.46	50	250	25	12.5	1
3	0203			17193	25	25x2	0.018587	0.00215	16.24	8.15	50	250	25	12.5	1
4	0204	17193			38	25x2	0.028253	0.003268	16.24	6.19	50	250	25	12.5	1
5	0205		16855		47	25x2	0.034944	0.004042	16.24	5.28	50	250	25	12.5	1
6	0206			9460	54	16	0.062732	0.00486	16.24	3.28	40	200	25	12.5	1
7	0207	9460			48	16	0.055762	0.00432	16.24	3.64	40	200	25	12.5	1
8	0208		9460		45	16	0.052277	0.00405	16.24	3.85	40	200	25	12.5	1
9	0209			9460	39	16	0.045307	0.00351	16.24	4.34	40	200	25	12.5	1
10	0210	9460			36	16	0.041822	0.00324	16.24	4.63	40	200	25	12.5	1
11	0211		9460		30	16	0.034851	0.0027	16.24	5.35	40	200	25	12.5	1
12	0212			9460	26	16	0.030204	0.00234	16.24	5.97	40	200	25	12.5	1

ตารางที่ ก-2 (ต่อ) ตารางแสดงโหลดของคอนโดมิเนียม (ตู้ SBD-02)

No	Description	Load (VA)			Length (m)	Cable (m <sup>2</sup> )	Ohm/m		Short-circuit (kA)		CB				
		A	B	C			$Rl$	$Xl$	$I_{sc}$	$I_{end\ sc}$	AT	xln	$I_{cu}$	$I_{cs}$	Pole
13	0213	9460			20	16	0.023234	0.0018	16.24	7.14	40	200	25	12.5	1
14	0214		9460		17	16	0.019749	0.00153	16.24	7.96	40	200	25	12.5	1
15	0215			9460	14	16	0.010409	0.00126	16.24	10.83	40	200	25	12.5	1
16	0216	9460			17	16	0.019749	0.00153	16.24	7.96	40	200	25	12.5	1
17	Center		7588		9	16	0.010455	0.00081	16.24	10.97	40	200	25	12.5	1
Sum		64493	70046	55033			0.515242	0.044034							

ตารางที่ ก-3 ตารางแสดงโหลดของคอนโดมิเนียม (ตู้ SBD-03)

No	Description	Load (VA)			Length (m)	Cable (m <sup>2</sup> )	Ohm/m		Short-circuit (kA)		CB				
		A	B	C			$Rl$	$Xl$	$I_{sc}$	$I_{end\ sc}$	AT	xln	$I_{cu}$	$I_{cs}$	Pole
1	0301	9460			11	16	0.012779	0.00099	16.01	9.97	40	200	25	12.5	1
2	0302		17193		19	25x2	0.014126	0.001634	16.01	9.38	50	250	25	12.5	1
3	0303			17193	25	25x2	0.018587	0.00215	16.01	8.08	50	250	25	12.5	1
4	0304	17193			38	25x2	0.028253	0.003268	16.01	6.15	50	250	25	12.5	1
5	0305		16855		47	25x2	0.034944	0.004042	16.01	5.26	50	250	25	12.5	1
6	0306			9460	54	16	0.062732	0.00486	16.01	3.27	40	200	25	12.5	1
7	0307	9460			48	16	0.055762	0.00432	16.01	3.63	40	200	25	12.5	1
8	0308		9460		45	16	0.052277	0.00405	16.01	3.83	40	200	25	12.5	1
9	0309			9460	39	16	0.045307	0.00351	16.01	4.32	40	200	25	12.5	1
10	0310	9460			36	16	0.041822	0.00324	16.01	4.61	40	200	25	12.5	1
11	0311		9460		30	16	0.034851	0.0027	16.01	5.33	40	200	25	12.5	1
12	0312			9460	26	16	0.030204	0.00234	16.01	5.94	40	200	25	12.5	1

ตารางที่ ก-3 (ต่อ) ตารางแสดงโหลดของคอนโดมิเนียม (ตู้ SBD-03)

No	Description	Load (VA)			Length (m)	Cable (m <sup>2</sup> )	Ohm/m		Short-circuit (kA)		CB				
		A	B	C			$Rl$	$Xl$	$I_{sc}$	$I_{end\ sc}$	AT	xln	$I_{cu}$	$I_{cs}$	Pole
13	0313	9460			20	16	0.023234	0.0018	16.01	7.13	40	200	25	12.5	1
14	0314		9460		17	16	0.019749	0.00153	16.01	7.90	40	200	25	12.5	1
15	0315			9460	14	16	0.010409	0.00126	16.01	10.72	40	200	25	12.5	1
16	0316	9460			17	16	0.019749	0.00153	16.01	7.90	40	200	25	12.5	1
17	Center		7588		9	16	0.010455	0.00081	16.01	10.86	40	200	25	12.5	1
Sum		64493	70046	55033			0.515242	0.044034							

ตารางที่ ก-4 ตารางแสดงโหลดของคอนโดมิเนียม (ตู้ SBD-04)

No	Description	Load (VA)			Length (m)	Cable (m <sup>2</sup> )	Ohm/m		Short-circuit (kA)		CB				
		A	B	C			$Rl$	$Xl$	$I_{sc}$	$I_{end\ sc}$	AT	xln	$I_{cu}$	$I_{cs}$	Pole
1	0401	9460			11	16	0.012779	0.00099	15.79	9.88	40	200	25	12.5	1
2	0402		17193		19	25x2	0.014126	0.001634	15.79	9.30	50	250	25	12.5	1
3	0403			17193	25	25x2	0.018587	0.00215	15.79	8.02	50	250	25	12.5	1
4	0404	17193			38	25x2	0.028253	0.003268	15.79	6.12	50	250	25	12.5	1
5	0405		16855		47	25x2	0.034944	0.004042	15.79	5.23	50	250	25	12.5	1
6	0406			9460	54	16	0.062732	0.00486	15.79	3.27	40	200	25	12.5	1
7	0407	9460			48	16	0.055762	0.00432	15.79	3.62	40	200	25	12.5	1
8	0408		9460		45	16	0.052277	0.00405	15.79	3.82	40	200	25	12.5	1
9	0409			9460	39	16	0.045307	0.00351	15.79	4.31	40	200	25	12.5	1
10	0410	9460			36	16	0.041822	0.00324	15.79	4.60	40	200	25	12.5	1
11	0411		9460		30	16	0.034851	0.0027	15.79	5.30	40	200	25	12.5	1
12	0412			9460	26	16	0.030204	0.00234	15.79	5.90	40	200	25	12.5	1

ตารางที่ ก-4 (ต่อ) ตารางแสดงโหลดของคอนโดมิเนียม (ตู้ SBD-04)

No	Description	Load (VA)			Length (m)	Cable (m <sup>2</sup> )	Ohm/m		Short-circuit (kA)		CB				
		A	B	C			$Rl$	$Xl$	$I_{sc}$	$I_{end\ sc}$	AT	xln	$I_{cu}$	$I_{cs}$	Pole
13	0413	9460			20	16	0.023234	0.0018	15.79	7.08	40	200	25	12.5	1
14	0414		9460		17	16	0.019749	0.00153	15.79	7.84	40	200	25	12.5	1
15	0415			9460	14	16	0.010409	0.00126	15.79	10.61	40	200	25	12.5	1
16	0416	9460			17	16	0.019749	0.00153	15.79	7.84	40	200	25	12.5	1
17	Center		7588		9	16	0.010455	0.00081	15.79	10.75	40	200	25	12.5	1
Sum		64493	70046	55033			0.515242	0.044034							

ตารางที่ ก-5 ตารางแสดงโหลดของคอนโดมิเนียม (ตู้ SBD-05)

No	Description	Load (VA)			Length (m)	Cable (m <sup>2</sup> )	Ohm/m		Short-circuit (kA)		CB				
		A	B	C			$Rl$	$Xl$	$I_{sc}$	$I_{end\ sc}$	AT	xln	$I_{cu}$	$I_{cs}$	Pole
1	0501	9460			11	16	0.012779	0.00099	15.57	9.78	40	200	25	12.5	1
2	0502		17193		19	25x2	0.014126	0.001634	15.57	9.21	50	250	25	12.5	1
3	0503			17193	25	25x2	0.018587	0.00215	15.57	7.96	50	250	25	12.5	1
4	0504	17193			38	25x2	0.028253	0.003268	15.57	6.08	50	250	25	12.5	1
5	0505		16855		47	25x2	0.034944	0.004042	15.57	5.21	50	250	25	12.5	1
6	0506			9460	54	16	0.062732	0.00486	15.57	3.26	40	200	25	12.5	1
7	0507	9460			48	16	0.055762	0.00432	15.57	3.61	40	200	25	12.5	1
8	0508		9460		45	16	0.052277	0.00405	15.57	3.81	40	200	25	12.5	1
9	0509			9460	39	16	0.045307	0.00351	15.57	4.29	40	200	25	12.5	1
10	0510	9460			36	16	0.041822	0.00324	15.57	4.58	40	200	25	12.5	1
11	0511		9460		30	16	0.034851	0.0027	15.57	5.28	40	200	25	12.5	1
12	0512			9460	26	16	0.030204	0.00234	15.57	5.87	40	200	25	12.5	1

ตารางที่ ก-5 (ต่อ) ตารางแสดงโหลดของคอนโดมิเนียม (ตู้ SBD-05)

No	Description	Load (VA)			Length (m)	Cable (m <sup>2</sup> )	Ohm/m		Short-circuit (kA)		CB				
		A	B	C			$Rl$	$Xl$	$I_{sc}$	$I_{end\ sc}$	AT	xln	$I_{cu}$	$I_{cs}$	Pole
13	0513	9460			20	16	0.023234	0.0018	15.57	7.04	40	200	25	12.5	1
14	0514		9460		17	16	0.019749	0.00153	15.57	7.79	40	200	25	12.5	1
15	0515			9460	14	16	0.010409	0.00126	15.57	10.51	40	200	25	12.5	1
16	0516	9460			17	16	0.019749	0.00153	15.57	7.79	40	200	25	12.5	1
17	Center		7588		9	16	0.010455	0.00081	15.57	10.64	40	200	25	12.5	1
Sum		64493	70046	55033			0.515242	0.044034							



ตารางที่ ก-6 ตารางแสดงโหลดของคอนโดมิเนียม (ตู้ SBD-06)

No	Description	Load (VA)			Length (m)	Cable (m <sup>2</sup> )	Ohm/m		Short-circuit (kA)		CB				
		A	B	C			$Rl$	$Xl$	$I_{sc}$	$I_{end\ sc}$	AT	xln	$I_{cu}$	$I_{cs}$	Pole
1	0601	9460			11	16	0.012779	0.00099	15.35	9.69	40	200	25	12.5	1
2	0602		17193		19	25x2	0.014126	0.001634	15.35	9.13	50	250	25	12.5	1
3	0603			17193	25	25x2	0.018587	0.00215	15.35	7.90	50	250	25	12.5	1
4	0604	17193			38	25x2	0.028253	0.003268	15.35	6.05	50	250	25	12.5	1
5	0605		16855		47	25x2	0.034944	0.004042	15.35	5.18	50	250	25	12.5	1
6	0606			9460	54	16	0.062732	0.00486	15.35	3.25	40	200	25	12.5	1
7	0607	9460			48	16	0.055762	0.00432	15.35	3.59	40	200	25	12.5	1
8	0608		9460		45	16	0.052277	0.00405	15.35	3.80	40	200	25	12.5	1
9	0609			9460	39	16	0.045307	0.00351	15.35	4.27	40	200	25	12.5	1
10	0610	9460			36	16	0.041822	0.00324	15.35	4.56	40	200	25	12.5	1
11	0611		9460		30	16	0.034851	0.0027	15.35	5.26	40	200	25	12.5	1
12	0612			9460	26	16	0.030204	0.00234	15.35	5.84	40	200	25	12.5	1

ตารางที่ ก-6 (ต่อ) ตารางแสดงโหลดของคอนโดมิเนียม (ตู้ SBD-06)

No	Description	Load (VA)			Length (m)	Cable (m <sup>2</sup> )	Ohm/m		Short-circuit (kA)		CB				
		A	B	C			$Rl$	$Xl$	$I_{sc}$	$I_{end\ sc}$	AT	xln	$I_{cu}$	$I_{cs}$	Pole
13	0613	9460			20	16	0.023234	0.0018	15.35	6.99	40	200	25	12.5	1
14	0614		9460		17	16	0.019749	0.00153	15.35	7.73	40	200	25	12.5	1
15	0615			9460	14	16	0.010409	0.00126	15.35	10.40	40	200	25	12.5	1
16	0616	9460			17	16	0.019749	0.00153	15.35	7.73	40	200	25	12.5	1
17	Center		7588		9	16	0.010455	0.00081	15.35	10.53	40	200	25	12.5	1
Sum		64493	70046	55033			0.515242	0.044034							

ตารางที่ ก-7 ตารางแสดงโหลดของคอนโดมิเนียม (ตู้ SBD-07)

No	Description	Load (VA)			Length (m)	Cable (m <sup>2</sup> )	Ohm/m		Short-circuit (kA)		CB				
		A	B	C			$Rl$	$Xl$	$I_{sc}$	$I_{end\ sc}$	AT	xln	$I_{cu}$	$I_{cs}$	Pole
1	0701	9460			11	16	0.012779	0.00099	15.15	9.61	40	200	25	12.5	1
2	0702		17193		19	25x2	0.014126	0.001634	15.15	9.06	50	250	25	12.5	1
3	0703			17193	25	25x2	0.018587	0.00215	15.15	7.85	50	250	25	12.5	1
4	0704	17193			38	25x2	0.028253	0.003268	15.15	6.02	50	250	25	12.5	1
5	0705		16855		47	25x2	0.034944	0.004042	15.15	5.16	50	250	25	12.5	1
6	0706			9460	54	16	0.062732	0.00486	15.15	3.24	40	200	25	12.5	1
7	0707	9460			48	16	0.055762	0.00432	15.15	3.58	40	200	25	12.5	1
8	0708		9460		45	16	0.052277	0.00405	15.15	3.78	40	200	25	12.5	1
9	0709			9460	39	16	0.045307	0.00351	15.15	4.26	40	200	25	12.5	1
10	0710	9460			36	16	0.041822	0.00324	15.15	4.54	40	200	25	12.5	1
11	0711		9460		30	16	0.034851	0.0027	15.15	5.23	40	200	25	12.5	1
12	0712			9460	26	16	0.030204	0.00234	15.15	5.81	40	200	25	12.5	1

ตารางที่ ก-7 (ต่อ) ตารางแสดงโหลดของคอนโดมิเนียม (ตู้ SBD-07)

No	Description	Load (VA)			Length (m)	Cable (m <sup>2</sup> )	Ohm/m		Short-circuit (kA)		CB				
		A	B	C			$Rl$	$Xl$	$I_{sc}$	$I_{end\ sc}$	AT	xln	$I_{cu}$	$I_{cs}$	Pole
13	0713	9460			20	16	0.023234	0.0018	15.15	6.95	40	200	25	12.5	1
14	0714		9460		17	16	0.019749	0.00153	15.15	7.68	40	200	25	12.5	1
15	0715			9460	14	16	0.010409	0.00126	15.15	10.30	40	200	25	12.5	1
16	Center	12141			9	25	0.006691	0.000774	15.15	11.85	50	250	25	12.5	1
Sum		67174	62458	55033			0.491729	0.042468							

ตารางที่ ก-8 ตารางแสดงโหลดของคอนโดมิเนียม (ตู้ SBD-08)

No	Description	Load (VA)			Length (m)	Cable (m <sup>2</sup> )	Ohm/m		Short-circuit (kA)		CB				
		A	B	C			$Rl$	$Xl$	$I_{sc}$	$I_{end\ sc}$	AT	xln	$I_{cu}$	$I_{cs}$	Pole
1	0701	9460			11	16	0.012779	0.00099	14.94	9.52	40	200	25	12.5	1
2	0702		17193		19	25x2	0.014126	0.001634	14.94	8.89	50	250	25	12.5	1
3	0703			17193	25	25x2	0.018587	0.00215	14.94	7.79	50	250	25	12.5	1
4	0704	17193			38	25x2	0.028253	0.003268	14.94	5.99	50	250	25	12.5	1
5	0705		16855		47	25x2	0.034944	0.004042	14.94	5.14	50	250	25	12.5	1
6	0706			9460	54	16	0.062732	0.00486	14.94	3.23	40	200	25	12.5	1
7	0707	9460			48	16	0.055762	0.00432	14.94	3.57	40	200	25	12.5	1
8	0708		9460		45	16	0.052277	0.00405	14.94	3.77	40	200	25	12.5	1
9	0709			9460	39	16	0.045307	0.00351	14.94	4.24	40	200	25	12.5	1
10	0710	9460			36	16	0.041822	0.00324	14.94	4.52	40	200	25	12.5	1
11	0711		9460		30	16	0.034851	0.0027	14.94	5.21	40	200	25	12.5	1
12	0712			9460	26	16	0.030204	0.00234	14.94	5.78	40	200	25	12.5	1

ตารางที่ ก-8 (ต่อ) ตารางแสดงโหลดของคอนโดมิเนียม (ตู้ SBD-08)

No	Description	Load (VA)			Length (m)	Cable (m <sup>2</sup> )	Ohm/m		Short-circuit (kA)		CB				
		A	B	C			$Rl$	$Xl$	$I_{sc}$	$I_{end\ sc}$	AT	xln	$I_{cu}$	$I_{cs}$	Pole
13	0713	9460			20	16	0.023234	0.0018	14.94	6.90	40	200	25	12.5	1
14	0714		9460		17	16	0.019749	0.00153	14.94	7.62	40	200	25	12.5	1
15	0715			9460	14	16	0.010409	0.00126	14.94	10.20	40	200	25	12.5	1
16	Center	3498			9	16	0.006691	0.000774	14.94	10.32	40	200	25	12.5	1
Sum		58531	62458	55033			0.495493	0.042504							

ตารางที่ ก-9 ตารางแสดงโหลดของคอนโดมิเนียม (ตู้ MDB-01)

No	Description	Load (VA)			Length (m)	Cable (m <sup>2</sup> )	Ohm/m		Short-circuit (kA)		CB					$\Delta U_1 \emptyset$ (%)
		A	B	C			$Rl$	$Xl$	$I_{sc}$	$I_{end\ sc}$	AT	xln	$I_{cu}$	$I_{cs}$	Pole	
1	SDB-01	72923	58964	55295	17	240×2	0.001317	0.001343	19.38	16.97	200	1000	35	17.5	3	0.8030
2	SDB-02	64493	70046	55033	23	240×2	0.001781	0.001817	19.38	16.24	200	1000	35	17.5	3	1.0435
3	SDB-03	64493	70046	55033	25	240×2	0.001936	0.001975	19.38	16.01	200	1000	35	17.5	3	1.1342
4	SDB-04	64493	70046	55033	27	240×2	0.002091	0.002133	19.38	15.79	200	1000	35	17.5	3	1.2250
5	SDB-05	64493	70046	55033	29	240×2	0.002246	0.002291	19.38	15.57	200	1000	35	17.5	3	1.3157
6	SDB-06	64493	70046	55033	31	240×2	0.002401	0.002449	19.38	15.35	200	1000	35	17.5	3	1.4065
7	SDB-07	67174	62458	55033	33	240×2	0.002556	0.002607	19.38	15.15	200	1000	35	17.5	3	1.4358
8	SDB-08	58531	62458	55033	35	240×2	0.002711	0.002765	19.38	14.94	200	1000	35	17.5	3	1.4159
9																
SUM		521093	534110	440526			0.017038	0.01738								

### ประวัติผู้แต่ง

ปรินญาณพนธ์เรื่อง : การออกแบบระบบไฟฟ้าภายในอาคารสูง  
 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ  
 สาขาวิชา : วิศวกรรมไฟฟ้า  
 ภาควิชา : วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์  
 คณะ : วิศวกรรมศาสตร์  
 ชื่อ : นายสิรภพ เอื้ออารีโชค  
 ประวัติ

เกิดเมื่อวันที่ 26 สิงหาคม พ.ศ. 2536 ปัจจุบันอาศัยอยู่ 99/23 ตำบลบ้านใหม่ อำเภอปากเกร็ด  
 จังหวัดนนทบุรี 11120 สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ จากโรงเรียนเตรียม  
 วิศวกรรมศาสตร์ วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนคร  
 เหนือ ปีการศึกษา 2554 และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชา  
 วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระ  
 นครเหนือ ปีการศึกษา 2558

ชื่อ : นายสิทธิกร เฟื่องอุดม  
 ประวัติ

เกิดเมื่อวันที่ 25 ธันวาคม พ.ศ. 2536 ปัจจุบันอาศัยอยู่ 619/46 ถนนอนามัยงามเจริญ แขวงท่า  
 ข้าม เขตบางขุนเทียน จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10150 สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ  
 จากโรงเรียนเตรียมวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระ  
 จอมเกล้าพระนครเหนือ ปีการศึกษา 2554 และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชา  
 วิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย  
 เทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีการศึกษา 2558