การออกแบบระบบไฟฟ้าและระบบสัญญาณแจ้งเหตุเพลิงไหม้สำหรับคอนโดมิเนียม

THE ELECTRICAL SYSTEM DESIGN AND FIRE ALARM SYSTEM FOR CONDOMINIUM

นายบุญชัย บัวขม

นายอภิสิทธิ์ จรรยาพาณิชกุล

นายสิทธิโชค หาญมนตรี

โครงงานวิศวกรรมนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ปีการศึกษา 2559

การออกแบบระบบไฟฟ้าและระบบสัญญาณแจ้งเหตุเพลิงไหม้สำหรับคอนโดมิเนียม

THE ELECTRICAL SYSTEM DESIGN AND FIRE ALARM SYSTEM FOR CONDOMINIUM

นายบุญชัย บัวขม
นายอภิสิทธิ์ จรรยาพาณิชกุล
นายสิทธิโชค หาญมนตรี

โครงงานวิศวกรรมนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ปีการศึกษา 2559
ลิขสิทธิ์เป็นของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

โครงงานวิศวกรรม

เรื่อง

การออกแบบระบบไฟฟ้าและระบบสัญญาณแจ้งเหตุเพลิงไหม้สำหรับคอนโดมิเนียม

ของ

นายบุญชัย บัวขม

นายอภิสิทธิ์ จรรยาพาณิชกุล

นายสิทธิโชค หาญมนตรี

ได้รับอนุมัติจากคณะวิศวกรรมศาสตร์ให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร.เวคิน ปิยรัตน์)

คณะกรรมการสอบโครงงานวิศวกรรม

.....ประธาน

(อาจารย์ ดร.ธนาธิป สุ่มอิ่ม)

.....กรรมการ

(อาจารย์ ดร.คมกฤษ ประเสริฐวงษ์)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปฐมทัศน์ จิระเดชะ)

การออกแบบระบบไฟฟ้าและระบบสัญญาณแจ้งเหตุเพลิงไหม้ สำหรับคอนโดมิเนียม ปีการศึกษา 2559

โดย

นายบุญชัย บัวขม

นายอภิสิทธิ์ จรรยาพาณิชกุล

นายสิทธิโชค หาญมนตรี

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปฐมทัศน์ จิระเดชะ

บทคัดย่อ

โครงงานวิศวกรรมนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นการออกแบบระบบไฟฟ้าและระบบสัญญาณแจ้งเหตุเพลิงไหม้สำหรับคอนโดมิเนียม โดยใช้โปรแกรม AutoCAD เข้ามาช่วยในการเขียนแบบ การเดินสายของหลอดไฟ การเดินสายของเต้ารับ การออกแบบสายไฟฟ้า การออกแบบขนาดท่อร้อยสาย การออกแบบเซอร์กิตเบรกเกอร์ ออกแบบขนาดของหม้อแปลงที่เหมาะสมกับโหลดและการออกแบบระบบสัญญาณแจ้งเหตุเพลิงไหม้ให้เหมาะสมกับสถานที่ โดยรวมทั้งหมดของโครงงานนี้ได้ทำการออกแบบโดยคำนึงถึงความปลอดภัยและการประหยัดพลังงานเป็นหลักและอ้างอิงตามมาตรฐานทุกประการ

คำสำคัญ: การออกแบบระบบไฟฟ้า ระบบสัญญาณแจ้งเหตุเพลิงไหม้ การจัดทำตารางโหลด

THE ELECTRICAL SYSTEM DESIGN AND FIRE ALARM SYSTEM FOR CONDOMINIUM

Academic Year 2016

By

Mr. Boonchai Buakom

Mr. Apisit Janyapaniskul

Mr. Sitthichok hanmontri

Advisor

Asst. Prof. Dr. Pathomthat Chiradeja

Abstract

This project intends to design the electrical system and fire alarm system for condominium by using the computer aided design programming. The computer programming help to the appropriate position for lighting system and select the suitable the light source. In addition, the electrical wire size, size of raceways, size of circuit breaker and the size of transformer as well as the fire alarm system are also under this study. The electrical system and fire alarm system are designed under the related standards with the concerning of safety and energy conservation.

Keywords: Electrical system design, Fire alarm system, Load schedule

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานวิศวกรรมนี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความช่วยเหลือจากผู้มีพระคุณหลายท่าน คณะผู้จัดทำโครงงานขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปฐมทัศน์ จิระเดชะ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานที่ได้กรุณาเสียสละเวลาอันมีค่าเพื่อให้คำปรึกษา คำแนะนำ ตรวจแก้ไขความเรียบร้อย ตลอดจนการชี้แนะในการหาคำตอบในการแก้ไขปัญหาต่างๆ ระหว่างจัดทำโครงงานนี้ ด้วยความเอาใจใส่อย่างยิ่ง

คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณอาจารย์ และบุคลากรทางภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าทุกท่านที่อบรมสั่งสอน ให้ความรู้ คำแนะนำ และความช่วยเหลือแก่คณะผู้จัดทำ ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างสูงให้คณะผู้จัดทำนำมาใช้ในการศึกษาโครงงานวิศวกรรมนี้จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณหอสมุดมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่เป็นแหล่งศึกษาค้นคว้า ที่คอยสนับสนุนด้านตำราหนังสือ และเอกสารอ้างอิงต่างๆ ที่เกี่ยวกับโครงงานเล่มนี้

ขอขอบคุณคณะกรรมการสอบทุกท่าน ที่พิจารณาและให้คำแนะนำเกี่ยวกับโครงงานเล่มนี้

ท้ายที่สุดนี้ ทางคณะผู้จัดทำโครงงานขอขอบพระคุณทุกคนในครอบครัวที่ให้การสนับสนุนและให้กำลังใจในการศึกษาตลอดมา และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าโครงงานวิศวกรรมนี้ จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจนำไปศึกษาไม่มากก็น้อยต่อไป ความดีและประโยชน์ใดๆ จากโครงงานวิศวกรรมนี้ ขอมอบให้กับผู้มีพระคุณทุกท่านที่ได้กล่าวมาทั้งหมด

คณะผู้จัดทำโครงงาน

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ซ
รายการสัญลักษณ์	ฐ
ประมวลคำย่อ	ฑ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	1
1.3 ขอบเขตของโครงงาน	1
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ความรู้พื้นฐานด้านระบบไฟฟ้า	3
2.1.1 หลักการเบื้องต้นของการออกแบบระบบไฟฟ้า	3
2.1.2 มาตรฐาน	5
2.1.3 สายไฟฟ้า	8
2.1.4 ท่อร้อยสาย	17
2.1.5 บริภัณฑ์ไฟฟ้า	22
2.1.6 แผงวงจรย่อย	26
2.1.7 แผงสวิตช์	27
2.1.8 การต่อลงดิน	29
2.1.9 สายต่อหลักดิน	31
2.1.10 วงจรย่อย	39
2.1.11 รางเดินสาย	44
2.1.12 สายป้อน	45

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.1.13 การจัดทำรายการโหลด	46
2.1.14 ระบบสัญญาณแจ้งเหตุเพลิงไหม้	47
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน	87
3.1 แผนการดำเนินงาน	87
3.2 ขั้นตอนการออกแบบ	88
บทที่ 4 ผลการทดลอง	90
4.1 ระบบไฟฟ้า	90
4.1.1 สูตรที่ใช้ในการคำนวณ	90
4.1.2 โหลดห้องพัก	91
4.1.3 โหลดส่วนกลาง	119
4.1.4 รวมโหลดทั้งอาคาร	132
4.2 ระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ (Fire Alarm System)	153
4.2.1 การออกแบบอุปกรณ์ตรวจจับ	153
4.2.2 อุปกรณ์แจ้งเหตุด้วยมือ	153
4.2.3 อุปกรณ์แจ้งเหตุด้วยเสียง	153
4.2.4 การแบ่งโซน	153
4.2.5 การเลือกใช้อุปกรณ์ตรวจจับควัน	153
4.2.6 การเลือกใช้อุปกรณ์ตรวจจับความร้อน	153
บทที่ 5 สรุปผล และข้อเสนอแนะ	156
5.1 สรุปผล	156
5.2 ปัญหาในการดำเนินงาน	156
เอกสารอ้างอิง	157
ภาคผนวก	158
ประวัติย่อผู้ทำโครงงาน	166

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	เปรียบเทียบข้อแตกต่างของระบบไฟฟ้าระหว่างประเทศไทยกับประเทศสหรัฐอเมริกา	6
2.2	เปรียบเทียบคุณสมบัติตัวนำ	10
2.3	เปรียบเทียบคุณสมบัติของฉนวน	10
2.4	เปรียบเทียบสีของสายไฟฟ้า	11
2.5	พื้นที่หน้าตัดรวมของสายไฟทุกเส้นคิดเป็นร้อยละเทียบกับพื้นที่หน้าตัดของท่อ	17
2.6	เปรียบเทียบมาตรฐาน IEC 60898 กับ IEC 60947-2	23
2.7	ขนาดต่ำสุดของสายต่อหลักดินของระบบไฟฟ้ากระแสสลับ	35
2.8	ขนาดต่ำสุดของสายดินของบริภัณฑ์	38
2.9	ขนาดตัวนำและเครื่องป้องกันกระแสเกินของวงจรย่อย	41
2.10	แสดงความสัมพันธ์จำนวนกับตัวคูณ	44
2.11	ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับควัน	56
2.12	ระยะจัดวางตัวตรวจจับที่ติดบนเพดาน	83
3.1	แผนผังระยะเวลาการดำเนินการ	89
4.1	ตารางโหลดห้องพัก Type A	134
4.2	ตารางโหลดห้องพัก Type B , Type C	135
4.3	ตารางโหลดห้องพัก Duplex1	136
4.4	ตารางโหลดห้องพัก Duplex3	137
4.5	ตารางแสดงแผงจ่ายไฟ ที่ 1 ชั้น2	138
4.6	ตารางแสดงแผงจ่ายไฟ ที่ 2 , 3 , 4 , 5 ชั้น 3 , 4 , 5 , 6	139
4.7	ตารางแสดงแผงจ่ายไฟ ที่ 6 ชั้น 7	140
4.8	ตารางแสดงแผงจ่ายไฟ ที่ 7 ชั้น 8	141
4.9	ตารางแสดงแผงจ่ายไฟรวมห้องพัก	142
4.10	ตารางแสดงแผงจ่ายไฟส่วนกลาง ที่ 1 ชั้น2	143
4.11	ตารางแสดงแผงจ่ายไฟห้องนิติบุคคล	144
4.12	ตารางแสดงแผงจ่ายไฟส่วนกลาง ที่ 2 ชั้น 4	145
4.13	ตารางแสดงแผงจ่ายไฟส่วนกลาง ที่ 3 ชั้น 7	146

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.14	ตารางแสดงแผงจ่ายไฟรวมส่วนกลาง	147
4.15	ตารางแสดงแผงจ่ายไฟประธาน	148

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 แสดงระบบไฟฟ้าของประเทศต่างๆทั่วโลก	8
2.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความนำไฟฟ้ากับความต้านทานไฟฟ้าของลวดตัวนำ	9
2.3 ชนิดของสายตามมาตรฐาน มอก.11	12
2.4 สาย มอก.11-2553, 60227 IEC 01	12
2.5 สาย มอก.11-2553, 60227 IEC 10	13
2.6 สาย มอก.11-2553, NYY	14
2.7 สาย มอก.11-2553, VAF แบบสายแบน 2 แกน	14
2.8 สาย มอก.11-2553, VAF แบบสายแบน2 แกนมีสายดิน	15
2.9 สาย มอก.11-2553, VCT	15
2.10 สายไฟฟ้าตามมาตรฐานอื่น, XLPE ชนิดแกนเดียว	16
2.11 สายไฟฟ้าตามมาตรฐานอื่น, XLPE ชนิดหลายแกน	16
2.12 แสดงท่อ RMC	18
2.13 แสดงท่อ IMC	18
2.14 แสดงท่อ EMT	18
2.15 แสดงข้อต่อแบบมีเกลียวปลายเรียว ข้อต่อแบบขันด้วยสกรู และข้อต่อแบบอัดแน่น (ฝังในคอนกรีต)	19
2.16 การติดตั้งท่อร้อยสายเข้ากับกล่องต่อสาย	19
2.17 แสดงท่อ FMC	20
2.18 แสดงการติดตั้งท่อโลหะอ่อนเข้ากับดวงโคมบนฟ้าเพดาน	21
2.19 แสดงกลไกการสับสวิตช์ของเซอร์กิตเบรกเกอร์	22
2.20 แสดงตำแหน่งที่เหมาะสมสำหรับการเลือกใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์แรงดันต่ำ	25
2.21 แสดงโครงสร้างและส่วนประกอบต่างๆของแผงย่อยแบบ Main Lugs	26
2.22 แสดงโครงสร้างและส่วนประกอบต่างๆของแผงย่อยแบบ Main Circuit Breaker	26
2.23 ลักษณะภายในและภายนอกของแผงสวิตช์	27
2.24 แสดงตัวอย่างบัสบาร์	28

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.25 ส่วนประกอบต่างๆ ของระบบการต่อลงดิน	30
2.26 การต่อลงดินของระบบไฟฟ้ากระแสสลับที่มีระดับแรงดันตั้งแต่ 50 V – 1 kV	31
2.27 สายต่อหลักดิน	32
2.28 การต่อท่อสาย (Raceway) และสายต่อหลักดินเข้ากับหลักดิน	33
2.29 Grounding Pit	33
2.30 Exothermic Welding	34
2.31 สายที่มีการต่อลงดิน (สายนิวทรัล)	35
2.32 หม้อแปลงที่มีการต่อลงดินต้องเดินสายที่มีการต่อลงดินมายังบริภัณฑ์ประธาน	36
2.33 วงจรย่อยแสงสว่าง	39
2.34 วงจรย่อยเต้ารับ	39
2.35 วงจรย่อยแสงสว่างและเต้ารับ	40
2.36 วงจรย่อยเฉพาะ	40
2.37 แผงย่อยขนาด 12 วงจร	42
2.38 ตัวอย่างอุปกรณ์ตรวจจับควัน	50
2.39 การทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับควันไอโอไนเซชัน	51
2.40 การทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดไอโอไนเซชัน	52
2.41 การทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับควันแบบควันบังแสง	53
2.42 การทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับควันแบบควันบังแสง	53
2.43 การทำงานของออุปกรณ์ตรวจจับควันแบบหักเหแสง	54
2.44 การทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับควันแบบควันหักเหแสง	54
2.45 การหาระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดจุด สำหรับพื้นที่ทั่วไป	57
2.46 การหาระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับควันสำหรับช่องทางเดินกว้างไม่เกิน 3.6 เมตร	57
2.47 ตัวอย่างการติดตั้งและระยะห่างของออุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดสำหรับพื้นที่ผิวเอียง	58
2.48 ความสูงในการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดจุด	58
2.49 เพดานสูงระหว่าง 2.0 ถึง 4.0 เมตรพื้นที่ระหว่างคานน้อยกว่า 4.0	60

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่		หน้า
2.50	เพดานสูงระหว่าง 2.0 ถึง 4.0 เมตร พื้นที่ระหว่างคาน 4.0 ตรารางเมตร	60
2.51	การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับที่ใต้คาน สำหรับเพดานสูงเกิน 4.0 เมตร	61
2.52	ระยะห่างระหว่างคานเกิน 9.0 เมตร ต้องติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับเพิ่มเติมที่เพดาน	61
2.53	อุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดจุดและชนิดลำแสง	62
2.54	ระยะห่างและพื้นที่ครอบคลุมของอุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดลำแสง	63
2.55	ระยะห่างระหว่างตัวฉายแสงกับตัวรับแสงตามที่กำหนดโดยผู้ผลิต	64
2.56	เมื่อใช้กระจกเงา 1 บาน ระยะลำแสงลดลงเหลือเท่ากับ 2/3 เท่า ของที่กำหนดโดยผู้ผลิต	64
2.57	เมื่อใช้กระจกเงา 2 บาน ระยะลำแสงลดลงเหลือเท่ากับ 4/9 เท่าของที่กำหนดโดยผู้ผลิต	64
2.58	ความสูงในการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดลำแสง	65
2.59	การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดลำแสงหลายระดับ เมื่อเพดานสูงเกิน 25.0 เมตร	65
2.60	ตัวอย่างตำแหน่งการติดตั้งบนพื้นที่ที่มียอดแหลมแคบๆ	66
2.61	ตัวอย่างตำแหน่งติดตั้งบนหลังคามีสันระบายอากาศแคบ	66
2.62	ตัวอย่างตำแหน่งติดตั้งบนหลังคามีสันระบายอากาศกว้าง	66
2.63	ตัวอย่างตำแหน่งติดตั้งบนพื้นที่ที่ลาดเอียงไม่เท่ากัน	67
2.64	ตัวอย่างตำแหน่งติดตั้งบนเพดานหรือหลังคารูปฟันเลื่อย	67
2.65	การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับควันที่ประตู	68
2.66	การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับควันที่ประตูเมื่อผนังเหนือประตูมากกว่า 300 มิลลิเมตร	69
2.67	แนวที่ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับควันที่ใช้ควบคุมประตู	69
2.68	ตัวอย่างอุปกรณ์ตรวจจับความร้อน	70
2.69	อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนแบบอุณหภูมิคงที่ ชนิดโลหะคู่	71
2.70	อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนแบบอุณหภูมิคงที่ ชนิดโลหะผสมหลอมละลาย	71
2.71	อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนแบบผสม	73
2.72	อุปกรณ์ตรวจจับติดตั้งใต้เพดาน หลังคา หรือแป	74

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.73 การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนใต้คานที่มีความลึกไม่น้อยกว่า 300 มิลลิเมตร	74
2.74 การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนเมื่อหลังคาถูกแสงแดดโดยตรง	75
2.75 ระยะห่างในการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับความร้อน สำหรับพื้นผิวแนวราบ	76
2.76 ระยะห่างในการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนสำหรับช่องทางเดิน	76
2.77 ตัวอย่างการกำหนดตำแหน่งติดตั้ง สำหรับพื้นที่รูปสี่เหลี่ยมใดๆ	76
2.78 ตัวอย่างการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนชนิดชุด สำหรับเพดานหรือพื้นผิวเอียง	77
2.79 ความสูงในการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนชนิดจุด สำหรับเพดานหรือพื้นผิวเอียง	78
2.80 การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนพื้นที่ทั่วไป	79
2.81 อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนแบบอุณหภูมิคงที่ ชนิดโลหะคู่	79
2.82 ระยะห่างลดลงเมื่อมีคานหรือท่อลมปรับอากาศขึ้น	80
2.83 ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับลดลงเมื่อมีคานขึ้น	80
2.84 ตัวอย่างตำแหน่งการติดตั้งพื้นที่ที่มียอดแหลมแคบๆ	80
2.85 ตัวอย่างตำแหน่งติดตั้งบนหลังคามีสันระบายอากาศแคบ	81
2.86 ตัวอย่างตำแหน่งการติดตั้งบนหลังคามีสันระบายอากาศกว้าง	81
2.87 ตัวอย่างตำแหน่งติดตั้งบนพื้นที่ที่ลาดเอียงไม่เท่ากัน	81
2.88 ตัวอย่างตำแหน่งติดตั้งบนเพดานหรือหลังคารูปฟันเลื่อย	82
2.89 ระยะห่างของการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนชนิดเส้น	82
2.90 วงจร Fire Alarm System แบบ Hard wire	86
3.1 แผนการดำเนินการ	87
3.2 ขั้นตอนการออกแบบ	88
4.1 แผนภาพเส้นเดียวของแผงจ่ายไฟรวมของห้องพัก	149
4.2 แผนภาพเส้นเดียวของแผงจ่ายไฟรวมของส่วนกลาง	150
4.3 แผนภาพเส้นเดียวของแผงจ่ายไฟประธาน	151
4.4 แผนภาพแนวตั้งของระบบไฟฟ้าภายในอาคาร	152
4.5 แผนภาพแนวตั้งของระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ภายในอาคาร	154

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.6 แสดงสัญลักษณ์และคำอธิบายในแบบทางไฟฟ้า 155

รายการสัญลักษณ์

สัญลักษณ์	คำอธิบาย	หน่วย
BTU	ขนาดทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ	บีทียูต่อชั่วโมง
D.F.	ดีมานด์แฟกเตอร์	เปอร์เซ็น
EER	ประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ	บีทียูต่อชั่วโมงต่อวัตต์
I	กระแสไฟฟ้า	แอมป์
$\sum L$	ผลรวมโหลด	โวลต์แอมป์
L_{BC}	โหลดวงจรย่อย	โวลต์แอมป์
$\sum LBC$	ผลรวมของโหลดวงจรย่อย	โวลต์แอมป์
LF	โหลดของสายป้อน	โวลต์แอมป์
P	กำลังไฟฟ้าจริง	วัตต์
PF	ตัวประกอบกำลัง	-
S	กำลังไฟฟ้าปรากฏ	โวลต์แอมป์
SEER	ค่าที่ใช้วัดประสิทธิภาพในการใช้พลังงานตามฤดูกาลของเครื่องปรับอากาศ	-
V	แรงดันไฟฟ้า	โวลต์

หมายเหตุ 1. ข้อความในรายการสัญลักษณ์ เป็นเพียงตัวอย่าง

2. ให้เรียงตามลำดับตัวอักษร โดยเริ่มจากภาษาไทยแล้วตามด้วยภาษาอังกฤษ และคำอื่นๆ

ประมวลคำย่อ

คำย่อ	คำอธิบาย
กฟน	การไฟฟ้านครหลวง
AAAC	All Aluminium Alloy Conductor
ACC	All Aluminium Conductor
ACSR	Aluminium Conductor Steel Reinforced
AF	Ampere Frame
ANSI	American National Standard Institute
AT	Ampere Trip
BS	British Standard
CB	Circuit Breaker
DIN	German Industrial Standard
EN	European Standard
FR-PVC	Flame Retardant Polyvinyl
IC	Interrupting Capacity
IEC	International Electrotechnical Commission
HDD	Horizontal Directional Drilling
ISO	(International Organization for Standardization
JIS	Japanese Industrial Standard
LSHF	Low smoke Halogen Free
MCCB	Miniature Circuit Breaker
MDB	Main Distribution Board
MDP	Main Distribution Panel
NEC	National Electrical Code
PE	Polyethylene

ประมวลคำย่อ(ต่อ)

PVC	Polyvinyl Chloride
PIC	Partial Insulated Cable
RSC	Rigid Steel Conduit
SAC	Space Aerial Cable
VDE	Verband Duetscher Elektrotechniker
XLPE	Cross-linked Polyethylene

หมายเหตุ ให้เรียงตามลำดับตัวอักษร โดยเริ่มจากภาษาไทยแล้วตามด้วยภาษาอังกฤษ และคำอื่นๆ

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน

นับตั้งแต่อดีต ความต้องการพื้นฐานของมนุษย์ นอกเหนือจาก อาหาร เครื่องนุ่งห่ม ยารักษาโรค ยังมีสิ่งที่มนุษย์ต้องการและขาดไม่ได้คือที่อยู่อาศัย โดยในปัจจุบัน ที่อยู่อาศัยมีอยู่ด้วยกันหลายประเภท เช่น บ้าน โรงแรม อพาร์ทเม้นต์ คอนโดมิเนียม ฯลฯ ด้วยความเจริญก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยีและนวัตกรรมสิ่งปลูกสร้าง ทำให้ที่อยู่อาศัยในปัจจุบันมีความแตกต่างเป็นอย่างมากเมื่อเทียบกับในอดีต นอกเหนือจากวัสดุอุปกรณ์ที่ทันสมัยแล้ว ยังมีสิ่งสำคัญอีกประการหนึ่งที่ทำให้เกิดเป็นที่อยู่อาศัยนั่นก็คือ การออกแบบ การออกแบบอาคารที่อยู่อาศัยนั้นมีหลายองค์ประกอบ คือ การออกแบบทางด้านเครื่องกล เช่น ลิฟต์ มอเตอร์ปั๊มน้ำ และการออกแบบทางด้านโยธา เช่น โครงสร้างของตัวอาคาร การรับน้ำหนักของเสา และหลังคา เป็นต้น

โดยในปัจจุบันไฟฟ้าได้เข้ามามีบทบาทอย่างมากในการดำเนินชีวิตประจำวัน เพราะฉะนั้นการออกแบบระบบไฟฟ้าภายในอาคารที่อยู่อาศัย ก็ถือเป็นสิ่งที่สำคัญ นอกจากระบบไฟฟ้าจะมีความจำเป็นแล้ว ภายในอาคารยังต้องมีระบบการแจ้งเตือนเหตุเพลิงไหม้ด้วย ซึ่งนั่นหมายถึงความน่าเชื่อถือในเรื่องของความปลอดภัยภายในอาคารนั้นๆ ด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 เพื่อเป็นแนวทางและประสบการณ์ในการไปทำงานออกแบบจริง

1.2.2 เพื่อการศึกษาการทำงานของโปรแกรม Auto Cad

1.2.3 เพื่อศึกษามาตรฐานการออกแบบบริภัณฑ์ไฟฟ้าและระบบแจ้งเตือนเหตุเพลิงไหม้

1.2.4 เพื่อวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในทางด้านวิศวกรรม

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1.3.1 ออกแบบระบบไฟฟ้าและระบบแจ้งเตือนเหตุเพลิงไหม้ในคอนโด 8 ชั้น

1.3.2 แสดงผลข้อมูลการคำนวณของตารางโหลด

1.3.3 แสดงแผนภาพ Single line Diagram และ Layout

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 มีความรู้และประสบการณ์เพิ่มมากขึ้น

1.4.2 เป็นแนวทางที่จะนำไปต่อยอดในการทำงานและสามารถนำผลงานการออกแบบไปใช้งานได้จริง

1.4.3 สามารถคิดวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของงาน แก้ไขปัญหาหน้างานได้ดี ตัดสินใจอย่างถูกต้องและคุ้มค่า

1.4.4 สามารถนำหลักเศรษฐศาสตร์มาประยุกต์ใช้กับงานวิศวกรรมได้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความรู้พื้นฐานด้านระบบไฟฟ้า

หลักการเบื้องต้นของการออกแบบระบบไฟฟ้า การออกแบบระบบไฟฟ้า หมายถึง การออกแบบวิเคราะห์คำนวณและกำหนด การติดตั้งระบบไฟฟ้าต่างๆ เพื่อสามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าหรือสัญญาณไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟไปยังบริภัณฑ์ไฟฟ้า(Electric Equipment) ต่างๆให้ทำงานได้ตามวัตถุประสงค์และปลอดภัยกับผู้ใช้ ผู้ปฏิบัติ และบริภัณฑ์ไฟฟ้า

การออกแบบระบบไฟฟ้าเป็นงานซับซ้อน ประกอบด้วยองค์ประกอบต่างๆ ที่ออกแบบแล้วมาร่วมกันทำงาน ผู้ออกแบบหรือวิศวกรไฟฟ้า จึงต้องใช้ความรู้หลายด้าน เช่น ด้านระบบไฟฟ้ากำลัง ระบบควบคุม ระบบแสงสว่าง ระบบเหล่านี้จะแตกต่างกันบ้าง ซึ่งขึ้นอยู่กับประเภทของอาคารหรือโครงการนั้นๆ หลักในการออกแบบ จึงประกอบด้วยความเข้าใจทางเทคนิคของระบบต่างๆ โดยผู้ออกแบบระบบไฟฟ้ามีหน้าที่ ที่ต้องกระทำ ได้แก่

- วิเคราะห์ระบบไฟฟ้า ให้สามารถจ่ายไฟฟ้าได้เพียงพอและปลอดภัยต่อการใช้งาน
- ออกแบบระบบไฟฟ้าตามมาตรฐานกำหนดต่างๆ
- ออกแบบให้ได้ตามวัตถุประสงค์ของเจ้าของโครงการ
- ร่วมมือและประสานงานร่วมกับผู้ออกแบบงานต่างๆได้
- เขียนแบบแปลน กำหนด สัญลักษณ์ รายละเอียดการติดตั้งต่างๆของงทุกระบบไฟฟ้า

2.1.1 แบบระบบไฟฟ้าที่ดี

2.1.1.1 ความปลอดภัยของระบบไฟฟ้าและอุปกรณ์ (Safety) ระบบไฟฟ้ากำลังที่ออกแบบต้องให้ความปลอดภัยอย่างสูงต่อผู้ปฏิบัติงาน ต่ออุปกรณ์ไฟฟ้า และต่อสถานที่โครงการไซด์งานไฟฟ้า การที่ระบบไฟฟ้าจะสามารถให้ความปลอดภัยอย่างสูงได้นั้นผู้ออกแบบจะต้องปฏิบัติตามมาตรฐานต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง มาตรฐานที่ใช้กันมากในระบบไฟฟ้าคือ National Electrical Code (NEC) ของประเทศสหรัฐอเมริกา และต้องปฏิบัติตามาตรฐานของประเทศ ตามข้อกำหนดของทางการไฟฟ้าท้องถิ่นด้วย ในด้านการออกแบบ การติดตั้งวัสดุ การเลือกอุปกรณ์ไฟฟ้าและการจัดอุปกรณ์ป้องกันระบบไฟฟ้า วิศวกรไฟฟ้าผู้ออกแบบจะต้องเข้าใจในรายละเอียดของข้อกำหนดต่างๆ เป็นอย่างดี และรู้ถึงสถานประกอบการที่จะออกแบบ กระบวนการผลิตตามขั้นตอน ขั้นตอนการปฏิบัติงาน เพื่อที่จะสามารถออกแบบระบบไฟฟ้าให้มีความปลอดภัยได้

2.1.1.2 ค่าลงทุนเริ่มแรกที่ต่ำที่สุด (Minimum initial investment) งบประมาณของเจ้าของโครงการจะเป็นตัวกำหนดที่สำคัญชองโครงการว่าผู้ออกแบบควรจะเลือกระบบใด การที่จะสามารถลดค่าลงทุนเริ่มแรกได้นั้นจะต้องพิจารณาถึงอุปกรณ์ไฟฟ้า การติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ พื้นที่ว่างที่ต้อง

ใช้สำหรับอุปกรณ์ เช่น พื้นที่กว้าง ยาว ลึก ของตู้สวิทซ์บอร์ด ตู้ควบคุมระบบไฟฟ้า ตู้เมนไฟฟ้า ตู้เมนเบรกเกอร์ ตู้มิเตอร์ย่อย เพื่อให้ทราบถึงค่าเริ่มต้นของค่าใช้จ่าในระบบไฟฟ้าได้

2.1.1.3 ระบบไฟฟ้าต้องสามารถจ่ายไฟฟ้าได้อย่างต่อเนื่อง (Maximum service continuity) ระดับของความต้องการไฟฟ้าอย่างต่อเนื่องและความเชื่อถือได้ reliability ของระบบไฟฟ้านั้น ขึ้นอยู่กับชนิดของโหลด สถานประกอบการและกระบวนการผลิต เช่น สำนักงานขนาดเล็กๆอาจจะยอมให้ไฟฟ้าดับได้หลายชั่วโมง ส่วน สำนักงานขนาดใหญ่ หรือ โรงงานขนาดใหญ่ อาจจะยอมให้ไฟดับได้ในช่วงระยะเวลาเพียงสั้นๆ เนื่องจากมีผลกระทบต่อกระบวนการผลิตที่ได้วางแผนไว้ นอกจากนี้ โรงพยาบาล มีโหลดสำคัญอยู่มากไม่สามารถให้ไฟฟ้าดับได้เกิน10นาที นอกจากนี้ โหลดคอมพิวเตอร์ หรือหน่วยงานระบบคอมพิวเตอร์ ก็ไม่สามารถให้ไฟฟ้าขาดหายไปได้เลย เป็นต้น

2.1.1.4 ระบบไฟฟ้าจะต้องมีความคล่องตัวสูงและสามารถขยายโหลดได้ (Maximum Flexibility and Expandability) เนื่องจากสถานประกอบการส่วนมากจะมีการเปลี่ยนแปลงการใช้โหลดไฟฟ้าไปเรื่อยๆ ระบบการจ่ายไฟฟ้าจะต้องสามารถรองรับการเปลี่ยนแปลงนี้ได้นอกจากนี้ผู้ออกแบบระบบไฟฟ้าจะต้องเผื่อระบบการจ่ายกำลังไฟฟ้าสำหรับรองรับการขยายโหลดในอนาคต โดยอาจจะเพิ่มขนาดของหม้อแปลงไฟฟ้าและสายป้อนสายเมน สายไฟฟ้าต่างๆ รวมทั้งเพิ่มอุปกรณ์ป้องกันไฟฟ้าลัดวงจร Safety Cut, Circuit Breaker, Safety Switch, Safety Button, Breaker, Cut out เป็นต้น

2.1.1.5 ประสิทธิภาพทางไฟฟ้าสูงสุด (ค่าปฏิบัติการทางไฟฟ้าต่ำที่สุด) Maximum Electrical Efficiency (Minimum of Operation Costs for Electricity) ระบบไฟฟ้าจะทำงานอย่างมีประสิทธิภาพนั้นอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ในระบบจะต้องมีกำลังสูญเสียน้อย ดังนั้นวิศวกรผู้ออกแบบจะต้องพิจารณาเลือกใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ดี เช่น หม้อแปลงกำลังสูญเสียต่ำ มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง บัลลัสต์กำลังสูญเสียต่ำ เป็นต้น แม้ว่าอุปกรณ์ไฟฟ้าดังกล่าวจะมีค่าเริ่มต้นสูง แต่ค่าปฏิบัติการจะต่ำซึ่งจะคุ้มทุนเมื่อเวลาผ่านไปสักช่วงหนึ่ง นอกจากนี้ระบบไฟฟ้าจะต้องสามารถปฏิบัติงานอย่างมีประสิทธิภาพ เช่น มีตัวประกอบกำลังสูงเป็นต้น

2.1.1.6 ค่าบำรุงรักษาที่ต่ำที่สุด (Minimum Maintenance Cost) ในระบบไฟฟ้านั้น ยิ่งระบบมีการจ่ายไฟฟ้าอย่างต่อเนื่องและสามารถปรับสภาพต่างๆ ได้มากเท่าไร ราคาในการบำรุงรักษาก็จะยิ่งมากตามไปด้วย ดังนั้นในระบบไฟฟ้าจึงควรออกแบบให้มีวงจรไฟฟ้าหมุนเวียนกันที่จะจ่ายกำลังให้อุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ เพื่อที่จะสามารถทำการบำรุงรักษาเครื่องหนึ่งในขณะที่อีกเครื่องหนึ่งใช้งานได้ ทั้งนี้ควรเลือกระบบที่ต้องใช้ค่าการบำรุงรักษาน้อย แต่ถ้าระบบซับซ้อนขึ้นก็อาจจะมีค่าการบำรุงรักษามากขึ้นตามไปด้วย

2.1.1.7 คุณภาพกำลังไฟฟ้าสูงสุด (Maximum Power Quality) ในอดีต มีการใช้ไฟฟ้าอย่างต่อเนื่องเป็นเรื่องที่สำคัญที่สุด ปัจจุบันการมีไฟฟ้าใช้อย่างต่อเนื่องก็ยังสำคัญอยู่ แต่ไฟฟ้าที่มีใช้นั้นจะต้องมีคุณภาพที่ดี เช่น แรงดันไฟฟ้าต้องมีค่าสม่ำเสมอ กระแสและแรงดันไฟฟ้ามีฮาร์โมนิกน้อย เป็นต้น วิศวกรไฟฟ้าจะต้องคำนึงถึงข้อนี้อยู่เสมอในระหว่างการออกแบบระบบไฟฟ้า

วัตถุประสงค์ต่างๆ เหล่านี้อาจจะมีความสัมพันธ์กันหรืออาจจะมีความขัดแย้งกันในบางหัวข้อ ยิ่งออกแบบให้มีอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีคุณภาพ การจ่ายโหลดอย่างต่อเนื่องสามารถปรับสภาพต่างๆ หรือการเผื่อการขยายได้มากเท่าไร ค่าการลงทุนเริ่มแรกหรือค่าการบำรุงรักษาอุปกรณ์ไฟฟ้า ก็จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ดังนั้น ผู้ออกแบบระบบไฟฟ้าจึงควรพิจารณาถึงปัจจัยพื้นฐาน ชนิดของอุปกรณ์ที่ใช้และโหลดต่างๆ ว่าควรใช้ขนาดเท่าไรชนิดใดจึงจะเหมาะสม

2.1.2 มาตรฐาน

การออกแบบระบบไฟฟ้า จะต้องออกแบบตามมาตรฐานและข้อกำหนดต่างๆ ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 2 อย่างคือ มาตรฐานอุปกรณ์ไฟฟ้าและมาตรฐานการติดตั้งระบบอุปกรณ์ไฟฟ้า ซึ่งมาตรฐานแต่ล่ะอย่างยังแบ่งออกได้อีก 2 อย่าง คือ

2.1.2.1 มาตรฐานอุตสาหกรรมแต่ละประเทศ

ประเทศอุตสาหกรรมที่สำคัญในโลก ต่างมีมาตรฐานของตนเองมานานแล้ว โดยมาตรฐานประจำชาติของแต่ล่ะประเทศต่างร่างขึ้นมาใช้ภายในประเทศของตนเอง เพื่อให้ตรงกับอุตสาหกรรมภายในประเทศและตรงกับวิธีปฏิบัติของตนเอง นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศและสภาพแวดล้อมของประเทศนั้นๆด้วยมาตรฐานประจำชาติที่สำคัญได้แก่

- ANSI (American National Standard Institute) ของประเทศสหรัฐอเมริกา
- BS (British Standard) ของประเทศสหราชอาณาจักร
- DIN (German Industrial Standard) ของประเทศเยอรมนี
- VDE (Verband Deutscher Elektrotechniker) ของประเทศเยอรมนี
- JIS (Japanese Industrial Standard) ของประเทศญี่ปุ่น
- มอก. (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม) ของประเทศไทย

2.1.2.2 มาตรฐานสากล

(1) ISO (International Organization for Standardization) ISO เป็นองค์กรกำหนดมาตรฐานระหว่างประเทศ กำหนดมาตรฐานทั่วไปทางด้าน วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ยกเว้นทางด้านไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์) โดยมาตรฐาน ISO จะ ใช้หน่วย SI จึงเป็นที่นิยมมาก เพราะว่าเป็นมาตรฐานสากลอย่างแท้จริง

(2) IEC (International Electrotechnical Commission) เป็นองค์กรระหว่างประเทศที่ร่างมาตรฐานทางด้านไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ และร่วมมือกับ ISO อย่างใกล้ชิด ได้รับความนิยมมากขึ้นเรื่อยๆ ตามแนวโน้มความเป็นสากลของโลก และตามโลกาภิวัฒน์ โดยขณะนี้ IEC มีประเทศสมาชิกเกือบทุกประเทศในโลก

(3) EN (European Standard) หลายประเทศในทวีปยุโรปได้รวมตัวกันจัดตั้งคณะกรรมการที่มีหน้าที่กำหนดมาตรฐานทางไฟฟ้าซึ่งเรียกว่า CENELEC (European Committee for Electrotechnical Standardization) ได้จัดทำมาตรฐานทางไฟฟ้าของยุโรป คือ European Standard

(EN) มาตรฐาน EN เป็นมาตรฐานบังคับ กล่าวคือ ถ้าอุปกรณ์ไฟฟ้าไม่ได้ตามมาตรฐานนี้จะนำเข้ามาขายในกลุ่มประเทศสมาชิกไม่ได้ จุดประสงค์คือ ทำให้เกิดการค้าเสรีเพราะถ้าอุปกรณ์ได้ตามมาตรฐานนี้แล้วก็สามารถนำเข้ามาขายได้ทุกประเทศ

2.1.2.3 มาตรฐานอุปกรณ์ไฟฟ้า

อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ในระบบไฟฟ้ามีอยู่มากมายหลายชนิด ส่วนมากจะมีมาตรฐานควบคุมคุณภาพอยู่แล้วโดยมาตรฐานอุปกรณ์ไฟฟ้าที่นิยมใช้กันมากคือมาตรฐานIEC จะสังเกตได้จากแคตตาล็อกอุปกรณ์ไฟฟ้าจะอ้างอิงมาตรฐานนี้อยู่เสมอ เช่น เซอร์กิตเบรกเกอร์ จะอ้างมาตรฐาน IEC 60947-2 “Low Voltage Switchgear and Control Gear Part 2” ดังนั้นผู้ออกแบบระบบไฟฟ้าในประเทศไทย ในการเขียนรายละเอียดข้อกำหนดของอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ควรใช้0มาตรฐานไทย (มอก.) และมาตรฐาน IEC เป็นหลัก ไม่ควรใช้มาตรฐานประจำชาติของประเทศอื่น ยกเว้นอุปกรณ์ดังกล่าวไม่มีในมาตรฐาน ไทยและมาตรฐาน IEC

2.1.2.4 มาตรฐานการติดตั้งระบบและอุปกรณ์ไฟฟ้า อาจแบ่งออกเป็น

(1) มาตรฐานต่างประเทศในการติดตั้งระบบและอุปกรณ์ไฟฟ้า มาตรฐานต่างประเทศที่นิยมใช้กันมากในประเทศไทยคือ NEC (Nation Electrical Code) ซึ่งเป็นมาตรฐานการออกแบบระบบไฟฟ้า และอุปกรณ์ไฟฟ้าของประเทศสหรัฐอเมริกาเริ่มมีมาครั้งแรกตั้งแต่ปี 1897 และมีการแก้ไขปรับปรุงทุกๆ 3 ปี จึงนับได้ว่าเป็นมาตรฐานการออกแบบและติดตั้งที่สมบูรณ์มาก มาตรฐาน NEC ได้แพร่เข้ามาในประเทศไทยอย่างมากในช่วงที่อเมริกามีฐานทัพอยู่ในประเทศไทย วิศวกรไฟฟ้าของไทยส่วนมากจึงนิยมใช้ NEC เป็นพื้นฐานในการออกแบบและติดตั้งระบบไฟฟ้าแม้ว่า NEC จะเป็นมาตรฐานที่ดีมาก ทำจากประสบการณ์ซึ่งมีอยู่มากมายในประเทศสหรัฐอเมริกา แต่ก็มีข้อกำหนดที่วิศวกรไฟฟ้าไทยต้องอ่านและทำความเข้าใจอย่างระมัดระวัง เพื่อให้เกิดการประยุกต์ใช้เป็นไปอย่างถูกต้อง

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบข้อแตกต่างของระบบไฟฟ้าระหว่างประเทศไทยกับประเทศสหรัฐอเมริกา

	ประเทศสหรัฐอเมริกา	**ประเทศไทย**
ความถี่	60 Hz.	50 Hz.
ระบบไฟฟ้า	208/120V,480/277V	380/220V,400/230V
สายไฟฟ้า	AWG	mm^2
มิติ	Inch, feet	m., mm.
น้ำหนัก	Pound	Kg.

แม้ว่า NEC (รวมทั้งมาตรฐานอย่างอื่นของสหรัฐอเมริกาเช่น ANSI) จะเป็นมาตรฐานที่ดีมาก แต่เนื่องจากระบบ และมิติต่างๆดังที่กล่าวมาแล้วมีใช้เฉพาะในสหรัฐอเมริกาเท่านั้น จึงทำให้มาตรฐาน NEC เสื่อมความนิยมไปอย่างช้าๆและในที่สุดก็อาจมีใช้อยู่ในประเทศสหรัฐอเมริกาเท่านั้น หรืออีกกรณีหนึ่งก็คือประเทศสหรัฐอเมริกาต้องปรับปรุงมาตรฐาน NEC ของตนให้สอดคล้องกับมาตรฐานสากล

(2) มาตรฐานสากลในการติดตั้งระบบและอุปกรณ์ไฟฟ้า มาตรฐานสากลในการติดตั้งระบบและอุปกรณ์ไฟฟ้าเนื่องจากหลายๆประเทศโดยเฉพาะประเทศในทวีปยุโรปมีมาตรฐานการติดตั้งระบบ และอุปกรณ์ไฟฟ้าเป็นของตนเองซึ่งจะมีความแตกต่างในรายละเอียดต่างๆเป็นอย่างมาก ดังนั้น International Electrotechnical Commission (IEC) จึงได้จัดทำมาตรฐานเกี่ยวกับการติดตั้งระบบและอุปกรณ์ไฟฟ้าขึ้นในปี 1972 คือ IEC 60364 “Electrical Installation of buildings” ซึ่งมีหลายฉบับ ได้แก่

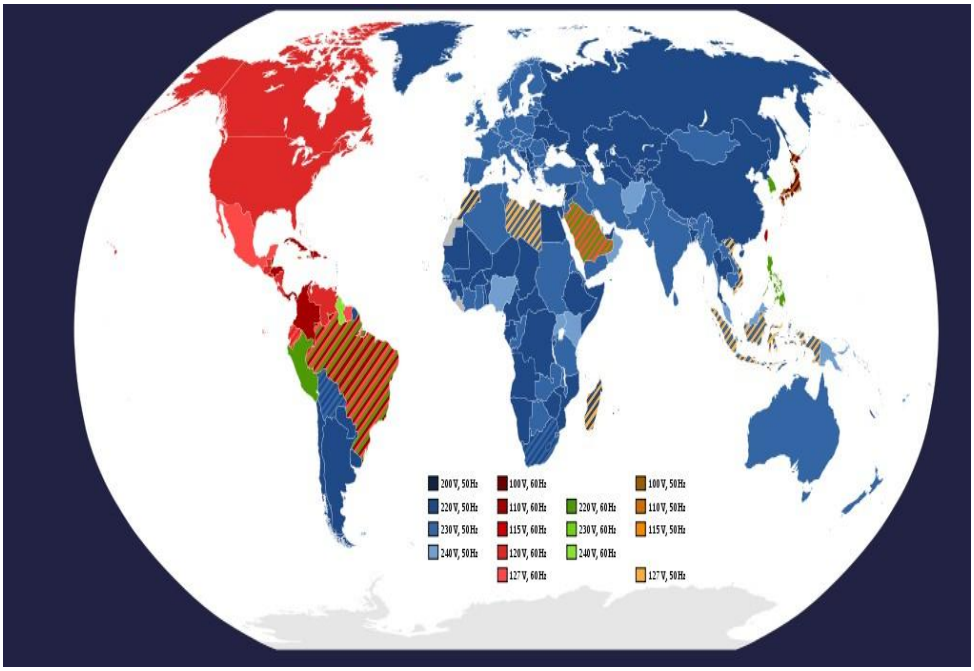
- IEC 60364-1 “Scope, Object and Definitions”
- IEC 60364-2 “Fundamental Principles”
- IEC 60364-3 “Assessment of General Characteristics”
- IEC 60364-4 “Protection for Safety”
- IEC 60364-5 “Selection and Erection of Electrical Equipment”
- IEC 60364-7 “Requirement for special installations or Locations”

ในการจัดทำมาตรฐาน IEC 60364 นี้คณะกรรมการฝ่ายเทคนิคผู้ร่างได้ใช้ในมาตรฐานการติดตั้งระบบและอุปกรณ์ไฟฟ้าของหลายประเทศเป็นตัวอย่างรวมทั้งNEC ด้วยเพื่อให้มาตรฐานที่ได้เป็นสากลและสามารถปฏิบัติได้ มาตรฐานIEC 60364 นี้ได้รับการแก้ไข และปรับปรุงอยู่ตลอดเวลาเพื่อให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ในขณะนี้ประเทศในทวีปยุโรปหลายประเทศ ได้นำมาตรฐานนี้มาใช้แล้ว โดยเฉพาะประเทศสหราชอาณาจักร ซึ่งหันมาใช้ IEC 60364 แทน

2.1.2.5 มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย

การติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทยนั้น ในอดีตการไฟฟ้านครหลวง(กฟน.) และการ ไฟฟ้าส่วนภูมิภาค(กฟภ.) ต่างมีมาตรฐานของตนเอง ข้อกำหนดส่วนมากจะเหมือนกัน แต่ก็มีบางส่วนที่ต่างกัน ทำให้ผู้ออกแบบระบบและอุปกรณ์ไฟฟ้าเกิดความสับสน ด้วยเหตุนี้ สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย(ว.ส.ท.) ด้วยความร่วมมือจากการไฟฟ้าทั้งสอง แห่งดังกล่าวได้จัดทำ “มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย” ขึ้นเพื่อให้ทั้งประเทศมีมาตรฐานเรื่องการติดตั้งทางไฟฟ้าเพียงฉบับเดียว มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทยฉบับใหม่นี้ เนื้อหาส่วนมากจะแปล และเรียบเรียงจาก NEC และมีความพยายามที่จะนำมาตรฐานของ IEC มาใช้ด้วย โดยเฉพาะส่วนที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์ไฟฟ้า เช่น เซอร์กิตเบรกเกอร์ที่ใช้จะต้องได้ มาตรฐาน IEC 60898 และ IEC 60947-2 เป็นต้น ระบบไฟฟ้าของประเทศไทย ที่ใช้กันอยู่ ปัจจุบันเป็นระบบ 220/380 V. ความถี่ 50 Hz.ระบบดังกล่าว มีข้อดีกว่าระบบ 110/220 V. ความถี่ 60 Hz. ตรงที่ จ่ายไฟออกมาในแรงดันสูง มีต้นทุนค่าใช้จ่ายในการวางระบบ

จำหน่ายต่ำกว่าการขยายเขตให้บริการทางไฟฟ้าทำได้กว้างกว่าแบบ 110/220 V มีการสูญเสียพลังงานน้อยกว่า แรงดันสูงปริมาณกระแสน้อย จึงใช้สายส่งที่มีขนาดเล็กกว่า ส่วนระบบ 110/220 V. ความถี่ 60 Hz. มีข้อดีที่ มีความถี่สูง เมื่อนำไปใช้งานกับพวกมอเตอร์ จะให้กำลังมอเตอร์ที่มากกว่า แต่ก็กินกระแสไฟสูงกว่า



รูปที่ 2.1 แสดงระบบไฟฟ้าของประเทศต่างๆทั่วโลก
ที่มา: http://www.touronholiday.com/ข้อมูลการท่องเที่ยว1/ระบบไฟฟ้าประเทศต่างๆ.html

2.1.3 สายไฟฟ้า

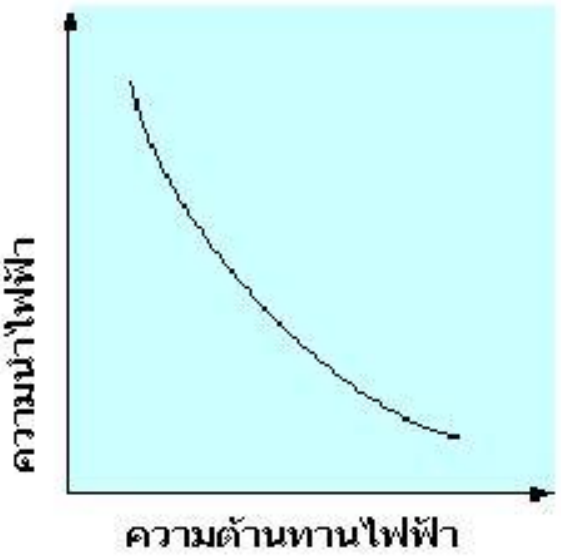
สายไฟเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ส่งพลังงานไฟฟ้าจากที่หนึ่งไปยังอีก ที่หนึ่งโดยกระแสไฟฟ้าจะ เป็นตัวนำพลังงานไฟฟ้าผ่านไปตามสายไฟจนถึงเครื่องใช้ไฟฟ้า สายไฟทำด้วยสารที่ยอมให้กระแสไฟฟ้าผ่านได้เรียกว่าตัวนำไฟฟ้า และตัวนำไฟฟ้าที่ใช้ทำสายไฟเป็นโลหะที่ยอมให้กระแสไฟฟ้าผ่านได้ดี ลวดตัวนำแต่ละชนิดยอมให้กระแสไฟฟ้าผ่านได้ต่างกัน ตัวนำไฟฟ้าที่ยอมให้กระแสไฟฟ้าผ่านได้มากเรียกว่ามีความนำไฟฟ้ามากหรือมี ความต้านทานไฟฟ้าน้อย ลวดตัวนำจะมีความต้านทานไฟฟ้าอยู่ด้วย โดยลวดตัวนำที่มีความต้านทานไฟฟ้ามากจะยอม ให้กระแสไฟฟ้าผ่านได้น้อย ความสัมพันธ์ระหว่างความนำไฟฟ้ากับความต้านทานไฟฟ้ามีได้ดังนี้

- ความนำไฟฟ้า หมายถึงสมบัติในการยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านในลวดตัวนำแต่ละชนิด

- ความต้านทานไฟฟ้า หมายถึงสมบัติการต้านการไหลของกระแสไฟฟ้า หน่วยของความต้านทานคือ โอห์ม

- ลวดตัวนำที่ยอมให้กระแสไฟฟ้าผ่านได้มาก เรียกว่ามีความนำไฟฟ้ามากหรือมีความต้านทานไฟฟ้าน้อย

- ลวดตัวนำที่ยอมให้กระแสไฟฟ้าผ่านได้น้อย เรียกว่า มีความนำไฟฟ้าน้อย หรือมีความต้านทานไฟฟ้ามากดังนั้น ความนำไฟฟ้าและความต้านทานไฟฟ้าจึงเป็นสัดส่วนผกผันซึ่งกันและกัน



รูปที่ 2.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความนำไฟฟ้ากับความต้านทานไฟฟ้าของลวดตัวนำ
ที่มา: http://rmutphysics.com/charud/scibook/electric3/pan5.htm

2.1.3.1 ส่วนประกอบของสายไฟฟ้าประกอบด้วยส่วนที่สำคัญ 2 ส่วน ได้แก่

(1) ตัวนำไฟฟ้า (Conductor) คือส่วนที่เป็นทางเดินของอิเล็คตรอนหรือกระแสไฟฟ้านั่นเอง เพื่อไปยัง Load ทำให้เกิดงานขึ้น องค์ประกอบที่ใช้ทำตัวนำ จะแบ่งได้ 2 อย่างซึ่งเป็นส่วนประกอบที่สำคัญดังนี้ ทองแดง (Copper) จะใช้ในงานทั่วไปทั้งภายนอกและภายในอาคาร และจะต้องมีส่วนผสมของทองแดงไม่น้อยกว่า 98% จะมีข้อดี คือ ทองแดงเป็นโลหะที่มีค่าความนำไฟฟ้าสูงกว่าเมื่อเทียบกับอะลูมิเนียม สายไฟที่ดีที่สุดในการเป็นตัวนำ คือทองบริสุทธิ์และเงินบริสุทธิ์ตามลำดับ) ซึ่งทองแดงนั้นมีความแข็งแรง เหนียว และทนต่อการกัดกร่อนได้ดี แต่ทองแดงก็ยังมีข้อเสียที่น้ำหนักและราคาสูงกว่าอะลูมิเนียม เพราะฉะนั้นทองแดงจึงไม่เหมาะสำหรับงานทางด้านไฟฟ้าแรงดันสูง

อะลูมิเนียม (Aluminum) จะใช้งานเกี่ยวกับ สายไฟฟ้าแรงสูง ในระบบสายส่ง และส่วนมากจะใช้เป็นสายเปลือยและต้องมีส่วนผสมของอะลูมิเนียมไม่น้อยกว่า 99.3% ข้อดีของมันเมื่อเทียบกับทองแดงคือน้ำหนักเบาและราคายังถูกกว่าถ้าทิ้งอะลูมิเนียมไว้ในอากาศจะทำให้เกิดออกไซด์ขึ้นที่อะลูมิเนียมแต่ตัวออกไซด์ที่

เกิดขึ้นนั้นจะเป็นเหมือน ฟิล์มที่ใช้เคลือบ สายไฟ เพื่อป้องกันการกัดกร่อนแต่การเชื่อมต่อนั้นจะเป็นไปได้ยาก

ตารางที่ 2.2 เปรียบเทียบคุณสมบัติตัวนำ

คุณสมบัติ	**ทองแดง**	**อลูมิเนียม**
ความนำไฟฟ้า, mho/m	5.8×10^7	3.6×10^7
ความต้านทานไฟฟ้า, ohm-m ที่ 20 ^{0}C	1.724×10^{-8}	2.803×10^{-8}
สัมประสิทธิ์การขยายตัวจากความร้อน, 10^{-6} / ^{0}C	17	23
จุดหลอมเหลว, ^{0}C	1083	659
ค่าความนำความร้อน, W/ cm-^{0}C	3.8	2.4
ค่าความหนาแน่น, g/cm^3 ที่ 20^0 C	8.89	2.7

(2) ฉนวน (Insulated) คือส่วนที่เป็นตัวป้องกันการสัมผัสกับสายไฟโดยตรง โดยสภาพแล้วฉนวนจะไม่เป็นสื่อนำไฟฟ้า ฉนวนจะต้องสามารถป้องกันตัวนำไฟฟ้าจากความร้อนหรือของเหลวที่สามารถกัดกร่อนตัวนำไฟฟ้า และสามารถกันน้ำได้ดี ฉนวนที่ใช้หุ้มตัวนำไฟฟ้าต้องมีความต้านทานสูง ต้องไม่ถูกกรดหรือด่างกัดกร่อนได้ตั้งแต่อุณหภูมิ 0 - 200 องศาฟาเรนไฮต์ และต้องไม่ดูดความชื้นในอากาศ ฉนวนที่ใช้หุ้มตัวนำไฟฟ้ามีอยู่หลายชนิดได้แก่ แร่ใยหิน ยางทนความร้อนพลาสติก

ตารางที่ 2.3 เปรียบเทียบคุณสมบัติของฉนวน

คุณสมบัติ	**PVC**	**XLPE**
พิกัดอุณหภูมิใช้งาน, ^{0}C	70	90
พิกัดอุณหภูมิขณะลัดวงจร, ^{0}C	120	250
ค่าคงที่ไดอิเล็กตริก: $\boldsymbol{\varepsilon}_r$	6	2.4
ค่าความหนาแน่น, g/cm^3	1.4	0.92
ค่าความนำความร้อน, cal/cm.sec. ^{0}C	3.5	8
ความทนทางกล, kg/mm^2	2.5	3

2.1.3.2 มาตรฐานสายไฟฟ้าใหม่คือ มอก.11-2553 สายไฟฟ้าตามมาตรฐานใหม่นี้อ้างอิงตามมาตรฐาน IEC 60227 สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.) ปรับปรุงแก้ไขมาตรฐานสายไฟฟ้า โดยยกเลิก มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมสายไฟฟ้าทองแดงหุ้มฉนวนโพลิไวนิลคลอไรด์ มอก.11-2531 กำหนดมาตรฐานใหม่ เป็นมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมสายไฟฟ้าหุ้มฉนวนพอลิไวนิลคลอไรด์ แรงดันไฟฟ้าที่กำหนดไม่เกิน 450/750 โวลต์ เลขที่ มอก.11-2553 ซึ่งจะประกาศเป็นมาตรฐานบังคับต่อไป โดยเหตุผลที่ทำการเปลี่ยนนั้น เนื่องจากมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมสายไฟฟ้าทองแดงหุ้มฉนวนพอลิไวนิลคลอไรด์มีการประกาศใช้มานาน จึงปรับปรุงแก้ไขให้สอดคล้องกับมาตรฐานสากล

ตารางที่ 2.4 เปรียบเทียบสีของสายไฟฟ้า

มอก. 11-2531	**มอก. 11-2553**
เท่าอ่อน,ขาว	ฟ้า
ดำ	น้ำตาล
แดง	ดำ
น้ำเงิน	เทา
เขียวแถบเหลือง	เขียวแถบเหลือง

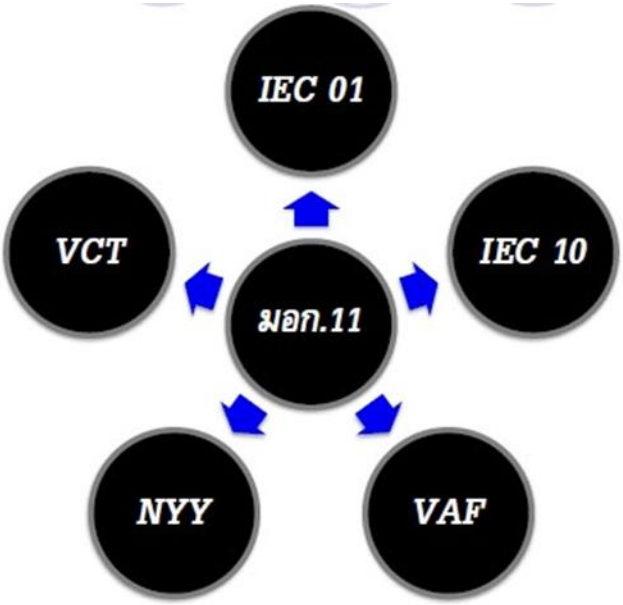
2.1.3.3 การเปลี่ยนมาตรฐานและสีของสายไฟนั้น สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.) ได้เปลี่ยนมาตรฐานเป็น มอก11-2553 ซึ่งต้องการเปลี่ยนสีขนาดแรงดันและชื่อของของสายให้ตรงกับมาตรฐาน IEC code ซึ่งมีใช้กันอย่างแพร่หลายทั่วโลก และร่วมถึงประเทศที่อยู่นี้กลุ่ม AEC ด้วย เมื่อมีกฎหมายสีของฉนวนสายไฟชนิดตัวนำทองแดงหุ้มฉนวนพีวีซีเปลี่ยน ตาม มอก. 11-2553 นั้น แต่ในส่วนของสายไฟประเภท CV ซึ่งเป็นฉนวนประเภท XLPE นั้นผู้ผลิตได้ทำการเปลี่ยนให้เอง ซึ่งไม่มีกฎหมายบังคับ เพราะเห็นว่าจะทำให้มีสีไปในทางเดี่ยวกัน

2.1.3.4 สายไฟในระบบแรงดันต่ำ แบ่งได้เป็น 3 ชนิด

(1) มอก 11-2553 ตามตารางที่ 2.4

(2) XLPE ติดตั้งในอาคารต้องเดินในช่องเดินสายที่ปิดมิดชิด ยกเว้น ฉนวนและเปลือกมีคุณสมบัติต้านเปลวเพลิง และ คำนึงถึงพิกัดกระแสและอุณหภูมิของอุปกรณ์ที่ต่อด้วย

(3) อื่นๆ สายทนไฟ สายควันน้อย ฯลฯ ใช้ในพื้นที่จากัดบางแห่งที่ต้องการคุณสมบัติพิเศษเท่านั้น



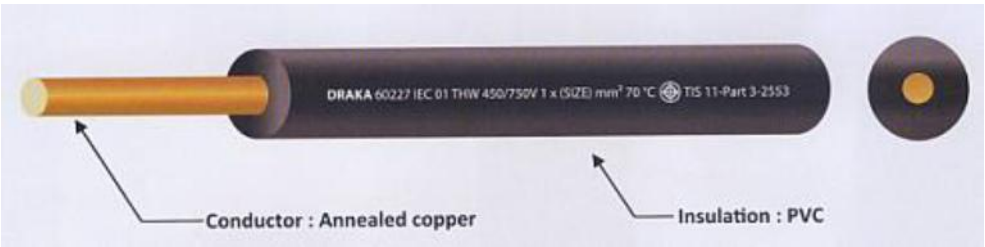
รูปที่ 2.3 ชนิดของสายตามมาตรฐาน มอก.11
ที่มา: http://eit.or.th/20112014.htm

2.1.3.5 สาย มอก.11-2553, 60227 IEC 01

- โครงสร้างเหมือนสาย THW
- เป็นสายชนิดแกนเดียว กลม
- แรงดันใช้งาน 450/750 โวลต์
- ขนาด 1.5 ถึง 400 ตร.มม.

การใช้งาน

- ใช้งานทั่วไป
- เดินในช่องเดินสายและต้องป้องกันน้ำเข้าช่องเดินสาย
- ห้ามร้อยท่อฝังดินหรือฝังดินโดยตรง



รูปที่ 2.4 สาย มอก.11-2553, 60227 IEC 01
ที่มา: http://www.skselectric.co.th/

2.1.3.6 สาย มอก.11-2553, 60227 IEC 10

- โครงสร้างเหมือนสาย NYY
- เป็นสายชนิดหลายแกน มี/ไม่มีสายดิน
- แรงดันใช้งาน 300/500 โวลต์
- ขนาด 1.5 ถึง 35 ตร.มม.

การใช้งาน

- ใช้งานทั่วไป
- เดินในช่องเดินสายและต้องป้องกันน้ำเข้าช่องเดินสาย
- วางบนรางเคเบิล
- ห้ามร้อยท่อฝังดินหรือฝังดินโดยตรง

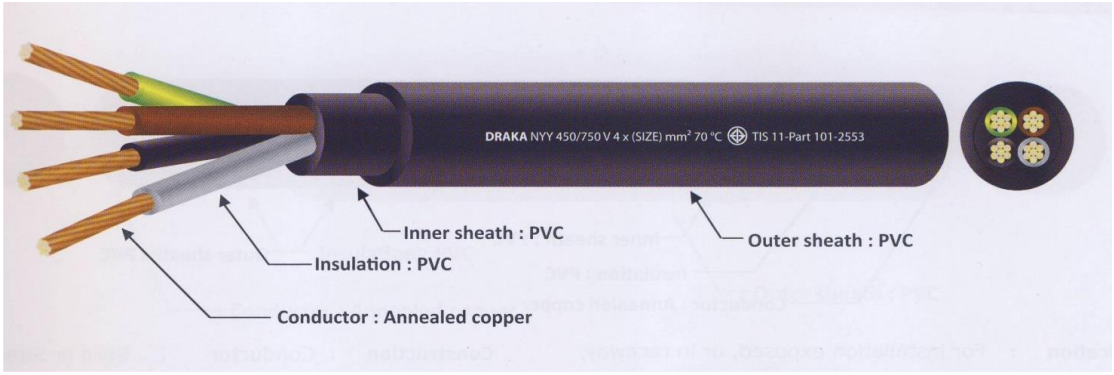
รูปที่ 2.5 สาย มอก.11-2553, 60227 IEC 10
ที่มา: http://www.skselectric.co.th/

2.1.3.7 สาย มอก.11-2553, NYY

- เป็นสายชนิดแกนเดียวและหลายแกน
- แรงดันใช้งาน 450/750 โวลต์
- แกนเดียว ขนาด 1.0 ถึง 500 ตร.มม.
- หลายแกน ขนาด 50 ถึง 300 ตร.มม.
- หลายแกนมีสายดิน ขนาด 25 ถึง 300 ตร.มม.

การใช้งาน

- ใช้งานทั่วไป
- วางบนรางเคเบิล
- ร้อยท่อฝังดินหรือฝังดินโดยตรง



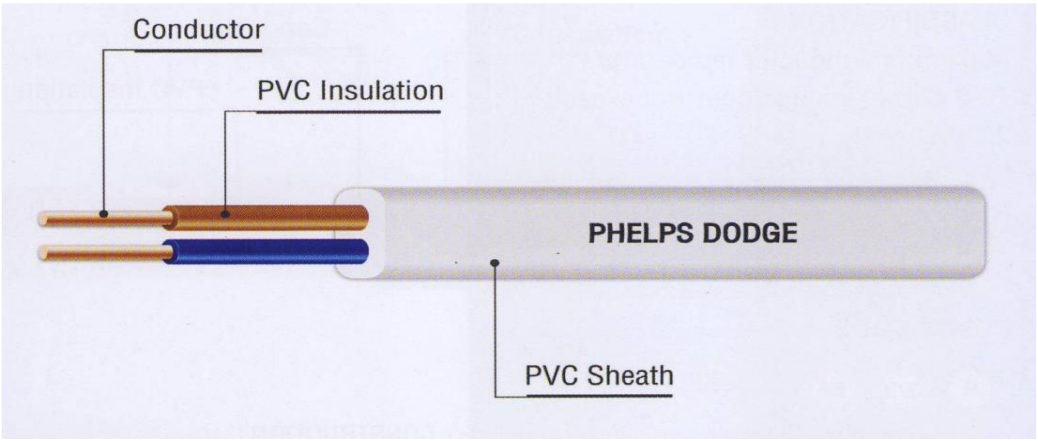
รูปที่ 2.6 สาย มอก.11-2553, NYY
ที่มา: http://www.skselectric.co.th/

2.1.3.8 สาย มอก.11-2553, VAF

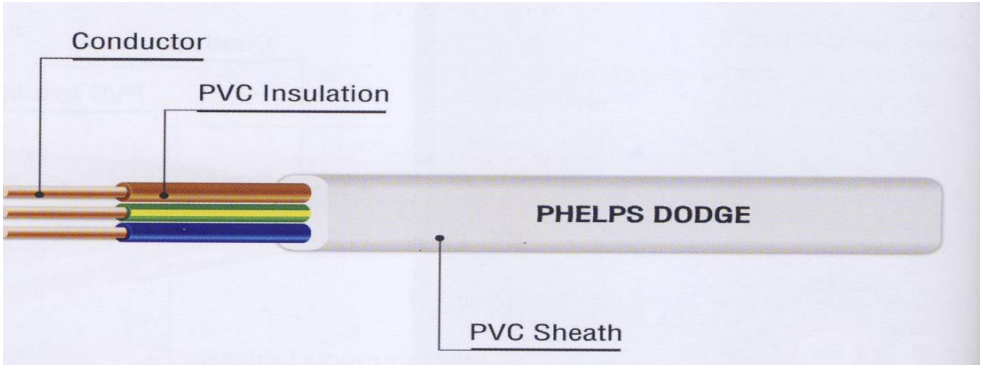
- เป็นสายแบน 2 แกน และ 2 แกน มีสายดิน
- แรงดันใช้งาน 300/500 โวลต์
- ขนาด 1.0 ถึง 16 ตร.มม.

การใช้งาน

- เดินเกาะผนัง
- เดินในช่องเดินสาย ห้ามร้อยท่อ
- ห้ามฝังดิน



รูปที่ 2.7 สาย มอก.11-2553, VAF แบบสายแบน 2 แกน
ที่มา: http://www.skselectric.co.th/



รูปที่ 2.8 สาย มอก.11-2553, VAF แบบสายแบน2 แกนมีสายดิน
ที่มา: http://www.skselectric.co.th/

2.1.3.9 สาย มอก.11-2553, VCT

- ลักษณะเป็นสายฝอย
- เป็นสายชนิดแกนเดียว หลายแกน และหลายแกนมีสายดิน
- แรงดันใช้งาน 450/750 โวลต์
- ขนาด 4 ถึง 35 ตร.มม.

การใช้งาน

- ใช้งานทั่วไป
- ใช้ต่อเข้าเครื่องใช้ไฟฟ้า
- วางบนรางเคเบิล
- ร้อยท่อฝังดินหรือฝังดินโดยตรง

รูปที่ 2.9 สาย มอก.11-2553, VCT
ที่มา: http://www.skselectric.co.th/

2.1.3.10 สายไฟฟ้าตามมาตรฐานอื่น, XLPE

- ผลิตตามมาตรฐาน IEC 60502
- หุ้มฉนวน XLPE แรงดัน 0.6/1 kV
- อุณหภูมิใช้งาน 90 ^{0}C
- มีทั้งชนิดแกนเดียวและหลายแกน

การใช้งาน

- ใช้งานทั่วไป
- วางบนรางเคเบิล เดินร้อยท่อฝังดินหรือฝังดินโดยตรง
- การติดตั้งภายในอาคารต้องเดินในช่องเดินสายที่ปิดมิดชิด ยกเว้น ฉนวนและเปลือกเปลือกของ สายมีคุณสมบัติต้าน เปลวเพลิง ตามมาตรฐาน IEC 60332-3 category C

รูปที่ 2.10 สายไฟฟ้าตามมาตรฐานอื่น, XLPE ชนิดแกนเดียว
ที่มา: http://www.skselectric.co.th/

รูปที่ 2.11 สายไฟฟ้าตามมาตรฐานอื่น, XLPE ชนิดหลายแกน
ที่มา: http://www.skselectric.co.th/

2.1.4 ท่อร้อยสาย

วัตถุประสงค์ เพื่อปกปิดและป้องกันสายและวงจรซึ่งอาจเกิดขึ้นจากสภาพแวดล้อม เช่น สารเคมี แก๊สไวไฟ ความชื้นและแรงกระแทก เป็นต้น

2.1.4.1 ชนิดของท่อ

(1) ท่อโลหะหนา (Rigid Metal Conduit, RMC)

(2) ท่อโลหะหนาปานกลาง (Intermediate Metal Conduit, IMC)

(3) ท่อโลหะบาง (Electrical Metallic Tubing, EMT)

(4) ท่อโลหะอ่อน (Flexible Metal Conduit, FMC)

(5) ท่ออโลหะแข็ง (Rigid Nonmetallic Conduit, RNC)

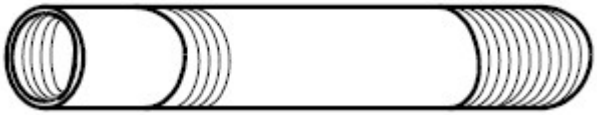
2.1.4.2 การใช้งาน

ท่อโลหะหนา ท่อโลหะหนาปานกลาง และท่อโลหะบาง เป็นท่อเหล็กอาบสังกะสีเหมือนกัน แต่มีข้อแตกต่างกันตรงที่ความหนาของผนังท่อเพื่อให้เหมาะกับการนำไปใช้งาน ท่อชนิดโลหะหนาเป็นท่อที่มีความหนามากที่สุดทั้งท่อโลหะหนาและท่อโลหะหนาปานกลางเป็นท่อทำเกลียวได้ทั้งคู่ และมีลักษณะการใช้งานที่สามารถทดแทนกันได้ ข้อกำหนดการใช้งานและการติดตั้งท่อทั้งสามชนิดมีดังนี้ ขนาดของท่อที่ผลิตใช้งานและเป็นไปตามข้อกำหนดของการไฟฟ้า ฯ เป็นดังนี้ ขนาดเล็กสุดท่อต้องมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่เล็กกว่า 12 มม.(½ นิ้ว) ขนาดใหญ่สุด ท่อโลหะบาง และท่อโลหะหนาปานกลางต้องมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางใหญ่สุดไม่เกิน 100 มม. (4 นิ้ว) ถ้าเป็นท่อโลหะหนาต้องมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางใหญ่สุดไม่เกิน 150 มม. (6 นิ้ว) จำนวนสายไฟฟ้าในท่อร้อยสายไฟฟ้าต้องไม่เกินที่กำหนดไว้ ตามตารางที่ 2.5 พื้นที่หน้าตัดตัวนำไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่หน้าตัดท่อ พื้นที่หน้าตัดตัวนำรวมฉนวนห่อหุ้มไม่เกิน 40 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่หน้าตัดท่อ

ตารางที่ 2.5 พื้นที่หน้าตัดรวมของสายไฟทุกเส้นคิดเป็นร้อยละเทียบกับพื้นที่หน้าตัดของท่อ

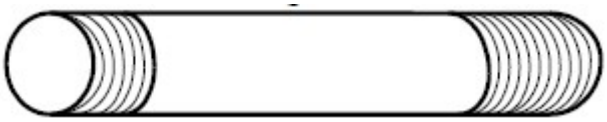
จำนวนสายในท่อร้อยสาย	1	2	3	4	มากกว่า 4
สายไฟทุกชนิดยกเว้นสายชนิดที่มีปลอกตะกั่วหุ้ม	53	31	40	40	40
สายไฟชนิดมีปลอกตะกั่วหุ้ม	55	30	40	38	35

(1) ท่อโลหะหนา (Rigid Metal Conduit, RMC) ทำจากเหล็กกล้ารีดร้อนหรือรีดเย็น หรือแผ่นเหล็กกล้าเคลือบสังกะสี ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 ถึง 6 นิ้ว ยาวท่อนละ 10 ฟุต (ประมาณ 3 เมตร) สามารถใช้ได้ทั้งงานภายในและภายนอกอาคาร ใช้กับงานที่มีแรงกระแทกทางกลสูง เช่นท่อผังดินเดินใต้ถนน งานในที่เสี่ยงต่อการเกิดระเบิด



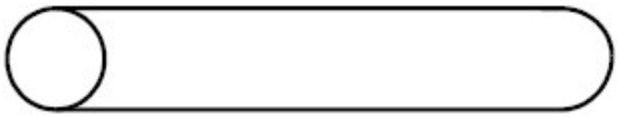
รูปที่ 2.12 แสดงท่อ RMC
ที่มา: จากหนังสือการออกแบบระบบไฟฟ้า จัดทำโดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์

(2) ท่อโลหะหนาปานกลาง (Intermediate Metal Conduit, IMC) ทำจากเหล็กกล้ารีดร้อนหรือรีดเย็น หรือแผ่นเหล็กกล้าเคลือบสังกะสี ภายในเคลือบอีนาเมล ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 ถึง 4 นิ้ว ยาวท่อนละ 10 ฟุต (ประมาณ 3 เมตร) สามารถใช้ได้ทั้งงานภายในและภายนอกอาคาร ใช้งานได้เหมือนท่อโลหะหนา แต่จะทนแรงกระแทกทางกลได้น้อยกว่า เหมาะกับงานที่ไม่มีการกระทบกระเทือนมากนัก



รูปที่ 2.13 แสดงท่อ IMC
ที่มา: จากหนังสือการออกแบบระบบไฟฟ้า จัดทำโดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์

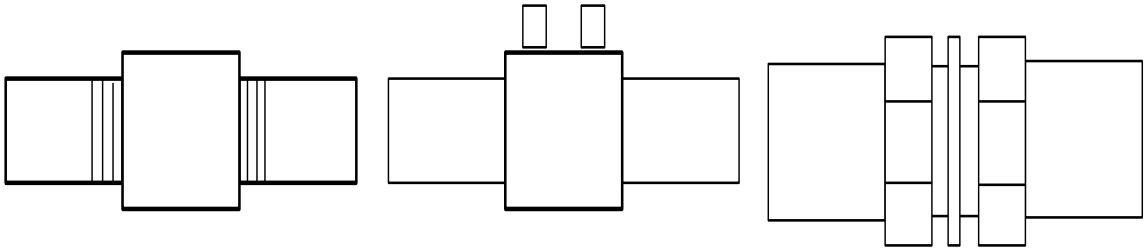
(3) ท่อโลหะบาง (Electrical Metallic Tubing, EMT) ทำจากเหล็กกล้ารีดร้อนหรือรีดเย็น หรือแผ่นเหล็กกล้าเคลือบสังกะสี ภายในเคลือบอีนาเมล ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 ถึง 2 นิ้ว ยาวท่อนละ 10 ฟุต (ประมาณ 3 เมตร) ใช้ได้เฉพาะภายในอาคารเท่านั้น ทั้งในที่เปิดโล่งและที่ซ่อน เช่น เดินลอยตามผนัง เดินในฝ้าเพดาน หรือฝังในผนังคอนกรีตได้ ไม่ควรใช้ท่อ EMT ในที่ที่มีการกระทบกระแทกทางกล ไม่ใช้ฝังใต้ดินและไม่ใช้ในระบบแรงสูง



รูปที่ 2.14 แสดงท่อ EMT
ที่มา: จากหนังสือการออกแบบระบบไฟฟ้า จัดทำโดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์

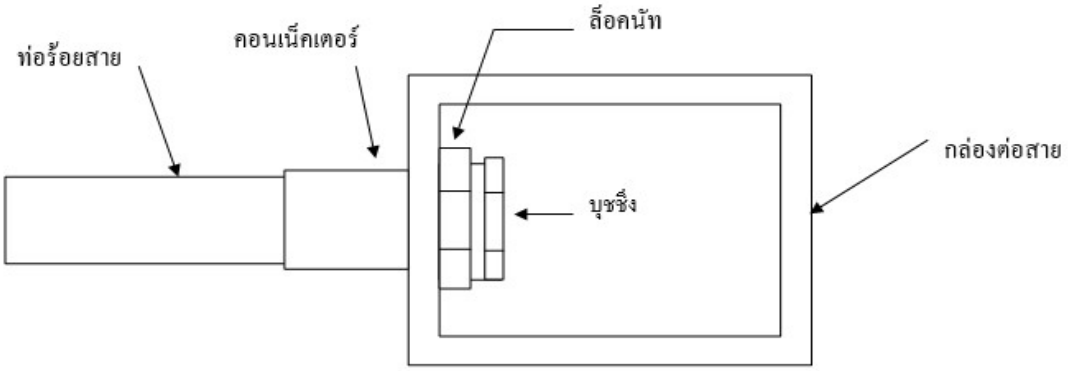
การติดตั้งและข้อกำหนดการติดตั้งเป็นดังนี้ ในสถานที่เปียกพวกท่อโลหะและส่วนประกอบที่ใช้ยึดท่อโลหะ เช่น โบลต์ สกรู ฯลฯ ต้องเป็นชนิดที่ทนต่อการผุกร่อนได้ เมื่อทำการตัดท่อต้องลบคมท่อเพื่อป้องกันไม่ให้บาดฉนวนของสาย ในการทำเกลียวท่อต้องใช้เครื่องทำเกลียวชนิดปลายเรียว เกลียวชนิดนี้เมื่อหมุนข้อต่อเข้าไปจะแน่นขึ้นเรื่อย ๆ ซึ่งจะเป็นผลให้มีความต่อเนื่องทางไฟฟ้าที่ดี

การต่อท่อในอิฐก่อหรือคอนกรีตหากใช้ข้อต่อชนิดไม่มีเกลียวต้องใช้ชนิดฝังในคอนกรีต (Concretetight) เมื่อติดตั้งในที่เปียกต้องใช้ชนิดกันฝน



รูปที่ 2.15 แสดงข้อต่อแบบมีเกลียวปลายเรียว ข้อต่อแบบขันด้วยสกรู และข้อต่อแบบอัดแน่น (ฝังในคอนกรีต)

ที่มา: จากหนังสือการออกแบบระบบไฟฟ้า จัดทำโดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์



รูปที่ 2.16 การติดตั้งท่อร้อยสายเข้ากับกล่องต่อสาย

ที่มา: จากหนังสือการออกแบบระบบไฟฟ้า จัดทำโดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์

การต่อสายให้ต่อได้เฉพาะในกล่องต่อสายหรือกล่องต่อจุดไฟฟ้าที่สามารถเปิดออกได้สะดวก ปริมาณของสายและฉนวนรวมทั้งหัวต่อสายเมื่อรวมกันแล้วต้องไม่เกิน 75% ของปริมาตรภายในกล่องต่อสายหรือกล่องต่อจุดไฟฟ้า การติดตั้งท่อร้อยสายเข้ากับกล่องต่อสายหรือเครื่องประกอบการเดินท่อ การเดินท่อต้องมีบุชชิ่งเพื่อป้องกันไม่ให้ฉนวนหุ้มสายชำรุด นอกเสียจากว่ากล่องต่อสายหรือเครื่องประกอบการเดินท่อได้ออกแบบมาเพื่อป้องกันการชำรุดเสียหายของฉนวนไว้แล้ว ท่อโลหะบางห้ามทำเกลียวเพราะการทำเกลียวจะทำให้ท่อขาดได้ มุมดัดโค้งระหว่างจุดดึงสายรวมกันแล้วต้องไม่เกิน 360 องศา เพราะอาจดึงสายไม่เข้าหรือดึงเข้าไปได้ก็จะดึงสายออกมาไม่ได้ เป็นผลให้การบำรุงรักษารักษาทำได้ยากหรือทำไม่ได้ ห้ามใช้ท่อโลหะบางฝังดินโดยตรงหรือใช้ระบบไฟฟ้าจำพวก High voltage หรือที่ซึ่งอาจเกิดความเสียหายหลังการติดตั้งได้

(4) ท่อโลหะอ่อน (Flexible Metallic Conduit, FMC) ปกตินิยมเดินเข้าเครื่องจักรหรือโคมไฟฟ้า เนื่องจากสามารถโค้งงอได้สะดวกตามความต้องการใช้งานและยังใช้งานได้ดีกับเครื่องจักรที่มีอาการสั่นสะเทือน จึงนิยมใช้งานในช่วงความยาวสั้น ๆ ตรงจุดที่ต่อท่อเข้าเครื่องจักรแต่เนื่องจากเป็นท่อที่ไม่กันน้ำในการใช้งานจึงต้องคำนึงถึงเรื่องนี้ด้วยเป็นสำคัญ การใช้งานท่อชนิดนี้ให้ใช้ในสถานที่แห้งและเข้าถึงได้ และเพื่อป้องกันสายจากความเสียหายทางกายภาพหรือเพื่อการเดินซ่อนสาย ห้ามใช้ท่อโลหะอ่อนห้ามใช้ในกรณีดังต่อไปนี้

4.1) ในปล่องลิฟต์หรือปล่องขนของ

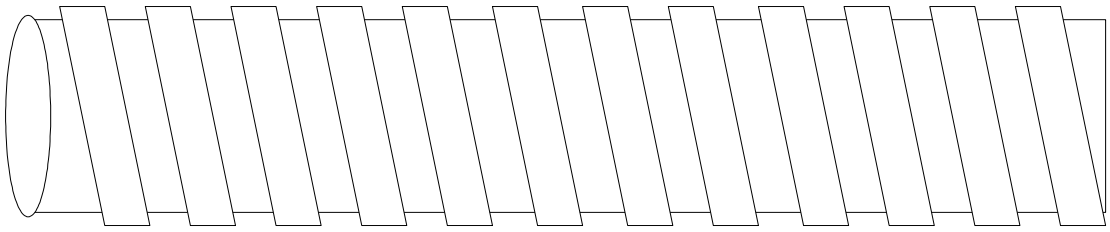
4.2) ในห้องแบตเตอรี่ เพราะอาจผุกร่อนได้เนื่องจากไอกรด

4.3) ในสถานที่อันตราย นอกจากระบุไว้เป็นอย่างอื่น

4.4) ฝังดิน หรือฝังในคอนกรีต

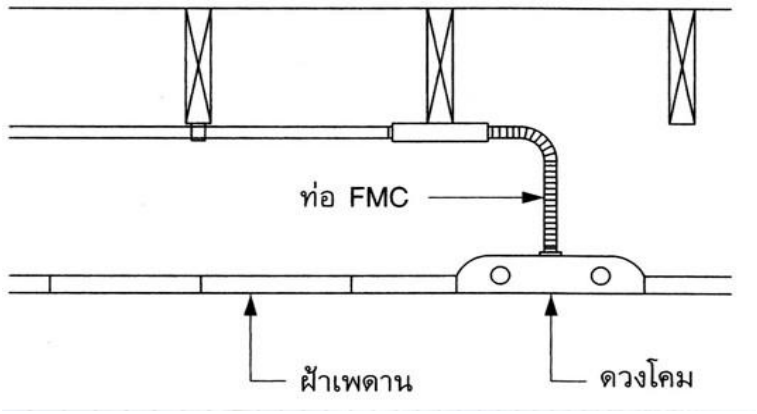
4.5) ในสถานที่เปียก นอกจากจะใช้สายไฟชนิดที่เหมาะสมกับสภาพการติดตั้งและในการติดตั้งท่อโลหะอ่อนต้องป้องกันไม่ให้น้ำเข้าไปในช่องเดินสายที่ท่อโลหะอ่อนนี้ตั้งอยู่

4.6) ท่อโลหะอ่อนที่มีขนาดเล็กกว่า 12 มม. ยกเว้นท่อโลหะอ่อนที่ประกอบติดมากับกับขั้วหลอดไฟฟ้าและมีความยาวไม่เกิน 1.80 ม. จำนวนสายไฟฟ้าในท่อโลหะอ่อนต้องไม่เกินกว่าตามที่กำหนดไว้ในตารางที่ 2.5 การติดตั้งมุมดัดโค้งระหว่างจุดดึงสายรวมกันต้องไม่เกิน 360 องศา และระยะห่างระหว่างอุปกรณ์จับยึดต้องไม่เกิน 1.50 ม. และห่างจากกล่องต่อสายหรืออุปกรณ์ต่างๆ ไม่เกิน 0.30 ม.



รูปที่ 2.17 แสดงท่อ FMC

ที่มา: จากหนังสือการออกแบบระบบไฟฟ้า จัดทำโดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์



รูปที่ 2.18 แสดงการติดตั้งท่อโลหะอ่อนเข้ากับดวงโคมบนฝ้าเพดาน
ที่มา: จากหนังสือการออกแบบระบบไฟฟ้า จัดทำโดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์

(5) ท่ออโลหะแข็ง (Rigid Nonmetallic Conduit) ที่มีใช้งานอยู่ทั่วไปได้แก่ท่อพีวีซีและท่อพีอี ท่อพีวีซีมีคุณสมบัติในการต้านเปลวเพลิง แต่มีข้อเสียที่เมื่อไฟไหม้จะมีก๊าซที่เป็นพิษต่อบุคคลออกมาด้วยและไม่ทนต่อแสงอัลตราไวโอเลตทำให้กรอบเมื่อถูกแดดนานๆ สำหรับท่อพีอีเป็นท่อที่ไฟลุกลามได้แต่คงทนต่อแสงอัลตราไวโอเลตจึงเหมาะที่จะใช้ภายนอกอาคารการใช้งานภายในอาคารจึงต้องฝังอยู่ในคอนกรีตหรือฝังดิน ท่ออโลหะและเครื่องประกอบการเดินท่อต้องใช้วัสดุที่เหมาะสม ทนต่อความชื้น สภาวะอากาศและสารเคมี ทนต่อแรงกระแทกและแรงอัด ไม่บิดเบี้ยวเพราะความร้อนภายใต้สภาวะที่อาจเกิดขึ้นเมื่อใช้งานในสถานที่ใช้งานซึ่งท่อมีโอกาสถูกแสงแดดโดยตรงต้องใช้ท่อชนิดทนแสงแดดได้ ท่อที่ใช้เหนือดินต้องมีคุณสมบัติต้านเปลวเพลิง ท่อที่ใช้ใต้ดินวัสดุที่ใช้ต้องทนความชื้น ทนสารที่ทำให้ผุกร่อนและมีความแข็งแรงเพียงพอที่จะทนแรงกระแทกได้โดยไม่เสียหาย ถ้าใช้ฝังดินโดยตรงไม่มีคอนกรีตหุ้มวัสดุที่ใช้ต้องสามารถทนน้ำหนักกดที่อาจเกิดขึ้นภายหลังการติดตั้งได้ การใช้งานท่ออโลหะแข็งมีข้อกำหนดการใช้งานดังนี้

5.1) เดินซ่อนในผนัง พื้นและเพดาน

5.2) ในบริเวณที่ทำให้เกิดการผุกร่อนและมีสารเคมีถ้าท่อและเครื่องประกอบการเดินท่อได้ออกแบบไว้สำหรับใช้งานในสภาพดังกล่าว

5.3) ในที่เปียกหรือชื้นซึ่งได้จัดให้มีการป้องกันน้ำเข้าไปในท่อ

5.4) ในที่โล่ง (Exposed) ซึ่งไม่อาจเกิดความเสียหายทางกายภาพ

5.5) การติดตั้งใต้ดินควรดูข้อกำหนดในเรื่องการติดใต้ดินประกอบ

5.6) ห้ามใช้ท่ออโลหะแข็งห้ามใช้ในกรณีต่อไปนี้

5.7) ในสถานที่อันตราย นอกจากจะระบุไว้เป็นอย่าอื่น

5.8) ใช้เป็นเครื่องแขวนและจับยึดดวงโคม

5.9) อุณหภูมิโดยรอบหรืออุณหภูมิใช้งานของสายเกินกว่าอุณหภูมิของท่อที่ระบุไว้

5.10) ท่ออโลหะแข็งที่มีขนาดเล็กกว่า 12 มม.

5.11) จำนวนสายไฟฟ้าในท่อต้องไม่เกินตามที่กำหนดในตารางที่ 2.5

5.12) การติดตั้งมุมดัดโค้งระหว่างจุดดึงสายรวมกันแล้วต้องไม่เกิน 360 องศา เมื่อเดินท่อเข้ากล่องหรือส่วนประกอบอื่นๆ ต้องจัดให้มีบุชชิ่งหรือป้องกันไม่ให้ฉนวนของสายชำรุด

2.1.5 บริภัณฑ์ไฟฟ้า

อาจแบ่งตามระดับแรงดันไฟฟ้าได้เป็น

บริภัณฑ์ไฟฟ้าแรงดันสูง (HV Equipment) แรงดันสูงกว่า 36 kV

บริภัณฑ์ไฟฟ้าแรงดันปานกลาง (MV Equipment) แรงดัน 1 kV ถึง 36 kV

บริภัณฑ์ไฟฟ้าแรงดันต่ำ (LV Equipment) แรงดันน้อยกว่า 1 kV

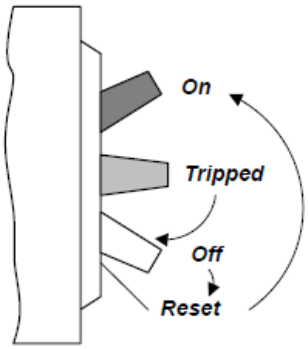
สำหรับในที่นี้จะกล่าวถึงบริภัณฑ์ไฟฟ้าแรงดันต่ำที่สำคัญดังนี้

2.1.5.1 เซอร์กิตเบรกเกอร์แรงดันต่ำ (Low Voltage Circuit Breakers)

เป็นบริภัณฑ์ไฟฟ้าที่ทำหน้าที่เป็นสวิตช์สำหรับเปิดปิดวงจรไฟฟ้าแรงดันต่ำในภาวะปกติและจะเปิดวงจรโดยอัตโนมัติ เมื่อเกิดภาวะผิดปกติขึ้นอันเนื่องมาจากการใช้กระแสเกิน ซึ่งกระแสเกิน (Over Current) แบ่งออกได้ 2 ประเภท

(1) OVERLOAD CURRENT เกิดจากการเพิ่ม LOAD เข้าไปในวงจรทำให้วงจรนั้นกินกระแสไฟมากกว่าปกติ ทำให้สายไฟในวงจรร้อนซึ่งสายไฟจะละลายได้ หากไม่มีอุปกรณ์ป้องกันจะทำให้เกิดไฟไหม้ได้

(2) SHORT CIRCUIT CURRENT เกิดจากตัวนำไฟฟ้าลัดวงจรกันเองหรือลัดวงจรลงดินทำให้เกิด หลังจากทำการแก้ไขสิ่งผิดปกติบกพร่องเรียบร้อยแล้วก็สามารถสับไฟเข้าให้ใช้งานต่ออีกได้



รูปที่ 2.19 แสดงกลไกการสับสวิตช์ของเซอร์กิตเบรกเกอร์

ที่มา: http://www.sci-tech-service.com/article/cb/circuitbreaker.html

2.1.5.2 มาตรฐานของ CB ที่สำคัญคือ

(1) IEC 60947-2 “Low Voltage Switchgear and Control gear, Part 2 Circuit Breaker”

(2) IEC 60898 “Circuit Breakers for Overcurrent Protection for Household and Similar Installations”

ตารางที่ 2.6 เปรียบเทียบมาตรฐาน IEC 60898 กับ IEC 60947-2

	IEC 60898	**IEC 60947-2**
กลุ่มผู้ใช้งาน	บ้านอยู่อาศัย อาคารทั่วไป	โรงงานอุตสาหกรรม (ผู้มีความรู้ในการปรับค่า setting)
พิกัดแรงดัน (Ue) (phase to phase)	น้อยกว่าหรือเท่ากับ 440 V_{ac}	น้อยกว่า 1000 V_{ac}
พิกัดกระแสใช้งาน (In)	6,8,10,13,16,20,25,32,40,50,63, 80,100,125A	กำหนดโดยผู้ผลิต (มีค่าสูงสุดถึงหลายพันแอมป์)

2.1.5.3 พิกัดที่สำคัญตามมาตรฐาน IEC 60947-2 แบ่งได้ 2 ประการดังต่อไปนี้

(1) พิกัดกระแสต่อเนื่อง คือค่ากระแส RMS ที่ CB สามารถทนได้ที่อุณหภูมิไม่เพิ่มเกินค่าที่กำหนดให้ของอุณหภูมิโดยรอบ (Ambient Temperature) บริษัทผู้ผลิตส่วนมากจะทำ CB ที่มีขนาดโครงเป็นช่วงกว้าง แล้วปรับตั้งกระแสพิกัดในระหว่างช่วงให้ละเอียดขึ้น Ampere Frame (AF) และ Ampere Trip (AT) โดย Ampere Frame (AF) คือ ขนาดพิกัดกระแสสูงสุดที่สามารถใช้ได้กับขนาดโครงของ CB และ Ampere Trip (AT) คือ ขนาดพิกัดกระแสที่ปรับตั้งให้ CB ใช้งาน

(2) พิกัดการตัดกระแสลัดวงจร (Interrupting Capacity = IC, Breaking Capacity)

2.1) กระแสลัดวงจรสูงสุดที่ CB สามารถตัดได้โดยที่ตัว CB ไม่ได้รับความเสียหาย

2.2) ค่า IC ของ CB ต้องได้จากการทดสอบและขึ้นกับตัวแปรหลายตัว เช่น แรงดัน ตัวประกอบกำลัง เป็นต้น

2.3) CB ที่สามารถใช้ ได้กับหลายแรงดัน จะต้องมีค่า IC ที่แต่ละแรงดันด้วย

2.4) ค่า IC ของ CB เป็นพิกัดที่สำคัญมากอย่างหนึ่งในการเลือก CB เพื่อใช้สำหรับงานหนึ่งงานใดดังในการคำนวณหาจึงต้องยึดค่าของ IC เป็นหลัก

2.1.5.4 IEC 60947-2 ได้ให้นิยามพิกัดการตัดกระแสลัดวงจรไว้ดังนี้

(1) Icu = Rated Ultimate Short-Circuit Breaking Capacity (Switching Sequence O-t-CO) หมายถึง ค่าพิกัดการตัดกระแสลัดวงจรของ CBs ที่ใช้ในการทดสอบ จะไม่คำนึงว่าสามารถรับกระแสใช้งานปกติได้อย่างต่อเนื่องหรือไม่หลังการทดสอบ

(2) Ics = Rated Service Short-Circuit Breaking Capacity (Switching Sequence O-t-CO-t-CO) หมายถึง ค่ากระแสลัดวงจรสูงสุดที่ CBs สามารถตัดวงจรได้โดยไม่เกิดความเสียหายภายใต้สภาวะที่กำหนด (แรงดัน, ความถี่, Power Factor, อุณหภูมิ, ฯลฯ) ที่กำหนดโดยผู้ผลิต

(3) Icw = Rated Short-times Current Withstand เป็นค่าพิกัดกระแส (rms) ลัดวงจรที่อุปกรณ์สามารถรองรับได้ (คงอยู่ในตำแหน่งสับ) ในระยะเวลาสั้นๆ โดยไม่เกิดความเสียหายใดๆ

2.1.5.5 IEC 60947-2 ยังแบ่ง CB ตามลักษณะการใช้งาน (Utilization Category) คือ

(1) Utilization Category ไม่เหมาะที่จะทำ Coordination (ปรับตั้งค่าหน่วงเวลาไม่ได้) และไม่มี Icw

(2) Utilization Category B เหมาะที่จะทำ Coordination (ปรับตั้งค่าหน่วงเวลาให้ทำงานร่วมกับอุปกรณ์ป้องกันอื่นได้) และมี Icw

2.1.5.6 ค่า AF ขนาดมาตรฐานและ AT

โดยมาตรฐาน IEC ได้กำหนด AF ไว้ดังนี้คือ 63, 100, 125, 160, 200, 250, 320, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000, 2500, 3200, 4000, 5000, 6300 บริษัทบางแห่งอาจจะไม่ผลิตค่า AF บางค่าได้ ค่า AT ที่บริษัทต่างๆจะผลิตออกมานั้นมีหลายค่าแล้วแต่ความต้องการของบริษัทนั้น ๆ เช่น บริษัท CB ที่ AF = 250 A อาจตั้ง AT ไว้ดังนี้คือ 100, 125, 150, 175, 200, 225 A และ 250 A ที่ AF = 1600 A มีAT ค่าต่างๆ คือ 800, 1000, 1250, 1600 A

2.1.5.7 ชนิดของ Circuit Breaker (ระบบแรงต่ำ)

(1) Air Circuit Breaker (ACB)

1.1) เป็น CB ขนาดใหญ่มีพิกัดกระแสต่อเนื่องสูง

1.2) เป็นแบบเปิดโล่ง (Open Frame) กล่าวคือมีบริภัณฑ์และกลไกอยู่เป็นจำนวนมากและติดตั้งอย่างเปิดโล่งเห็นได้ชัดเจน

1.3) นิยมใช้เป็นอุปกรณ์ป้องกัน สายเมน

1.4) พิกัดกระแสลัดวงจรสูงมาก (ใช้กับงานแรงสูง ,HVAC)

1.5) มีทั้งชนิด Fixed Type และ Draw Out Type

- แบบติดตั้งอยู่กับที่ (Fixed Type) ติดตั้ง ให้ติดกับ Main Circuit โดยยึดติดด้วยสกรูอย่างแข็งแรง เวลาถอดออกเพื่อซ่อมบำรุงจะต้องดับไฟและใช้เวลามาก

- แบบดึงออกได้ (Drawout Type) เป็นเบรคเกอร์ชนิดชักออก ซึ่งติดตั้งบนฐานรางเลื่อน สามารถถอดเปลี่ยน/ซ่อม การซ่อมบำรุงได้ ซึ่ง ACB แบบนี้ ทำได้สะดวกรวดเร็วและสามารถลดเวลาการดับไฟฟ้าได้ดังนั้นแบบนี้จึงเป็นที่นิยมสำหรับการใช้ในส่วนใหญ่

(2) Mold Case Circuit Breaker (MCCB)

2.1) บริภัณฑ์ตรวจจับและบริภัณฑ์ตัดต่ออยู่ภายในวัสดุฉนวนซึ่งทำด้วยสารประเภทพลาสติกแข็งอย่างเดียวเท่านั้น

2.2) ใช้สำหรับป้องกันระบบไฟฟ้า ตั้งแต่วงจรย่อย สายป้อนถึงสายประธานและบริภัณฑ์ไฟฟ้า ทั้งสามส่วนนี้ต้องจัดให้ตรงกับมาตรฐาน

2.3) พิกัดกระแสลัดวงจรสูงพอสมควรและมีหลายขนาดให้เลือกใช้งาน

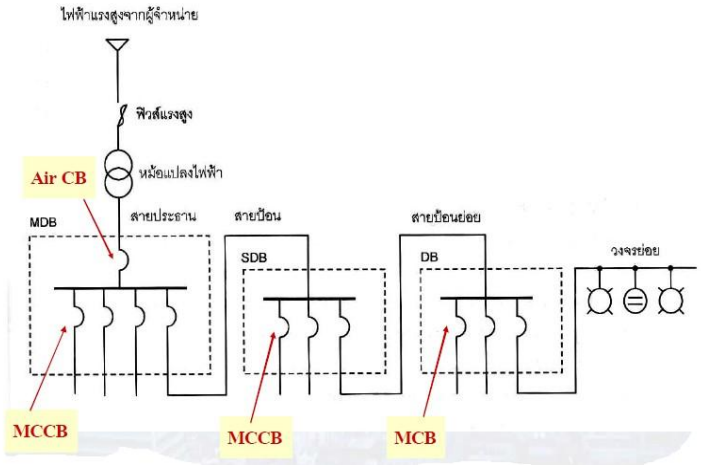
(3) Miniature Circuit Breaker (MCB)

3.1) นิยมใช้ป้องกันสายวงจรย่อย (5 – 10 kA) พิกัดกระแสลัดวงจรต่ำ

3.2) ติดตั้งในแผงจ่ายไฟ (Panel board) แผงจ่ายไฟของที่อยู่อาศัย (Consumer Unit) เพื่อความเป็นระเบียบเรียบร้อยในการจัดวาง

3.3) เพื่อป้องกันระบบไฟฟ้าของบ้าน สำนักงาน หรืออุตสาหกรรม

3.4) มาตรฐานที่ใช้ส่วนมากสำหรับ MCB คือ IEC 60898

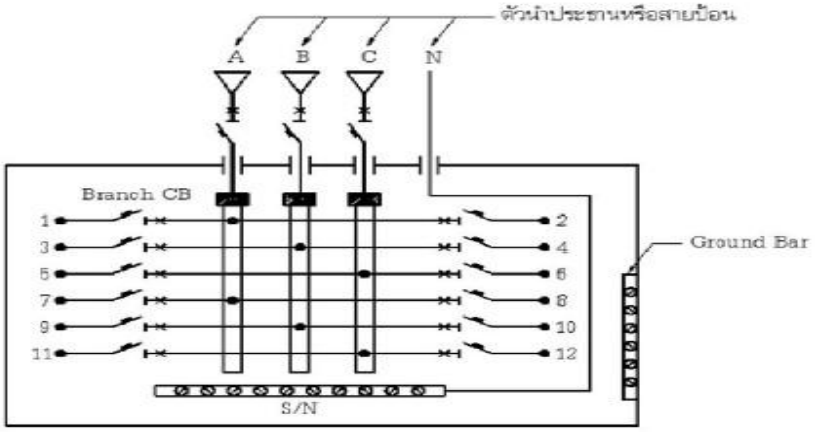


รูปที่ 2.20 แสดงตำแหน่งที่เหมาะสมสำหรับการเลือกใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์แรงดันต่ำ
ที่มา: จากหนังสือการออกแบบระบบไฟฟ้า จัดทำโดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์

2.1.6 แผงวงจรย่อย (Panel boards)

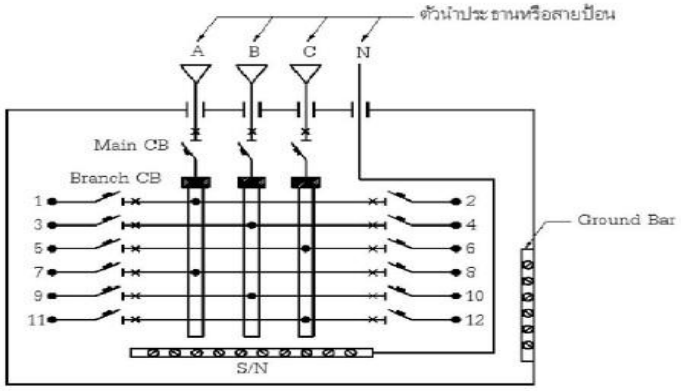
บริภัณฑ์ไฟฟ้าที่รับไฟจากสายป้อนหรือสายประธานแล้วจัดการแยกไฟฟ้าที่ได้รับออกเป็นวงจรย่อยหลายวงจรย่อยเพื่อจ่ายไฟฟ้าให้โหลดต่อไป Panel board หรือ Load Centers ส่วนใหญ่จะใช้กับระบบ 3 เฟส 4 สาย (แผงย่อย 1 เฟส 2 สาย สำหรับที่อยู่อาศัย เรียกว่า Consumer Units) ซึ่งแบ่งเป็น 2 ประเภท

2.1.6.1 แบบ Main Lugs แผงย่อยที่มีเฉพาะขั้วต่อสาย ไม่มี CB อยู่ภายในเครื่องห่อหุ้ม ดังนั้นการใช้งานต้องต่อ Main CB ไว้นอกเครื่องห่อหุ้ม แล้วเดินสายเข้าไปในแผงจ่ายไฟ



รูปที่ 2.21 แสดงโครงสร้างและส่วนประกอบต่างๆของแผงย่อยแบบ Main Lugs
ที่มา: จากหนังสือการออกแบบระบบไฟฟ้า จัดทำโดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์

2.1.6.2 แบบ Main Circuit Breaker แผงย่อยที่มี Main CB อยู่ในเครื่องห่อหุ้ม การเลือกต้องพิกัดของ Main CB คือ AT, AF และ IC



รูปที่ 2.22 แสดงโครงสร้างและส่วนประกอบต่างๆของแผงย่อยแบบ Main Circuit Breaker
ที่มา: จากหนังสือการออกแบบระบบไฟฟ้า จัดทำโดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์

2.1.6.3 เครื่องห่อหุ้ม (Enclosures) ป้องกันการกระทบกระเทือนจากภายนอก ส่วนใหญ่ทำจากโลหะหรือพลาสติกแข็ง ส่วนประกอบทั้งหมดของ Panel board จะอยู่ภายในเครื่องห่อหุ้มนี้ สำหรับเครื่องห่อหุ้มที่เป็นกล่องเหล็กจะต้องต่อลงดิน

2.1.6.4 บัสบาร์ (Bus bars) บัสบาร์คือส่วนที่จะทำหน้าที่เชื่อมต่อทางไฟฟ้าระหว่างสายประธานกับสายป้อนบัสบาร์ส่วนมากจะทำจากทองแดงที่มีความบริสุทธิ์สูงมาก เนื่องจากต้องนำกระแสปริมาณมากๆ เสมอ และเพื่อความปลอดภัยต้องหุ้มฉนวนที่ขั้วต่อทางไฟฟ้าด้วยเสมอ

2.1.6.5 เซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit Breakers) ส่วนใหญ่จะเป็นชนิด Plug-in CB ซึ่งเป็น CB ที่เสียบลงแล้วสามารถใช้งานได้เลยทันที เป็นที่นิยมใช้กันทั่วไป AF ที่ใช้งาน คือ 50 AF และ 63 AF ส่วน AT จะมีค่าๆ ได้แก่ 10, 16, 20, 32, 40, 45, 50, 63 สำหรับพิกัด IC ของ Branch CB นั้นจะมีค่าต่างๆให้เลือกใช้ เช่น 5kA, 6kA, 9kA, 10kA เป็นต้น

2.1.7 แผงสวิตช์ (Switchboards)

แผงจ่ายไฟขนาดใหญ่ที่รับไฟจากการไฟฟ้าหรือจากด้านแรงดันต่ำ ของหม้อแปลงเพื่อไปจ่ายโหลดต่างๆ เช่น แผงย่อย (Panel board) MCC เป็นต้น หรือบางครั้งมีชื่อเรียกดังนี้ Main Distribution Board (MDB) หรือ Main Distribution Panel (MDP)

รูปที่ 2.23 ลักษณะภายในและภายนอกของแผงสวิตช์
ที่มา: http://www.westerncontrols.com.au/products/modular-switchboard-systems.html

2.1.7.1 ส่วนประกอบ

(1) โครงห่อหุ้ม (Enclosure) ทำมาจากแผ่นโลหะประกอบเป็นโครงตู้ ซึ่งอาจเปิดได้เฉพาะด้านหน้า หรือเปิดได้ทุกด้าน ขึ้นอยู่กับการออกแบบโดยมีคุณสมบัติที่สำคัญคือคุณสมบัติทางกลคือรับแรงทางกลจากภายนอกได้เพียงพอต่อการใช้งานทั้งภาวะปกติและไม่ปกติได้ คุณสมบัติทางความร้อนคือทนความร้อนจากสภาพแวดล้อม ความผิดปกติในระบบและอาร์กจากการลัดวงจรได้ คุณสมบัติต่อการกัดกร่อนคือสามารถทนการกัดกร่อนจากความชื้นและสารเคมีได้

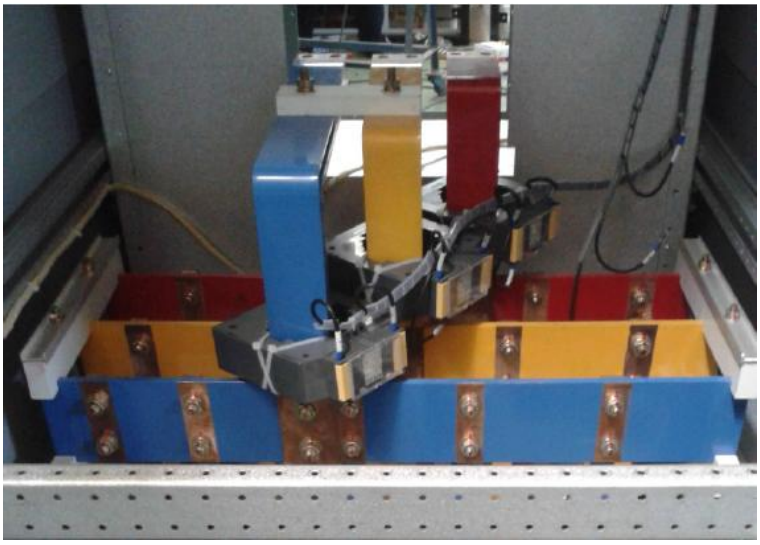
(2) บัสบาร์และฉนวน มีทั้งชนิดที่ตัวนำทำด้วยทองแดงและอลูมิเนียม รูปร่างของบัสบาร์ที่นิยมใช้กันทั่วไปเป็นแบบ Flat คือ มีพื้นที่หน้าตัด เป็น รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า เนื่องจากติดตั้งง่าย ระบายความร้อนดี แบ่ง ออกเป็น 2 ประเภท

2.1) บัสบาร์แบบเปลือย

2.2) บัสบาร์แบบทาสี

2.3) ข้อแนะนำในการใช้บัสบาร์

- บัสบาร์ควรวางในแนวดิ่งจึงจะระบายความร้อนได้ดี
- บัสบาร์แบบ Flat ควรขนานกันไม่เกิน 4 แท่ง ถ้ามากกว่านี้จะมีปัญหาเรื่อง Skin Effect ตามมาดังนั้นจึงควรพิจารณาตามความเหมาะสมให้ดี
- บัสบาร์แบบทาสี สีที่ใช้ทาเคลือบบัสบาร์ ควรมีสัมประสิทธิ์การระบายความร้อนสูงประมาณ 0.9 และไม่ควรมีค่าต่ำกว่านี้
- บัสบาร์แบบทาสีนำกระแสได้สูงกว่าบัสบาร์แบบเปลือย
- กำหนดให้ใช้สีแดง เหลือง น้ำเงิน สำหรับเฟส R, Y, B ตามลำดับ
- การเรียงเฟสในสวิทช์บอร์ด (R, Y, B) ให้เรียงจากด้านหน้าไปยังด้านหลังตู้ จากบนลงล่าง หรือจาก ซ้ายไปขวา
- การเรียงเฟสลักษณะอื่นอนุญาตเฉพาะการเชื่อมต่อกับระบบที่มีอยู่แล้ว แต่ต้องทำเครื่องหมาย ให้เห็นชัดเจน



รูปที่ 2.24 แสดงตัวอย่างบัสบาร์

ที่มา: http://www.denco.com/product/busbar.html

2.1.7.2 เซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit Breaker: CB) เซอร์กิตแบรกเกอร์ที่อยู่ในแผงสวิตช์จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ

(1) เซอร์กิตเบรกเกอร์สำหรับสายป้อน (Feeder Circuit Breaker) คือ เซอร์กิตเบรกเกอร์ที่มีหน้าที่ป้องกันสายป้อนต่างๆ

(2) เซอร์กิตเบรกเกอร์สำหรับวงจรประธาน (Main Circuit Breaker) คือ เซอร์กิตเบรกเกอร์ซึ่งทำหน้าที่ป้องกันสายประธาน CB ทั้งหมดจะต้องมีพิกัดการตัดกระแสลัดวงจร (Interrupting Capacity) เพียงพอสำหรับกระแสลัดวงจรที่แผงสวิตช์

2.1.8 การต่อลงดิน

การต่อลงดินมีจุดประสงค์เพื่อลดอันตรายที่จะเกิดต่อบุคคล และลดความเสียหายที่อาจเกิดกับอุปกรณ์ไฟฟ้าและระบบไฟฟ้า การต่อลงดินมีหน้าที่หลัก 2 ประการ คือ

2.1.8.1 เมื่อเกิดแรงดันเกินจะจำกัดแรงดันไฟฟ้าของวงจรไม่ให้สูงจนอาจทำให้อุปกรณ์ไฟฟ้าเสียหายและลดแรงดันไฟฟ้าที่อาจเกิดขึ้นที่อุปกรณ์ไฟฟ้าหรือส่วนประกอบ เนื่องจากการรั่วหรือการเหนี่ยวนำเพื่อลดอันตรายต่อบุคคลที่อาจไปสัมผัส

2.1.8.2 เมื่อเกิดกระแสไฟฟ้ารั่วลงดินจะช่วยลดความเสียหายของเครื่องอุปกรณ์ไฟฟ้า หรือระบบไฟฟ้าการต่อลงดินที่ถูกต้องจะช่วยให้เครื่องป้องกันทำงานได้ตามที่ออกแบบไว้ ชนิดการต่อลงดินและส่วนประกอบต่างๆ

(1) การต่อลงดินสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ

1.1) การต่อลงดินของระบบไฟฟ้า (System Grounding)

1.2) การต่อลงดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า (Equipment Grounding)

(2) การต่อลงดินมีส่วนประกอบที่สำคัญคือ

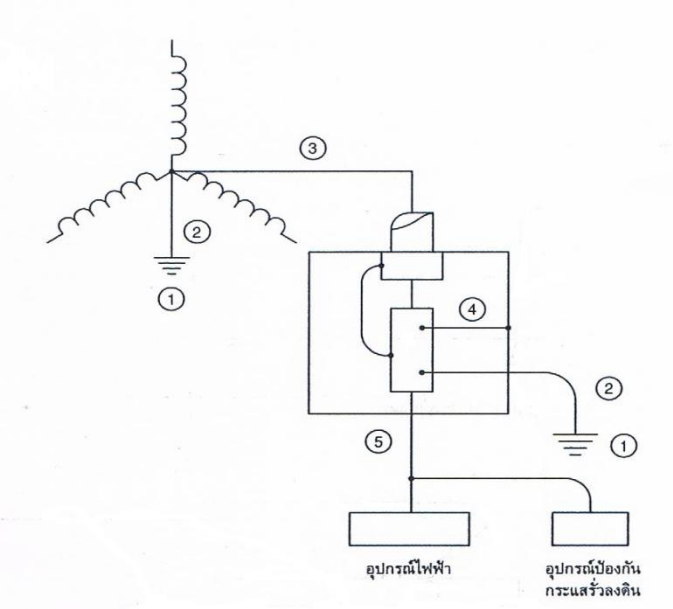
2.1) หลักดิน หรือ ระบบหลักดิน (Grounding Electrode or Grounding Electrode System)

2.2) สายต่อหลักดิน (Grounding Electrode Conductor)

2.3) สายที่มีการต่อลงดิน(Grounded Conductor)

2.4) สายต่อฝากหลัก(Main Bonding Jumper)

2.5) สายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า (Equipment Grounding Conductor)



รูปที่ 2.25 ส่วนประกอบต่างๆ ของระบบการต่อลงดิน
ที่มา: จากหนังสือการออกแบบระบบไฟฟ้า จัดทำโดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์

2.1.8.1 การต่อลงดินของระบบไฟฟ้า (System Grounding) หมายถึง การต่อส่วนใดส่วนหนึ่งของระบบไฟฟ้า ซึ่งมีกระแสไหลผ่าน เช่น จุดนิวทรัล (Neutral Point) ลงดิน

(1) จุดประสงค์ของการต่อลงดินของระบบไฟฟ้ามีดังต่อไปนี้ คือ

1.1) เพื่อจำกัดแรงดันเกิน (Over Voltage) ที่ส่วนต่างๆ ของระบบไฟฟ้า ซึ่งอาจเกิดจากฟ้าผ่า (Lightning) เสิร์จในสาย (Line Surges) หรือสัมผัสกับสายแรงสูง (H.V. Lines) โดยบังเอิญ

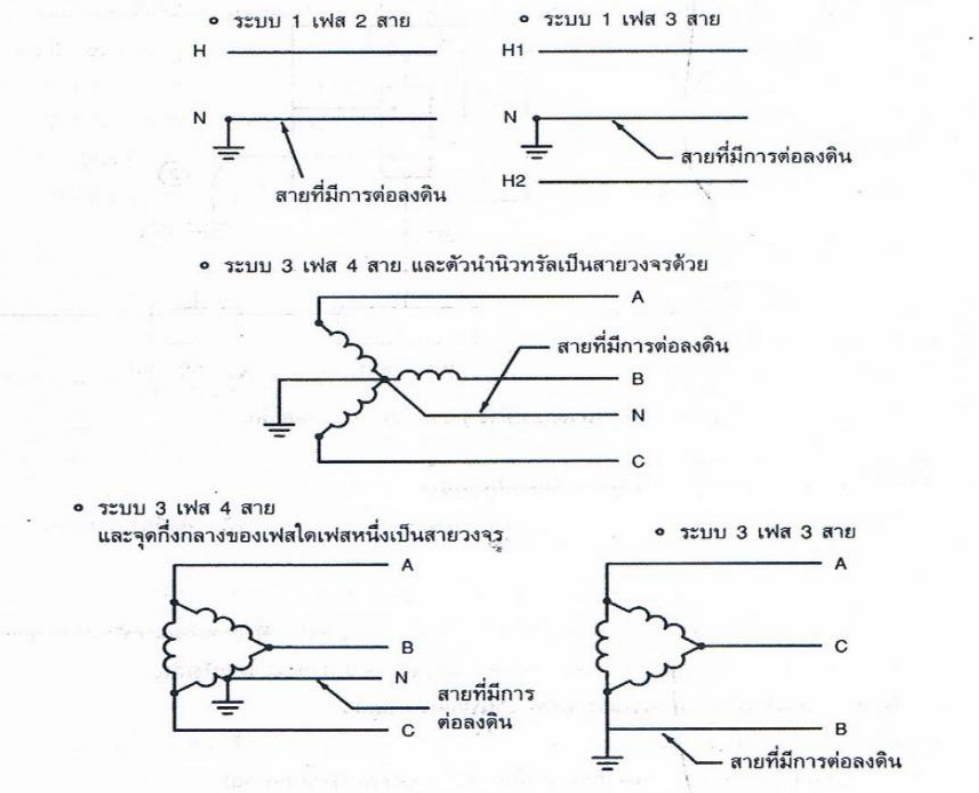
1.2) เพื่อให้ค่าแรงดันเทียบกับดินขณะระบบทำงานปกติมีค่าอยู่ตัว

1.3) เพื่อช่วยให้อุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินทำงานได้รวดเร็วขึ้นเมื่อเกิดการลัดวงจรลงดิน (line to ground fault)

(2**)** การต่อลงดินของระบบไฟฟ้ากระแสสลับ (AC System Grounding) การต่อลงดินของระบบไฟฟ้ากระแสสลับอาจแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่

2.1) การต่อลงดินของระบบไฟฟ้ากระแสสลับที่มีระดับแรงดันต่ำกว่า 50 V (NEC) จะต้องทำการต่อลงดินเมื่อแรงดันที่ได้รับไฟจากหม้อแปลง ซึ่งมีแหล่งจ่ายไฟแรงดันเกิน 150V หม้อแปลงได้รับจากไฟแหล่งจ่ายไฟ ที่ไม่มีการต่อลงดิน (Ungrounded System) และตัวนำแรงดันต่ำ ติดตั้งแบบสายเหนือดินนอกอาคาร

2.2) การต่อลงดินของระบบไฟฟ้ากระแสสลับที่มีระดับแรงดันตั้งแต่ 50 – 1000 V การต่อลงดินของระบบไฟฟ้าแบบนี้ มีลักษณะดังรูปที่ 2.26 ซึ่งเป็นตัวอย่างการต่อลงดินของระบบไฟฟ้าชนิด 1 เฟส 3 สาย, 3 เฟส 3 สาย, และ 3 เฟส 4 สาย



รูปที่ 2.26 การต่อลงดินของระบบไฟฟ้ากระแสสลับที่มีระดับแรงดันตั้งแต่ 50 V – 1 kV
ที่มา: จากหนังสือการออกแบบระบบไฟฟ้า จัดทำโดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์

2.3) การต่อลงดินของระบบไฟฟ้ากระแสสลับที่มีระดับแรงดันตั้งแต่ 1 kV ขึ้นไป บริภัณฑ์ไฟฟ้าที่เคลื่อนย้ายได้ (Mobile Portable Equipment) ซึ่งได้รับไฟฟ้าจากระบบไฟฟ้า ที่มีแรงดันตั้งแต่ 1 kV ขึ้นไป ต้องต่อลงดิน

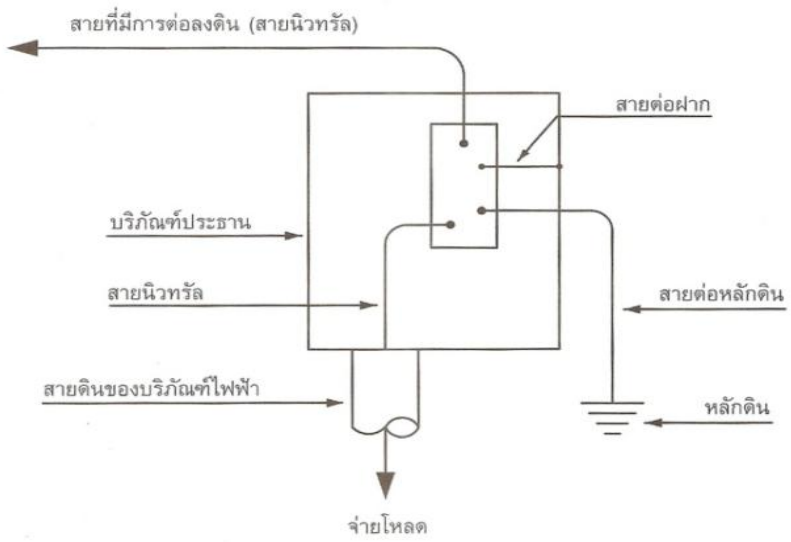
2.1.9 สายต่อหลักดิน (Grounding Electrode Conductor)

หมายถึง ตัวนำที่ใช้ต่อระหว่างหลักดินกับส่วนทั้งสามต่อไปนี้คือ

สายที่มีการต่อลงดิน (Grounded Conductor)

สายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า (Equipment Grounding Conductor)

สายต่อฝากที่บริภัณฑ์ไฟฟ้า (Equipment Grounding Jumper) ดังแสดงในรูปที่ 2.27



รูปที่ 2.27 สายต่อหลักดิน
ที่มา: จากหนังสือการออกแบบระบบไฟฟ้า จัดทำโดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์

2.1.9.1 ชนิดของสายต่อหลักดิน ต้องมีคุณสมบัติดังนี้

(1) เป็นตัวนำทองแดง ตัวนำเดี่ยว หรือตีเกลียวหุ้มฉนวน

(2) ต้องมีฉนวนหุ้ม

(3) ต้องเป็นสายเส้นเดียวยาวต่อเนื่องตลอด ไม่มีการตัดต่อ แต่ถ้าเป็นบัสบาร์อนุญาตให้มีการต่อได้อย่างเดียวเท่านั้น

2.1.9.2 การติดตั้งและป้องกัน (NEC) มีการป้องกันทางกายภาพดังนี้

(1) ถ้าสายต่อหลักดินไม่ได้เดินในสิ่งห่อหุ้ม จะต้องเดินสายให้ยึดติดกับพื้นผิว

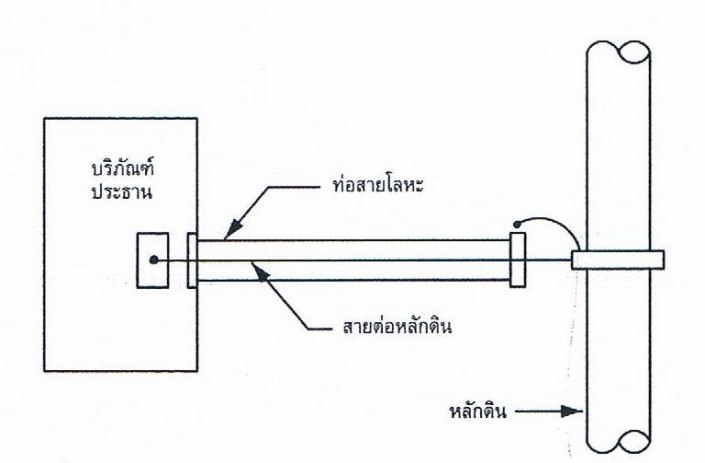
(2) ถ้าสายต่อหลักดินเดินในสิ่งห่อหุ้ม จะต้องยึดสิ่งห่อหุ้มนั้นติดกับพื้นผิวท่อสายที่ใช้สำหรับป้องกันทางกายภาพได้แก่ ท่อ RMC, IMC, PVC, EMT หรือเกราะสายเคเบิล

2.1.9.3 การป้องกันสายดินจากสนามแม่เหล็ก เมื่อใช้สิ่งห่อหุ้มสายต่อหลักดินแล้วเพื่อป้องกันสายดินจากสนามแม่เหล็กต้องคำนึงถึง ดังนี้

(1) ต้องมีความต่อเนื่องทางไฟฟ้าจากบริภัณฑ์ไฟฟ้าไปยังหลักดิน

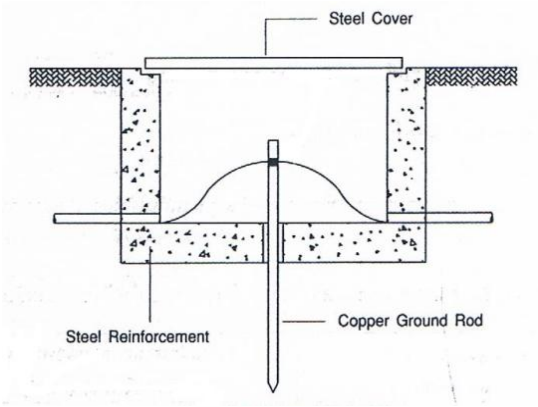
(2) สิ่งห่อหุ้มต้องยึดติดกับระบบหลักดิน ดังแสดงในรูปที่ 2.28

(3) ถ้าสายต่อหลักดินไม่ได้มีสิ่งห่อหุ้มตลอดความยาวปลายทั้งสองของสิ่งห่อหุ้มจะต้องต่อเชื่อมเข้ากับสายต่อหลักดิน ทั้งนี้เพื่อป้องกันการเกิดความร้อนมากเกินไปขณะเกิดการลัดวงจรลงดิน (line to ground fault)



รูปที่ 2.28 การต่อท่อสาย (Raceway) และสายต่อหลักดินเข้ากับหลักดิน
ที่มา: จากหนังสือการออกแบบระบบไฟฟ้า จัดทำโดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์

2.1.9.4 การต่อสายหลักดินเข้ากับหลักดิน สายต่อหลักดินจะต้องไม่มีการการตัดต่อใดๆ ทั้งสิ้น โดยทั่วไปการต่อสายหลักดินเข้ากับหลักดินนั้น จะต้องเป็นการต่อที่เข้าถึงได้ และเป็นการต่อลงดินที่ใช้ได้ผลดี แต่ถ้าระบบหลักดินเป็นแบบฝังใต้ดิน การต่อก็ไม่จำเป็นต้องเป็นแบบเข้าถึงได้เช่น ระบบหลักดินที่ตอกลึกเข้าไปในดิน และระบบหลักดินที่ฝังตัวอยู่ในคอนกรีต เป็นต้น เพื่อการวัดความต้านทานดินและบำรุงรักษา ควรต่อหลักดินเข้ากับ Grounding Pit ดังแสดงในรูปที่ 2.29



รูปที่ 2.29 Grounding Pit
ที่มา: จากหนังสือการออกแบบระบบไฟฟ้า จัดทำโดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์

(1) การต่อสายต่อหลักดินเข้ากับหลักดิน ประกอบด้วยดังนี้

1.1) การเชื่อมติดด้วยความร้อน (Exothermic Welding)

1.2) หูสาย หัวต่อแบบบีบอัด

1.3) ประกับต่อสาย

1.4) สิ่งอื่นที่ระบุให้ใช้เพื่อการนี้

1.5) ห้ามต่อโดยใช้การบัดกรีเป็นหลัก

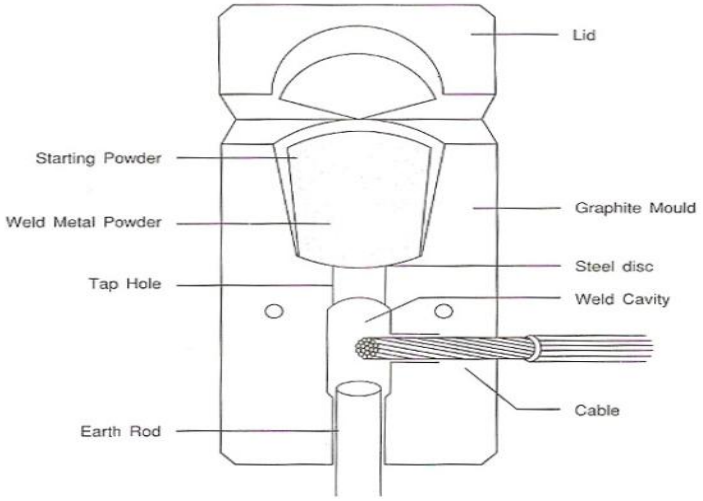
(2) ชนิดของสายต่อหลักดิน ต้องมีคุณสมบัติดังนี้

2.1) เป็นตัวนำทองแดงเดี่ยวหรือตีเกลียว

2.2) ต้องหุ้มฉนวน

2.3) ต้องเป็นสายเดียวยาวตลอดไม่มีการตัดแต่ถ้าเป็นบัสบาร์อนุญาตให้มีการต่อได้

2.4) การต่อสายต่อหลักดินเข้ากับหลักดิน วิธีที่ดีที่สุด คือวิธี Exothermic Welding ดังแสดงในรูปที่ 2.26



รูปที่ 2.30 Exothermic Welding

ที่มา: จากหนังสือการออกแบบระบบไฟฟ้า จัดทำโดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์

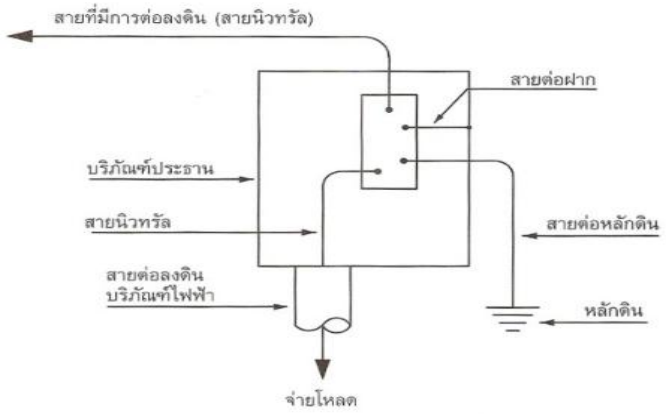
(3) ขนาดสายต่อหลักดินของระบบไฟฟ้ากระแสสลับ การเลือกขนาดสายต่อหลักดินของระบบไฟฟ้ากระแสสลับ จะใช้ตามตารางที่ 2.7 เป็นเกณฑ์ โดยเลือกตามขนาดสายประธานของระบบ สายประธานของแต่ละเฟสที่ต่อขนานกันให้คิดขนาดรวมกันแล้วนำมาหาขนาดสายต่อหลักดิน

ตารางที่ 2.7 ขนาดต่ำสุดของสายต่อหลักดินของระบบไฟฟ้ากระแสสลับ

ขนาดตัวนำประธาน (ตัวนำทองแดง) (mm^2)	**ขนาดต่ำสุดของสายต่อหลักดิน (ตัวนำทองแดง) (mm^2)**
ไม่เกิน 35	10 (หมายเหตุ)
เกิน 35 แต่ไม่เกิน 50	16
เกิน 50 แต่ไม่เกิน 95	25
เกิน 95 แต่ไม่เกิน 185	35
เกิน 185 แต่ไม่เกิน 300	50
เกิน 300 แต่ไม่เกิน 500	70
เกิน 500	95

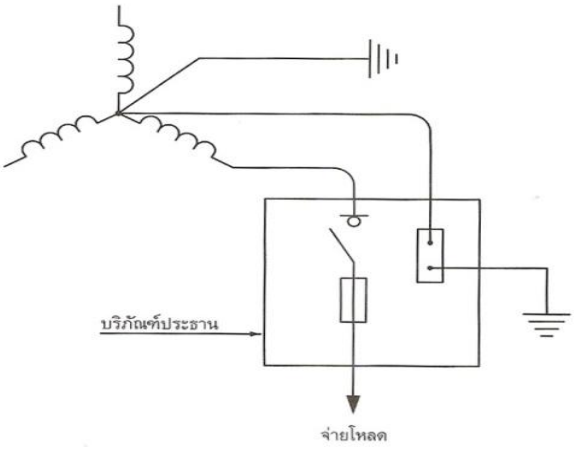
หมายเหตุ แนะนำให้ติดตั้งในท่อโลหะหนา ท่อโลหะหนาปานกลาง ท่อโลหะบาง หรือท่ออโลหะ

(4) สายที่มีการต่อลงดิน (Grounded Conductor) สายที่มีการต่อลงดิน (Grounded Conductor) คือ สายของวงจรไฟฟ้าที่มีส่วนหนึ่งส่วนใดต่อถึงดินอย่างจงใจในกรณีที่เกิดกระแสลัดวงจรลงดินสายที่มีการต่อลงดินจะทำหน้าที่เป็นสายดินของอุปกรณ์ด้วย เพื่อนำกระแสลัดวงจรกลับไปยังแหล่งจ่ายไฟ ในระบบไฟฟ้าโดยทั่วไป สายที่มีการต่อลงดิน คือ สายนิวทรัลแต่ไม่จำเป็นต้องเป็นสายนิวทรัลเสมอไป ดังแสดงในรูปที่ 2.31



รูปที่ 2.31 สายที่มีการต่อลงดิน (สายนิวทรัล)
ที่มา: จากหนังสือการออกแบบระบบไฟฟ้า จัดทำโดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์

สำหรับระบบไฟฟ้ากระแสสลับที่มีแรงดันไม่น้อยกว่า 1 kV และเป็นระบบที่มีการต่อลงดิน จะต้องเดินสายที่มีการต่อลงดินจากหม้อแปลงมายังบริภัณฑ์ประธานเสมอ ดังแสดงในรูปที่ 2.32



รูปที่ 2.32 หม้อแปลงที่มีการต่อลงดินต้องเดินสายที่มีการต่อลงดินมายังบริภัณฑ์ประธานด้วย
ที่มา: จากหนังสือการออกแบบระบบไฟฟ้า จัดทำโดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์

(5) ขนาดสายที่มีการต่อลงดิน สายที่มีการต่อลงดินที่เดินจากหม้อแปลงมายังบริภัณฑ์ประธานต้องมีขนาดดังนี้

5.1) ถ้าสายที่มีการต่อลงดินใช้เป็นสายดินอย่างเดียว ไม่ได้ใช้เป็นสายของวงจร (สายนิวทรัล) ให้คิดขนาดสายตามตารางที่ 2.7 และถ้าขนาดสายประธานของแต่ละเฟสรวมกันมากกว่า 500 mm^2 สายที่มีการต่อลงดินให้ใช้ 12.5% ของสายประธาน

5.2) ถ้าสายที่มีการต่อลงดินนี้ใช้เป็นสายของวงจร (สายนิวทรัล) ให้คิดขนาดสายตามวิธีการเลือกสายนิวทรัล

(6) การต่อลงดินของเครื่องบริภัณฑ์ไฟฟ้า (Equipment Grounding) หมายถึงการต่อส่วนที่ไม่มีกระแสไหลผ่านของสถานประกอบการให้ถึงกันตลอด แล้วต่อลงดินโดยการต่อลงดินของเครื่องบริภัณฑ์ไฟฟ้ามีจุดประสงค์ดังนี้ คือ

6.1) เพื่อให้ส่วนโลหะที่ต่อถึงกันตลอดมีศักดาไฟฟ้าเท่ากับดิน

6.2) เพื่อให้อุปกรณ์ป้องกันสามารถทำงานได้รวดเร็วขึ้น

6.3) เป็นทางผ่านให้กระแสรั่วไหล และกระแสเนื่องจากไฟฟ้าสถิตลงดิน

(7) ประเภทของบริภัณฑ์ไฟฟ้าที่จะต้องต่อลงดินมีดังต่อไปนี้

7.1) เครื่องห่อหุ้มที่เป็นโลหะของสายไฟฟ้า แผงบริภัณฑ์ประธานและโครงลิฟต์

7.2) สิ่งกั้นที่เป็นโลหะ รวมถึงเครื่องห่อหุ้มของบริภัณฑ์ไฟฟ้าในระบบแรงสูง

7.3) เครื่องบริภัณฑ์ไฟฟ้าที่ยึดติดอยู่กับที่และชนิดที่มีการเดินสายถาวรส่วนที่เป็นโลหะเปิดโล่งซึ่งปกติไม่มีไฟฟ้า แต่อาจมีไฟฟ้ารั่วถึงได้ ต้องต่อลงดินถ้ามีสภาพตามข้อใดข้อหนึ่งต่อไปนี้

- อยู่ห่างจากพื้นหรือต่อลงดินไม่เกิน 8 ฟุต (2.4 m) ในแนวตั้งหรือ 5 ฟุต (1.5m) ในแนวนอนและบุคคลอาจสัมผัสได้

- สัมผัสทางไฟฟ้ากับโลหะอื่นๆ

- อยู่ในสภาพที่เปียกชื้นและไม่มีการแยกให้อยู่ต่างหาก

7.4) เครื่องบริภัณฑ์ไฟฟ้าสำหรับยึดติดกับที่ต่อไปนี้เช่น โครงของแผงสวิตช์ โครงของมอเตอร์ชนิดยึดติดอยู่กับที่ เครื่องบริภัณฑ์ไฟฟ้าของลิฟต์ เครื่องฉายภาพยนตร์ เครื่องสูบน้ำ ต้องต่อส่วนที่เป็นโลหะเปิดโล่ง และปกติไม่มีกระแสไฟฟ้าลงดิน

7.5) เครื่องบริภัณฑ์ไฟฟ้าชนิดเต้าเสียบ ส่วนที่เป็นโลหะเปิดโล่งของเครื่องบริภัณฑ์ต้องต่อโลหะส่วนที่เปิดโล่งลงดิน เมื่อมีสภาพตามข้อใดข้อหนึ่งดังนี้

- แรงดันเทียบกับดินเกิน 150 Vยกเว้นมีการป้องกันอย่างอื่น

- เครื่องใช้ไฟฟ้าทั้งที่ใช้ในที่อยู่อาศัย และที่อื่น เช่น ตู้เย็น เครื่องซักผ้า ฯลฯ

(8) สายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า หมายถึง ตัวนำที่ใช้ต่อส่วนโลหะที่ไม่นำกระแสของบริภัณฑ์เข้ากับตัวนำที่มีการต่อลงดินการต่อลงดินจะได้ผลดีก็ต่อเมื่อ

8.1) ส่วนโลหะทั้งหมดจะต้องต่อถึงกันตลอด

8.2) มีอิมพีแดนซ์ต่ำ เพื่อให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านสะดวก

8.3) ทนต่อกระแสที่มีค่าสูงได้

(9) ชนิดของสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า ที่เดินร่วมไปกับสายของวงจร จะต้องเป็นดังนี้

9.1) ตัวนำทองแดงจะหุ้มฉนวนหรือไม่ก็ได้

9.2) เปลือกโลหะของสายเคเบิลชนิด AC, MI และ MC

9.3) บัสเวย์ที่ได้ระบุให้ใช้แทนสายสำหรับต่อลงดิน

(10) ขนาดสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า การหาขนาดสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้าทำตามข้อต่างๆ ต่อไปนี้

10.1) เลือกขนาดสายดินตามขนาดของ CB ตามตารางที่ 2.7

10.2) เมื่อให้เดินสายควบ ถ้ามีสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้าให้เดินขนานกันไปในแต่ละท่อสาย และขนาดสายดินคิดตามพิกัดของเครื่องป้องกันกระแสเกิน

10.3) เมื่อมีวงจรมากกว่าหนึ่งวงจรเดินในท่อสาย อาจใช้สายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้าร่วมกันได้และให้คำนวณขนาดสายดินตามพิกัดของเครื่องป้องกันกระแสเกินตัวโตที่สุด

10.4) สายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า ไม่จำเป็นต้องโตกว่าสายเฟส

ตารางที่ 2.8 ขนาดต่ำสุดของสายดินของบริภัณฑ์

พิกัดหรือขนาดปรับตั้งของเครื่องป้องกันกระแส ไม่เกิน (A)	**ขนาดต่ำสุดของสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า (ตัวนำทองแดง) (mm^2)**
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

2.1.10 วงจรย่อย

ความหมายคือส่วนของวงจรไฟฟ้า ที่ต่อมาจากบริภัณฑ์ป้องกันตัวสุดท้ายกับจุดต่อโหลดโดยที่บริภัณฑ์ป้องกันนี้มีหน้าที่ป้องกันสายวงจรเท่านั้น วงจรย่อยอาจแบ่งตามลักษณะการจ่ายโหลดได้คือ วงจรย่อยแสงสว่างหรือบริภัณฑ์ไฟฟ้า (Lighting or Appliance Branch Circuit) วงจรย่อยมอเตอร์ (Motor Branch Circuit)

หมายเหตุ สำหรับในนี้จะขอกล่าวถึงเฉพาะวงจรย่อยแสงสว่างหรือบริภัณฑ์ไฟฟ้าเท่านั้น

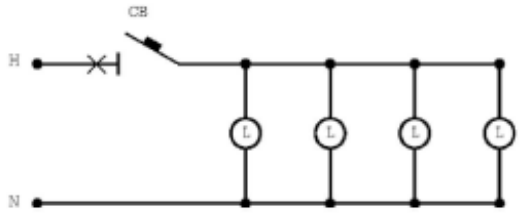
2.1.10.1 วงจรย่อยแสงสว่างหรือบริภัณฑ์ไฟฟ้า แบ่งได้ 4 แบบ

(1) วงจรย่อยแสงสว่าง (Lighting Branch Circuit)

(2) วงจรเต้ารับ (Receptacle Branch Circuit)

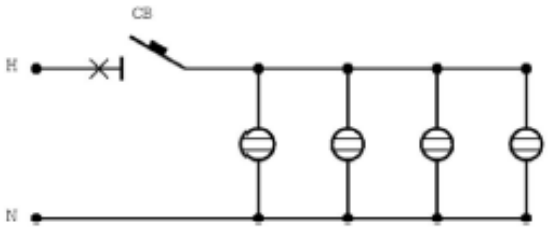
(3) วงจรย่อยแสงสว่างและเต้ารับ (Lighting and Receptacle Branch Circuit)

(4) วงจรย่อยเฉพาะ (Individual Branch)



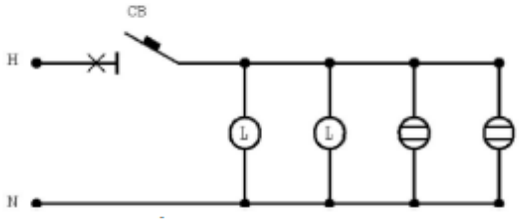
รูปที่ 2.33 วงจรย่อยแสงสว่าง

ที่มา: http://montri.rmutl.ac.th/assets/ee07.pdf

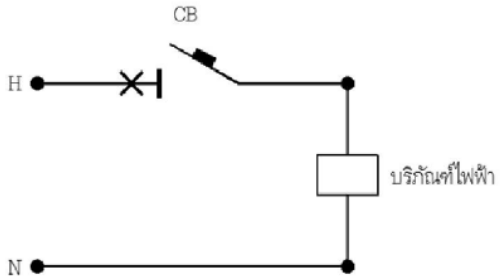


รูปที่ 2.34 วงจรย่อยเต้ารับ

ที่มา: http://montri.rmutl.ac.th/assets/ee07.pdf



รูปที่ 2.35 วงจรย่อยแสงสว่างและเต้ารับ
ที่มา: http://montri.rmutl.ac.th/assets/ee07.pdf



รูปที่ 2.36 วงจรย่อยเฉพาะ
ที่มา: http://montri.rmutl.ac.th/assets/ee07.pdf

2.1.10.2 การคำนวณโหลดวงจรย่อย

(1) วงจรย่อยต้องมีขนาดไม่น้อยกว่าผลรวมของโหลดที่มีอยู่ทั้งหมด ดังนั้น

โดย $L_{BC} = \sum L$

L_{BC} = โหลดวงจรย่อย (A, VA)

$\sum L$ = ผลรวมโหลด (A,VA)

1.1) ขนาดตัวนำวงจรย่อย ตัวนำของวงจรย่อยต้องมีขนาดกระแสไม่น้อยกว่าโหลดสูงสุดที่คำนวณได้และต้องไม่น้อยกว่าพิกัดของเครื่องป้องกันกระแสเกิน ขนาดไม่เล็กกว่า 2.5 mm^2

2.1.10.3 ขนาดตัวนำวงจรย่อย

(1) ตัวนำของวงจรย่อย ต้องมีขนาดกระแสไม่น้อยกว่า โหลดสูงสุดที่คำนวณได้และต้องไม่น้อยกว่าพิกัดของเครื่องป้องกันกระแสเกินขนาดไม่เล็กกว่า 2.5 mm^2

$I_{BC} \geq I_{CB} \geq L_{max}$

I_{BC} = พิกัดตัวนำวงจรย่อย (A)

L_{max} = โหลดสูงสุดของวงจรย่อย (A)

I_{CB} = พิกัดเครื่องป้องกันกระแสเกิน (A)

(2) สำหรับวงจรย่อยเต้ารับควรเพิ่มขนาดตัวนำขึ้นไปอีกหนึ่งค่า จากขนาดตัวนำปกติที่เราคำนวณได้เพื่อเป็นการรองรับโหลดที่ไม่ทราบแน่นอน

(3) การป้องกันกระแสเกิน วงจรย่อยต้องมีการป้องกันกระแสเกิน และขนาดของเครื่องป้องกันกระแสเกินต้องสอดคล้องกับโหลดสูงสุดที่คำนวณได้เครื่องป้องกันกระแสเกินที่นิยมใช้ คือ เซอร์กิตเบรกเกอร์(CB) ซึ่งต้องใช้ตามมาตรฐาน IEC 60898 เหมาะสำหรับใช้กับบ้านอยู่อาศัย และ IEC 60947-2 เหมาะสมสำหรับใช้ในอาคารพาณิชย์หรือโรงงานอุตสาหกรรม ขนาดพิกัดของ CB ที่นิยมใช้คือ 15(16)A, 20A, 25A, 30(32)A, 40A, 50A และ 63A ในการออกแบบวงจรย่อยที่ดีนั้นจะต้องไม่ใช้เต็มพิกัดวงจรย่อย โดยจะต้องเผื่อสำหรับโหลดที่ใช้งานต่อเนื่องเป็นเวลานานด้วยในการขยายโหลดในอนาคต โดยทั่วไปจะใช้เพียง 60-80% ของพิกัดวงจรย่อย

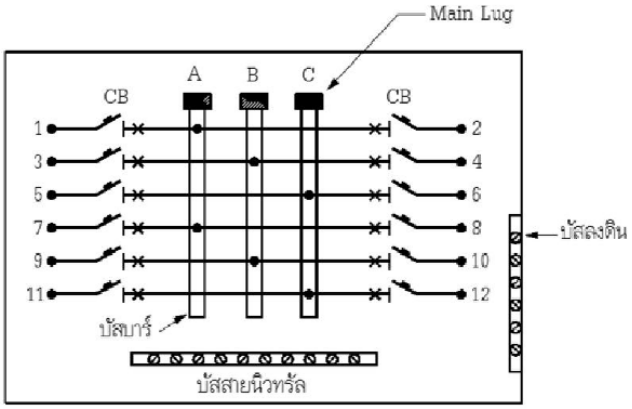
ตารางที่ 2.9 ขนาดตัวนำและเครื่องป้องกันกระแสเกินของวงจรย่อย

เครื่องป้องกันกระแสเกิน (A)	**ขนาดสายตัวนำเดินในท่อโลหะ (mm^2) (พิกัดตัวนำ)**
15	2.5 (18A)
20	4 (24A)
25	6 (31A)
30	6 (31A)
40	10 (43A)
50	16 (56A)

(4) การออกแบบวงจรย่อยแสงสว่าง เนื่องจากโหลดไฟฟ้าแบบแสงสว่างถือว่าเป็นโหลดไฟฟ้าแบบต่อเนื่อง ดังนั้นต้องใช้งานไม่เกิน 80% ของวงจรย่อย(BC) สำหรับการออกแบบที่ดีควรใช้ประมาณ 50-70% ของวงจรย่อย ซึ่งเป็นการเผื่อโหลดไว้ประมาณ 10-30%

(5) การออกแบบวงจรย่อยเต้ารับ โหลดเต้ารับทั่วไปที่ไม่ทราบแน่นอนคิดเป็น 180 VA ทั้งแบบ Single, Duplex และ Triplex แต่เพื่อความสะดวกในการคำนวณในการคำนวณอาจใช้ 200 VA ได้ เต้ารับที่ใช้จะต้องเป็นแบบที่มีขั้วสายดิน และต้องต่อลงดิน

2.1.10.2 แผงย่อย (Panel Board) เป็นจุดเริ่มต้นของวงจรย่อย โดยจะมีบริภัณฑ์ป้องกันกระแสเกินติดตั้งอยู่ภายในบริภัณฑ์ป้องกันกระแสเกินที่นิยมใช้กันโดยทั่วไปในแผงย่อย คือ เซอร์กิตเบรกเกอร์ (CB) การเลือกใช้แผงย่อยเริ่มพิจารณาจากจำนวนวงจรย่อยที่ต้องการใช้โดยในกรณีไฟฟ้า 3 เฟส 4 สาย จะมีจำนวนวงจรย่อยเป็นมาตรฐานคือ 12, 18, 24, 30, 36 และ 42 วงจร จากนั้นเลือกบัสบาร์โดยจะต้องเลือกขนาดของบัสบาร์ให้มีขนาดเพียงพอกับความต้องการไฟฟ้าของวงจรย่อยทุกวงจรรวมกัน และให้พิกัดของบัสบาร์ที่ติดตั้งอยู่ภายในแผงย่อยต้องมีค่าไม่น้อยกว่าขนาดพิกัดสายป้อนที่จะจ่ายไฟมายังแผงย่อยนั้นโดยทั่วไปบัสบาร์จะมีพิกัด 100A และ 200A แผงย่อยจะต้องมีการป้องกันกระแสเกินเป็นการเฉพาะด้านไฟเข้าโดยใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ หรือฟิวส์ไม่เกิน 2 ชุด และพิกัดรวมต้องไม่เกินพิกัดของแผงย่อยนั้น การให้ชื่อของวงจรย่อยในแผงย่อยนั้นจะเรียงตามลำดับเฟส และเลขลำดับวงจรย่อยจากซ้ายไปขวา และจากบนลงล่าง จะสังเกตเห็นว่าทางด้านซ้ายมือจะเป็นเลขคี่ ส่วนทางขวามือจะเป็นเลขคู่



รูปที่ 2.37 แผงย่อยขนาด 12 วงจร
ที่มา: http://montri.rmutl.ac.th/assets/ee07.pdf

(1) หลักการทั่วไปในการเลือกใช้ และการออกแบบแผงย่อยดังนี้

1.1) แผงย่อยหนึ่งๆ จะมีวงจรย่อยได้ไม่เกิน 42 วงจรย่อย

1.2) ระยะทางของวงจรย่อยจากแผงย่อยไปถึงจุดจ่ายไฟจุดสุดท้ายควรยาวไม่เกิน 50 m. ตามที่มาตรฐานกำหนด

1.3) แผงย่อยจะต้องติดตั้งในบริเวณที่สามารถเข้าถึงได้ง่าย โดยติดตั้งสูงไม่เกิน 1.8 m. และไม่มีอะไรมาขวาง สามารถเข้าไปทำงานได้ง่าย

1.4) แผงย่อย ควรจะติดตั้งในบริเวณศูนย์กลางของการใช้ไฟฟ้า เพื่อให้สามารถจ่ายไฟฟ้า ไปยังจุดต่างๆ โดยมีแรงดันตกน้อยที่สุด

1.5) แผงย่อย ควรจะติดตั้งให้อยู่ในแนวของสายป้อน เพื่อให้สายป้อนมีระยะสั้นที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้และให้มีการโค้งงอน้อยที่สุด

1.6) ค่าพิกัดของแผงย่อยจะต้องมีค่าไม่น้อยกว่าค่าพิกัดของสายป้อน

1.7) ในแต่ละชั้นของอาคารควรจะมีแผงย่อย อย่างน้อย 1 แผง

1.8) แผงย่อย จะต้องมีบริภัณฑ์ป้องกันหลัก (Main Protection)

(2) จำนวนวงจรย่อยที่ใช้ในแผงย่อย ที่มีในแผงย่อยขึ้นอยู่กับขนาดของแผงย่อย สำหรับระบบไฟฟ้า 3 เฟส 4 สาย 400/230V หรือ 380/220V วงจรย่อยที่ใช้ในแผงย่อย แบ่งเป็น 3 ชนิด คือ

2.1) วงจรย่อยใช้งาน (Active Branch Circuit) คือ วงจรย่อยที่จ่ายโหลดจริงๆ จึงมีทั้งเซอร์กิตเบรกเกอร์และสายวงจรย่อย

2.2) วงจรย่อยสำรอง (Spare Branch Circuit) คือ วงจรย่อยที่คาดว่าจะใช้ในอนาคตจะมีเฉพาะเซอร์กิตเบรกเกอร์ แต่ไม่มีสายวงจรย่อย

2.3) วงจรย่อยว่าง (Space) คือ ช่องว่างที่จะใส่เซอร์กิตเบรกเกอร์ในอนาคต

(3) ในการออกแบบนั้นควรใช้วงจรย่อยเป็นวงจรใช้งาน ส่วนที่เหลือนั้นใช้งานเป็นวงจรย่อยสำรอง และวงจรย่อยว่าง เพื่อเผื่อโหลดที่จะเกิดขึ้นในอนาคต โดยทั่วไปจะใช้วงจรย่อยดังต่อไปนี้

3.1) Active Branch Circuit 60-80% ของวงจรย่อยในแผงย่อย

3.2) Spare Branch Circuit 10-20% ของวงจรย่อยในแผงย่อย

3.3) Space Branch Circuit 10-20% ของวงจรย่อยในแผงย่อย

(4) ข้อแนะนำในการออกแบบวงจรย่อย

4.1) การจัดวงจรย่อย เพื่อจ่ายโหลดชนิดต่างๆนั้น ควรให้วงจรย่อยจ่ายโหลดประเภทต่างๆ แยกกัน เช่นวงจรย่อยจ่ายโหลดแสงสว่าง วงจรย่อยบริภัณฑ์ไฟฟ้าอยู่กับที่ และวงจรย่อยเต้ารับโดยวงจรย่อยบริภัณฑ์ไฟฟ้าอยู่กับที่ควรจัดเป็นวงจรย่อยเฉพาะ

4.2) การออกแบบที่ดีนั้น ควรจะมีการเผื่อโหลดในอนาคต ดังนั้นสำหรับวงจรย่อยแสงสว่างและวงจรย่อยเต้ารับทั่วไป เพื่อเป็นการเผื่อโหลด ควรจะใช้โหลดวงจรย่อยไม่เกิน 60% ในกรณีโหลดต่อเนื่อง ซึ่งจะมีการเผื่อโหลดไว้ 20% แต่สำหรับวงจรย่อยเฉพาะอาจมีการเผื่อไว้น้อยกว่านี้ เนื่องจากการต่อโหลดเพิ่มสำหรับวงจรประเภทนี้มีน้อย

4.3) การพิจารณาโหลดต่อเนื่อง หรือไม่ต่อเนื่อง บางครั้งไม่สามารถทราบได้ เมื่อไม่มีข้อมูลเพียงพอการออกแบบที่ดีควรถือว่าเป็นโหลดต่อเนื่อง ซึ่งจะเป็นการเผื่อโหลดในอนาคตด้วย

4.4) การไฟฟ้าฯกำหนดให้สายไฟ 2.5 mm^2 เป็นขนาดที่เล็กที่สุด ซึ่งมีพิกัดกระแส 18A ซึ่งจะใช้ได้กับวงจรย่อยขนาด 5A, 10A, 15A แต่เพื่อเป็นการจ่ายโหลดให้ได้มากที่สุดและคุ้มค่าควรใช้วงจรย่อยขนาด 15A

4.5) โหลดเต้ารับทั่วไปคิดเป็น 180 VA เพื่อง่ายต่อการคำนวณ และเป็นการเผื่อโหลด อาจใช้เป็น 200 VA ในวงจรย่อยหนึ่งๆ ควรมีจุดต่อไฟที่เหมาะสม เนื่องจากถ้าน้อยเกินไปจะเป็นการไม่ประหยัด ถ้ามากเกินไปจะทำให้ความเชื่อถือได้ลดลง วงจรย่อยหนึ่งควรมีจุดต่อไฟประมาณ 10 จุด

4.6) การจ่ายไฟให้โหลดควรคำนึงถึงขนาดของแรงดันที่โหลดด้วย ระยะห่างจากแผงถึงจุดสุดท้าย ไม่ควรเกิน 50 m เพื่อแรงดันตกไม่เกิน 2% สำหรับระยะไกลกว่านี้ ควรพิจารณาเพิ่มขนาดสายไฟให้ใหญ่ขึ้น

2.1.11 รางเดินสาย (Wire ways)

รางเดินสายเป็นลักษณะของสิ่งที่ห่อหุ้มสายตัวนำหรือสายไฟฟ้าเพื่อป้องกันอันตรายที่จะเกิดกับสายดังกล่าว โดยทำมาจากโลหะซึ่งสามารถแขวนหรือเคลื่อนย้ายไปมาได้โดยถ้าทำการติดตั้งรางเดินสายเป็นที่ถูกต้องเรียบร้อยแล้ว จะต้องสามารถร้อยสายตัวนำลงไปในสายดังกล่าวได้ นอกจากนี้รางเดินสายยังสามารถที่จะนำมาใช้งานในทุกสถานที่ ไม่ว่าจะเป็นบริเวณชื้นหรือแห้งก็ตาม โดยจะต้องออกแบบให้เป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐานที่จะนำไปใช้งาน ณ สถานที่ต่างๆเช่น สถานที่ชื้นรางเดินสายต้องป้องกันความชื้นได้ โดยปกติแล้วขนาดของรางเดินสายจะสั่งทำตามต้องการได้ แต่ขนาดมาตรฐานจะได้แก่ 4*4 นิ้ว, 6*6 นิ้ว หรือ 8*8 นิ้ว ส่วนความยาวมาตรฐานจะอยู่ในช่วง 60 นิ้ว 24 นิ้ว และ 12 นิ้ว การเดินสายตัวนำในช่องเดินสายไฟเดียวกันมากกว่า 3 เส้น โดยไม่นับตัวนำสำหรับต่อลงดิน ในการออกแบบให้ใช้ตัวคูณเพื่อลดค่าขนาด และกระแสของสาย

ตารางที่ 2.10 แสดงความสัมพันธ์จำนวนกับตัวคูณ

จำนวนสาย	**ตัวคูณ**
4-6	0.82
7-9	0.72
10-20	0.56
21-30	0.48
31-40	0.44
เกิน 40	0.38

2.1.12 สายป้อน

ความหมาย คือวงจรไฟฟ้าที่รับไฟจากสายประธานไปจนถึงบริภัณฑ์ป้องกันวงจรย่อย แบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท

2.1.12.1 สายป้อนแสงสว่างหรือบริภัณฑ์ไฟฟ้า

2.1.12.2 สายป้อนมอเตอร์

2.1.12.3 สายป้อนผสม

หมายเหตุ สำหรับในที่นี้จะขอกล่าวถึงเฉพาะสายป้อนแสงสว่างหรือบริภัณฑ์ไฟฟ้าเท่านั้นสายป้อนแสงสว่างหรือบริภัณฑ์ไฟฟ้า คือสายป้อนที่จ่ายโหลดให้วงจรย่อยแสงสว่างเต้ารับและบริภัณฑ์ไฟฟ้า

2.1.12.4 การคำนวณโหลดสายป้อน

(1) สายป้อนต้องมีขนาดเพียงพอสำหรับจ่ายโหลดและต้องไม่น้อยกว่าผลรวมของโหลดในวงจรย่อยเมื่อใช้ดีมานด์แฟกเตอร์

$$\mathrm{LF} = \left(\sum \mathrm{L_{BC}}\right) \times \mathrm{D.F.} \qquad (2.1)$$

โดยที่ LF = โหลดของสายป้อน (A, VA, kVA)

$\sum \mathrm{L_{BC}}$ = ผลรวมของโหลดวงจรย่อย (A, VA, kVA)

$\mathrm{D.F.}$ = ดีมานด์แฟกเตอร์ (%)

(2) ขนาดตัวนำสายป้อน ตัวนำสายป้อนต้องมีขนาดไม่น้อยกว่าโหลดสูงสุดและไม่น้อยกว่าขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกินของสายป้อนขนาดตัวนำสายป้อนต้องไม่เล็กกว่า 4 $\mathrm{mm^2}$ สายนิวทรัล *(Neutral)* ในระบบไฟฟ้า 3 เฟส 4 สาย จะจ่ายให้กับโหลดชนิด 1 เฟส ขนาดของสายนิวทรัลจะต้องมีขนาดเพียงพอที่จะนำกระแสโหลดไม่สมดุลสูงสุดได้ และต้องมีขนาดไม่เล็กกว่าขนาดสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า การคำนวณหาขนาดสายนิวทรัลสามารถทำได้ดังนี้

กรณีที่ 1 โหลดมีกระแสไม่เกิน 200A

$$\mathrm{I_N} = \mathrm{I_P} \ \left(\mathrm{Full\ Neutral}\right) \qquad (2.2)$$

กรณีที่ 2 โหลดมีกระแสมากกว่า 200A โหลดชนิดไม่มีกระแส Harmonic

$$I_N = 200 + 0.7\left(I_P - 200\right) \quad (2.3)$$

- โหลดชนิดมีกระแส Harmonic

$$I_N = I_P \ \left(\text{Full Neutral}\right) \quad (2.4)$$

2.1.13 การจัดทำรายการโหลด (Load Schedule)

การจัดทำรายการโหลดของระบบไฟฟ้า สามารถแบ่งออกได้เป็นระบบไฟฟ้า 1 เฟส 2 สาย 220V และระบบไฟฟ้า 3 เฟส 4 สาย 380/220V เนื่องจากในการจัดทำรายการโหลดนั้นส่วนใหญ่จะเป็นแบบระบบไฟฟ้า 3 เฟส 4 สาย ดังนั้นในที่นี้จึงจะขอกล่าวเฉพาะวิธีการจัดทำรายการโหลดของระบบไฟฟ้า 3 เฟส 4 สาย ซึ่งจะมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

2.1.13.1 การคำนวณหาโหลดของวงจรย่อยต่างๆ เริ่มจากวงจรย่อยแสงสว่าง วงจรย่อยเต้ารับ วงจรย่อยโหลดเฉพาะ วงจรย่อยเครื่องปรับอากาศและวงจรย่อยมอเตอร์

2.1.13.2 การจัดวงจรย่อยแสงสว่าง โดยให้ใช้หมายเลขวงจรย่อยตามลำดับ คือ 1(A), 3(B), 5(C) ตามลำดับ 7(A), 9(B), 11(C) ทำจนครบชุดเลขคี่ก่อน และ2(A), 4(B), 6(C) ต่อไปเรื่อยๆ ทำจนครบชุดเลขคู่ การที่ให้หมายเลขวงจรย่อยเป็นไปตามลำดับข้างต้นก็เพื่อที่จะเป็นการทำโหลดไฟฟ้าแสงสว่างเกิดความสมดุลระหว่างเฟส

2.1.13.3 การจัดวงจรย่อยเต้ารับ โดยให้หมายเลขวงจรย่อยต่อจากหมายเลขวงจรย่อยไฟฟ้าแสงสว่างและพยายามจัดให้เกิดความสมดุลกันเองเท่าที่จะทำได้

2.1.13.4 การจัดวงจรย่อยของโหลดเฉพาะ ถ้ามีโหลดเฉพาะหลายชุดก็ให้พยายามจัดโหลดให้เกิดความสมดุลกัน

2.1.13.5 การจัดวงจรย่อยของเครื่องปรับอากาศให้เกิดความสมดุล

2.1.13.6 การจัดวงจรย่อยของมอเตอร์ได้แก่วงจรบริภัณฑ์ไฟฟ้าต่างๆที่ใช้มอเตอร์เป็นตัวขับ

2.1.13.7 หลังจากที่ได้ทำการจัดวงจรย่อยของโหลดต่างๆ จนครบแล้ว จะต้องจัดให้มีวงจรย่อยสำรองและวงจรย่อยว่าง โดยวงจรย่อยสำรองเป็นวงจรย่อยที่มี CB ติดตั้งอยู่ มีแต่ช่องว่างเท่านั้น ในการออกแบบควรให้มีวงจรย่อยสำรองและวงย่อยว่างประมาณ 20-30% ของวงจรทั้งหมด

2.1.13.8 การรวมโหลดของแต่ละเฟสแล้วตรวจดูว่าโหลดของแต่ละเฟสสมดุลหรือไม่ โดยการสมดุลที่ดีคือมีความแตกต่างกันไม่เกิน 20% ถ้าโหลดยังไม่สมดุลให้ทำการจัดสลับหมายเลขวงจรเพื่อให้โหลดแต่ละเฟสมีความสมดุลกันดีขึ้นจากนั้นก็รวมโหลดแต่ละเฟสเข้าด้วยกันได้เป็นโหลดติดตั้งทั้งหมด (Total Connected Load)

2.1.13.9 จากโหลดติดตั้งทั้งหมดที่ได้ สามารถนำไปคำนวณหาขนาดของสายป้อน และขนาดของ CB ที่ป้องกันสายป้อนนั้นต่อไป

2.1.14 ระบบสัญญาณแจ้งเหตุเพลิงไหม้ (Fire Alarm System)

ความหมาย คือระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ คือ ระบบที่มีไว้สำหรับแจ้งเตือนเมื่อมีเหตุเพลิงไหม้ไฟไหม้ โดยจะใช้อุปกรณ์ตรวจจับชนิดต่างๆ กันออกไปตามความเหมาะสม เช่น Smoke Detector, Heat Detector, Manual Pull Station เป็นต้น ซึ่งจะทำให้เราสามารถรับรู้และแก้ไข ไม่ให้ไฟไหม้นั้น ลุกลามจนไม่สามารถควบคุมได้

2.1.14.1 ส่วนประกอบของระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ ส่วนประกอบที่สำคัญของระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม มี 5 ส่วนใหญ่ๆ ซึ่งทำงานเชื่อมโยงกัน

(1) ชุดจ่ายไฟ (Power Supply) เป็นอุปกรณ์แปลงกำลังไฟฟ้าของแหล่งจ่ายไฟมาเป็นกำลังไฟฟ้ากระแสตรง ที่ใช้ปฏิบัติงาน ของระบบและจะต้องมีระบบไฟฟ้าสำ รอง เพื่อให้ระบบทำงานได้ในขณะที่ไฟปกติดับ

(2) แผงควบคุม (Fire Alarm Control Panel) เป็นส่วนควบคุมและตรวจสอบการทำงานของอุปกรณ์และส่วนต่างๆในระบบทั้งหมด จะประกอบด้วยวงจรตรวจคุมคอยรับสัญญาณจากอุปกรณ์เริ่มสัญญาณ วงจรทดสอบการทำงาน วงจรป้องกันระบบ วงจรสัญญาณแจ้งการทำ งานในสภาวะปกติ และภาวะขัดข้อง เช่น สายไฟจากอุปกรณ์ตรวจจับขาด แบตเตอรี่ต่ำหรือไฟจ่ายตู้แผงควบคุมโดนตัดขาด เป็นต้น ตู้แผงควบคุม (FACP) จะมีสัญญาณไฟและเสียงแสดงสภาวะต่างๆบนหน้าตู้ เช่น

2.1) Fire Lamp: จะติดเมื่อเกิดเพลิงไหม้

2.2) Main Sound Buzzer: จะมีเสียงดังขณะแจ้งเหตุ

- ชุดจ่ายไฟ
- แผงควบคุม
- อุปกรณ์ประกอบ
- อุปกรณ์เริ่มสัญญาณ
- อุปกรณ์แจ้งสัญญาณ

2.3) Zone Lamp: จะติดค้างแสดงโซนที่เกิด Alarm

2.4) Trouble Lamp: แจ้งเหตุขัดข้องต่างๆ

2.5) Control Switch: สำ หรับการควบคุม เช่น เปิด/ปิดเสียงที่ตู้และกระดิ่ง ทดสอบการทำงานตู้ ทดสอบBattery Reset ระบบหลังเหตุการณ์เป็นปกติ

(3) อุปกรณ์เริ่มสัญญาณ (Initiating Devices)

เป็นอุปกรณ์ต้นกำเนิดของสัญญาณเตือนอัคคีภัย ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

3.1) อุปกรณ์เริ่มสัญญาณจากบุคคล (Manual Station) ได้แก่ สถานีแจ้งสัญญาณเตือนอัคคีภัยแบบใช้มือกด (Manual Push Station)

3.2) อุปกรณ์เริ่มสัญญาณโดยอัตโนมัติ เป็นอุปกรณ์อัตโนมัติที่มีปฏิกิริยาไวต่อสภาวะ ตามระยะต่างๆ ของการเกิดเพลิงไหม้ได้แก่ อุปกรณ์ตรวจจับควัน (Smoke Detector) อุปกรณ์ตรวจจับความร้อน (Heat Detector) อุปกรณ์ตรวจจับเปลวไฟ (Flame Detector) อุปกรณ์ตรวจจับแก๊ส (Gas Detector)

(4) อุปกรณ์แจ้งสัญญาณด้วยเสียงและแสง (Audible & Visual Signaling Alarm Devices) หลังจากอุปกรณ์เริ่มสัญญาณทำ งานโดยส่งสัญญาณมายังตู้ควบคุม (FACP) แล้ว FACP จึงส่งสัญญาณออกมาโดยผ่านอุปกรณ์ ได้แก่ กระดิ่ง, ไซเรน, ไฟสัญญาณ เป็นต้นเพื่อให้ผู้อยู่อาศัย, ผู้รับผิดชอบหรือเจ้าหน้าที่ดับเพลิงได้ทราบว่ามีเหตุเพลิงไหม้เกิดขึ้น

(5) อุปกรณ์ประกอบ (Auxiliary Devices) เป็นอุปกรณ์ที่ทำงานเชื่อมโยงกับระบบอื่นที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมป้องกัน และดับเพลิงโดยจะถ่ายทอดสัญญาณระหว่างระบบเตือนอัคคีภัยกับระบบอื่น เช่น

5.1) ส่งสัญญาณกระตุ้นการทำ งานของระบบบังคับลิฟต์ลงชั้น ล่าง, การปิดพัดลมในระบบปรับอากาศ, เปิดพัดลมในระบบระบายอากาศ, เปลี่ยนแปลงเพื่อควบคุมควันไฟ,การควบคุมเปิดประตูทางออก,เปิดประตูหนีไฟ, ปิดประตูกันควันไฟ, ควบคุมระบบกระจายเสียง และการประกาศแจ้งข่าว, เปิดระบบดับเพลิง เป็นต้น

5.2) รับสัญญาณของระบบอื่นมากระตุ้นการทำ งานของระบบสัญญาณเตือนอัคคีภัย เช่น จากระบบพ่นน้ำ ปั๊มดับเพลิงระบบดับเพลิงด้วยสารเคมีชนิดอัตโนมัติ เป็นต้น

(6) กฎหมายกำหนดไว้ว่าอาคารที่เป็นอาคารสาธารณะ,อาคารขนาดใหญ่และอาคารสูงต้องมีข้อกำหนดสำหรับการป้องกันอัคคีภัย ที่หลีกเลี่ยงมิได้เด็ดขาดแต่ใน อาคารพักอาศัยทั่วไปไม่ว่าจะเป็นขนาดเล็กหรือขนาดใหญ่ เช่น คอนโดมิเนียม อพาร์ทเมนท์ ก็จำเป็นต้องมีระบบป้องกันอัคคีภัยตามสมควรไว้ด้วยทั้งนี้เพื่อประโยชน์ และความปลอดภัยแก่ชีวิต และทรัพย์สินของผู้อยู่อาศัย

2.1.14.2 การป้องกันอัคคีภัย สามารถกระทำได้ 2 ลักษณะคือ

(1) การป้องกันอัคคีภัยวิธี Passive

1.1) เริ่มจากการจัดวางผังอาคารให้ปลอดภัยต่ออัคคีภัย คือการวางผังอาคารให้สามารถป้องกันอัคคีภัยจากการเกิดเหตุสุดวิสัยได้มีวิธีการได้แก่ เว้นระยะห่างจากเขตที่ดิน เพื่อกันการลามของไฟตามกฎหมาย การเตรียมพื้นที่รอบอาคาร สำหรับเข้าไปดับเพลิง ได้เป็นต้น

1.2) การออกแบบอาคาร คือการออกแบบให้ตัวอาคารมีความสามารถในการทนไฟหรืออย่างน้อยให้มีเวลาพอสำหรับหนีไฟได้นอกเหนือจากนั้น ต้องมีการออกแบบที่ทำให้การเข้าดับเพลิงทำได้ง่าย และมีการอพยพคนออกจากอาคารได้สะดวก มีทางหนีไฟที่ดีมีประสิทธิภาพ

(2) การป้องกันอัคคีภัยวิธี Active คือการป้องกันโดยใช้ระบบเตือนภัย การควบคุมควันไฟ ระบายควันไฟและระบบดับเพลิงที่ดี

2.1) ระบบสัญญาณแจ้งเหตุเตือนภัยเป็นระบบ ที่บอกให้คนในอาคารทราบว่า มีเหตุฉุกเฉิน จะได้มีเวลาสำหรับการเตรียมตัวหนีไฟ หรือดับไฟได้มีอุปกรณ์ในการเตือนภัย 2 แบบ คือ อุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้ (Fire Detector) อันได้แก่อุปกรณ์ตรวจจับความร้อน (Heat Detector) และอุปกรณ์ตรวจจับควัน (Smoke Detector) อีกแบบหนึ่งคืออุปกรณ์แจ้งเหตุด้วยมือ เป็นอุปกรณ์ที่ให้ ผู้พบเหตุเพลิงไหม้ ทำการแจ้งเตือนมีทั้ง แบบมือดึงและผลัก

2.2) ระบบดับเพลิงด้วยน้ำ คือระบบที่มีการเก็บกักน้ำสำรอง ที่มีแรงดันพอสมควร และเมื่อมีเหตุเพลิงไหม้จะสามารถใช้ระบบดับเพลิง ในการดับไฟได้ระบบนี้จะประกอบไปด้วยถึงน้ำสำรองดับเพลิง ซึ่งต้องมีปริมาณสำหรับใช้ดับเพลิงได้1- 2 ชม.และประกอบด้วย ระบบส่งน้ำดับเพลิงได้แก่ เครื่องสูบระบบท่อ แนวตั้ง แนวนอน, หัวรับน้ำดับเพลิง, สายส่งน้ำ ดับเพลิง,หัวกระจายน้ำ ดับเพลิง นอกจากนี้ยังมีระบบดับเพลิงด้วยน้ำแบบอัตโนมัติ โดยที่เครื่องที่อยู่บน เพดานห้องจะทำงาน เมื่อมีปริมาณความร้อนที่สูงขึ้น จนทำให้ส่วนที่เป็นกระเปาะบรรจุปรอทแตกออก แล้วน้ำ ดับเพลิงที่ต่อท่อไว้ ก็จะกระจายลงมาดับไฟ

2.3) เครื่องดับเพลิงแบบมือถือ เป็นอุปกรณ์ขนาดเล็ก ข้างในบรรจุสารเคมีสำหรับดับเพลิงแบบต่าง ๆ ในกรณีที่เพลิงมีขนาดเล็กก็สามารถใช้เครื่องดับเพลิงขนาดเล็กหยุดยั้ง การลุกลามของไฟได้

2.4) ลิฟต์สำหรับพนักงานดับเพลิงสำหรับอาคารสูง กฎหมายจะกำหนดให้มีลิฟต์สำหรับพนักงานดับเพลิงทำงานในกรณีไฟไหม้ โดยแยกจากลิฟต์ใช้งานปกติทั่วไป ซึ่งจะทำให้การผจญเพลิง และการช่วยเหลือผู้ประสบเหตุทำได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

2.5) ระบบควบคุมควันไฟ การสำลักควันไฟเป็นสาเหตุหลักของการเสียชีวิตในเหตุไฟไหม้ อาคารจึงต้องมีระบบ ที่จะทำให้มีการชะลอ การแพร่ ของควันไฟ โดยมากจะใช้การอัดอากาศลงไปในจุดที่เป็นทางหนีไฟ, โถงบันได และโถงลิฟต์ โดยไม่ให้ควันไฟลามเข้าไป ในส่วนดังกล่าว เพิ่มระยะเวลาการหนีออกจากอาคาร และมีการดูดควันออกจากตัวอาคารด้วย

2.1.14.3 อุปกรณ์การตรวจจับควัน อุปกรณ์การตรวจจับควัน เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ตรวจจับอนุภาคของควันโดยอัตโนมัติ จากลักษณะการเกิดไฟไหม้ทั่วไปพบว่าส่วนใหญ่จะเกิดเป็นอนุภาคของควันก่อน ดังนั้นการตรวจจับควันจึงเป็นการตรวจจับที่ถือว่ารวดเร็วที่สามารถตรวจจับการเกิดเพลิงไหม้ได้ในระยะเริ่มต้น แต่อาจมีบางกรณีที่การเกิดเพลิงไหม้อาจมีอนุภาคน้อยมาก หรือไม่มีอนุภาคของ

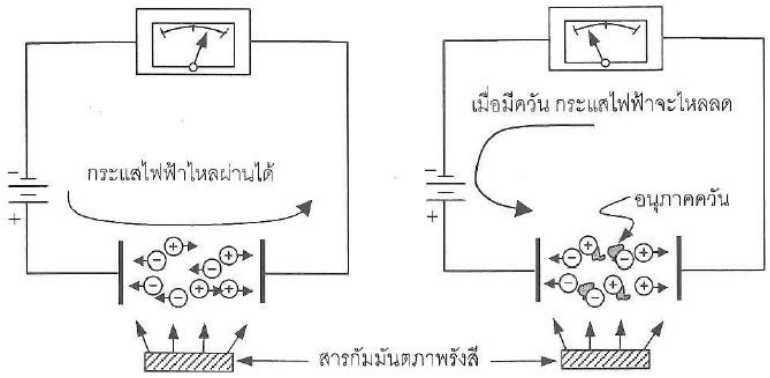
ควันก่อนเช่น ไฟจากน้ำมันหรือสารเคมีบางชนิด การเลือกใช้อุปกรณ์การตรวจจับจึงต้องศึกษารายละเอียดของเชื้อเพลิงที่อาจเกิดเพลิงไหม้รวมทั้งขนาดของอนุภาคควันให้ชัดเจนเสียก่อน

รูปที่ 2.38 ตัวอย่างอุปกรณ์ตรวจจับควัน
ที่มา: มาตรฐานระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้

(1) หลักการทำงานอุปกรณ์ตรวจจับควัน การทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับควันทุกชนิด ขึ้นอยู่กับลักษณะของอนุภาคควันที่เกิดจากการเผาไหม้ แต่เนื่องจากอุปกรณ์ตรวจจับต้องติดตั้งที่ฝ้าเพดาน หรือหลังคา ดังนั้นระยะเวลาที่เริ่มเกิดมีอนุภาคควันจนกระทั้งอุปกรณ์จะตรวจจับได้และเริ่มทำงานจึงขึ้นอยู่กับลักษณะการเกิดเพลิงไหม้และตำแหน่งการติดตั้ง อุปกรณ์การตรวจจับควันจะไม่สามารถตรวจจับไอร้อนจากการเผาไหม้ที่หมดจดและไม่มีควันได้ ในการใช้งานต้องพิจารณาใช้อุปกรณ์การตรวจจับชนิดอื่นแทน ในกรณีของโรงงานที่มีกระบวนการผลิตที่เกิดไอหรือควันเป็นประจำ อาจมีผลให้อุปกรณ์การตรวจจับควันทำงานผิดพลาดได้ ต้องพิจารณาใช้อุปกรณ์ตรวจจับชนิดอื่นแทน

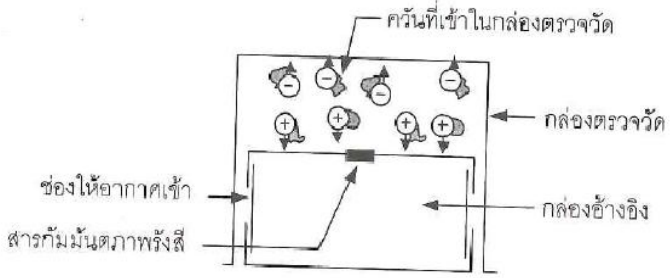
(2) ชนิดของอุปกรณ์การตรวจจับควัน อุปกรณ์การตรวจจับควัน แบ่งการตรวจจับควันออกเป็น2ชนิดคือ ชนิดไอโอไนเซชัน (lonization type) และชนิดไฟโตอิเล็กตริก (Photoelectype)

2.1) ชนิดไอโอไนเซชัน เป็นอุปกรณ์ตรวจจับควันประกอบด้วยกล่องที่ภายในมีแผ่นโลหะที่มีขั้วไฟฟ้าต่างกัน และมีสารกัมมันตรังสี (Radioactive) ซึ่งจำทำหน้าที่กระตุ้นให้อากาศภายในกล่อง (Chamber) เกิดการแตกตัวไอออนของอากาศในกล่องจะทำหน้าที่เป็นตัวนำไฟฟ้าให้กระไฟฟ้าไหลผ่านได้ระหว่างสองขั้ว เมื่อมีควันเข้าไปในกล่อง ค่าความนำไฟฟ้าของอากาศจะลดลงกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านจะลดลงด้วยเมื่อกระแสที่ลดลงถึงค่าที่ตั้งไว้ก็คือการทำงานของอุปกรณ์การตรวจจับนั้นเองแผงควบคุมจะสามารถตรวจค่านี้ได้และทำงานตามที่ได้ออกแบบไว้ต่อไป อุปกรณ์ตรวจจับชนิดนี้ส่วนใหญ่เป็นอุปกรณ์ตรวจจับชนิดจุด



รูป 2.39 การทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับควันไอโอไนเซชัน
ที่มา: มาตรฐานระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้

- อุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดไอโอไนเซชัน จะสามารถตรวจจับควันที่ประกอดด้วยอนุภาคขนาดเล็กจากไฟที่เกิดจากการเผาไหม้ที่หมดจดที่มีขนาดเล็กกว่า 1 ไมครอนได้อย่างรวดเร็ว แต่อาจตรวจจับควันที่ประกอบด้วยอนุภาคขนาดใหญ่ที่เกิดจากการลุกไหม้ของวัตถุที่คุตัวก่อนลุกเป็นไฟได้ช้า ซึ่งอุปกรณ์ตรวจจับจับชนิดโฟโตอิเล็กตริกจะสามารถตรวจจับควันที่หนาทึบได้ดีกว่าการเปลี่ยนแปลงความชื้นและความกดดันของอากาศจะมีผลต่อปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านคล้ายกับการมีอนุภาคควันเข้าไปส่วนตรวจจับ เป็นผลให้การตรวจจับผิดพลาด ปัจจุบันจึงมีการพัฒนาเป็นแบบกล่องคู่

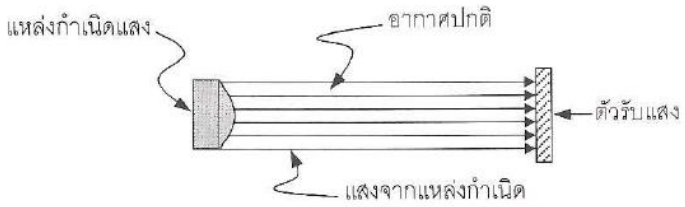


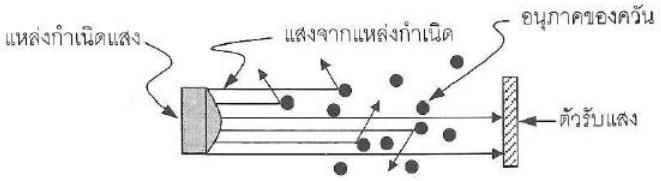
รูปที่ 2.40 การทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดไอโอไนเซชัน
ที่มา: มาตรฐานระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้

- อุปกรณ์ตรวจจับควันแบบกล่องคู่(Dual Chamber)ประกอบด้วยกล่องสองกล่อง กล่องหนึ่งเป็นกล่องที่ทำหน้าที่ตรวจวัดอากาศจากภายนอก และอีกกล่องหนึ่งเป็นกล่องอ้างอิงที่มีช่องเปิดให้อากาศภายนอกไหลเข้าได้เพียงเล็กน้อย กล่องอ้างอิงจะมีช่องเล็กๆ ที่ป้องกันไม่ให้อนุภาคที่มีขนาดใหญ่เช่น ควัน เข้าไปได้อุปกรณ์จะทำการวัดเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างทั้งสองกล่อง ถ้าความชื้อหรือความกดดันอากาศเปลี่ยน กล่องทั้งสองจะมีการเปลี่ยนแปลงเหมือนกัน การตรวจวัดไม่เห็นความแตกต่าง เมื่อมีอนุภาคควัน อนุภาคนี้จะเข้าไปในกล่องตรวจวัดแต่จะไม่เข้าไปในกล่องอ้างอิง ค่าความนำไฟฟ้าในกล่องตรวจวัดเปลี่ยนไป อุปกรณ์ตรวจจับจะมีอุปกรณ์ที่สามารถตรวจสอบความแตกต่างนี้ได้ เมื่อถึงค่าที่ตั้งไว้อุปกรณ์ก็จะทำงานถึงแม้อุปกรณ์ตรวจจับควันแบบกล่องคู่นี้จะไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นและความกดดันอากาศ แต่ก็ยังมีปัญหาที่จะทำให้ตรวจวัดผิดพลาดได้เช่น ฝุ่นละอองหยดน้ำจากการกลั่นตัวของไอน้ำในอากาศ กระแสลม และแม้แต่แมลงขนาดเล็ก ที่เข้าไปในกล่องตรวจวัด ยิ่งปรับตั้งให้อุปกรณ์มีความไวมากขึ้นเท่าไหร่ การตรวจจับก็จะมีโอกาสผิดพลาดมากขึ้นเท่านั้น

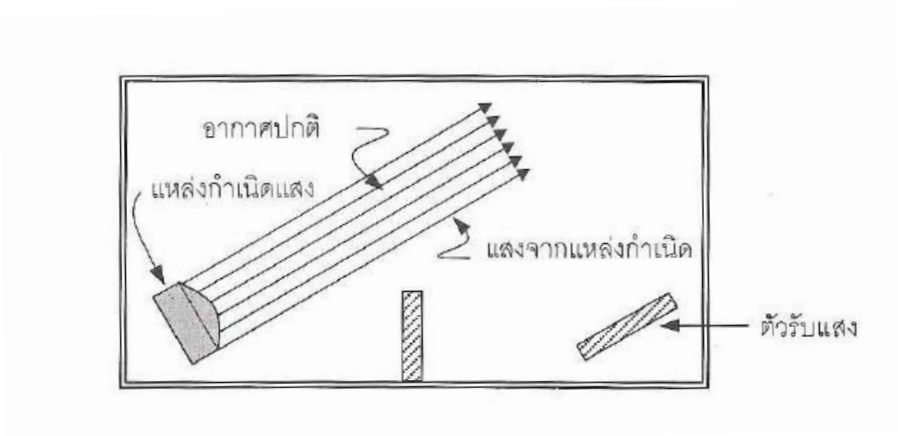
2.2) ชนิดโพโตอิเล็กตริก สามารถตรวจจับควันที่หนาทึบได้ดีมาก มีหลักการทำงานสองแบบคือแบบควันบังแสง และแบบควันหักเหแสง

- แบบควันบังแสง(Light Obscuration)]ลักษณะการทำงานจะมีแหล่งกำเนิดแสงและตัวรับแสง ปกติปริมาณแสงที่ตัวรับแสงได้รับค่าที่แน่นอนอยู่ที่หนึ่ง เมื่อมีควันเข้าไปในกล่อง แสงที่ส่องจะไปกระทบตัวรับแสงจะถูกบังด้วยอนุภาคของควัน เมื่อต่ำถึงที่ตั้งไว้อุปกรณ์ตรวจจับจะตรวจได้และทำงาน โดยปกติสีของควันจะไม่มีผลต่อการทำงานของอุปกรณ์ อุปกรณ์ตรวจจับแบบนี้ที่ใช้ทั่วไปจะเป็นลำแสง(Bream Smoke Detector)ทำงานโดยที่แหล่งกำเนิดแสงจะส่องผ่านพื้นที่ที่ต้องการป้องกันตรงไปที่ตัวรับแสงที่ตั้งห่างออกไป ส่วนประกอบจะมีตัวฉายแสงและตัวรับแสงแยกเป็นคนละตัวกัน



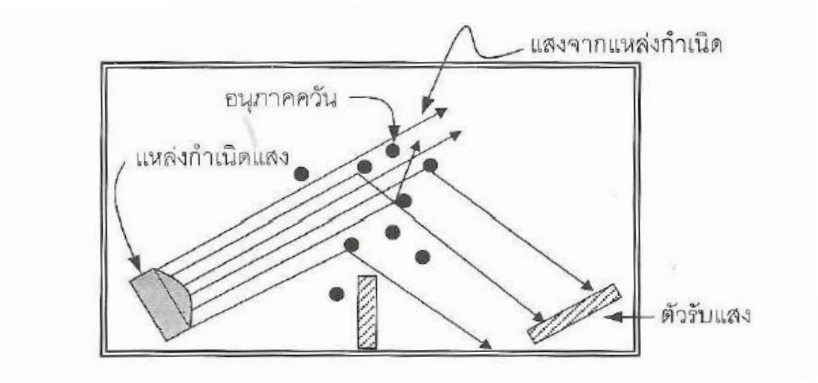
รูปที่ 2.41 การทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับควันแบบควันบังแสง
ที่มา: มาตรฐานระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้

รูปที่ 2.42 การทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับควันแบบควันบังแสง
ที่มา: มาตรฐานระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้

- แบบควันหักเหแสง (Light Scattering) ปกติจะเป็นอุปกรณ์ตรวจจับชนิดจุด หลักการทำงานจะมีแหล่งกำเนิดแสงและตัวรับแสงเช่นเดียวกับแบบควันบังแสง ในสภาพปกติแสงจะไม่ส่งไปที่ตัวรับแสงโดยตรง เมื่อมีควันเข้าไปในกล่อง อนุภาคของควันนี้จะไปบังแสงและหักเหแสง แสงบางส่วนไปกระทบกับตัวรับแสง เมื่อปริมาณควันมากขึ้น ปริมาณแสงที่ไปกระทบกับตัวรับแสงจะมากขึ้นด้วยจนถึงค่าที่ตั้งไว้ จะทำให้อุปกรณ์ตรวจจับทำงานแจ้งผลไปที่แผงควบคุม อุปกรณ์ตรวจจับแบบนี้จะทำงานได้ดีกับควันที่มีอนุภาคใหญ่กว่า 1 ไมครอนเป็นควันที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า มักเกิดการสันดาปไม่สมบรูณ์เช่นในที่อับอากาศ และจะตอบสนองกับควันสีดำได้น้อยกว่าควันสีขาวเนื่องจากควันสีขาวสะท้อนแสงได้ดีกว่า



รูปที่ 2.43 การทำงานของออุปกรณ์ตรวจจับควันแบบหักเหแสง (ในสภาพอากาศปกติแสงจากแหล่งกำเนิดจะไม่สะท้อนไปที่ตัวรับแสง)

ที่มา: มาตรฐานระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้



รูปที่ 2.44 การทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับควันแบบควันหักเหแสง(เมื่ออากาศมีควัน แสงส่วนหนึ่งจะสะท้อนไปที่ตัวรับแสง)

ที่มา: มาตรฐานระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้

- แบบกล่องหมอกควัน (Cloud Chamber) เป็นอุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดโฟโตอิเล็กตริก ทำงานโดยการสุ่มตัวอย่างอากาศ โดยดูดอากาศจากพื้นที่ที่ต้องการป้องกันเข้าไปในกล่องที่มีความชื้นสูงที่อยู่ในตัวอุปกรณ์ตรวจจับ เมื่ออากาศถูกดูดเข้าไปกล่องที่มีความชื่นสูงความกดดันอากาศภายในกล่องจะถูกทำให้ลดลงอย่างช้าๆ ถ้าอากาศถูกดูดเข้าไปมีอนุภาคควันปนอยู่ด้วยก็จะกลั่นตัวกลายเป็นหมอกถ้าความหนาแน่นของหมอกสูงถึงค่าที่กำหนดอุปกรณ์ตรวจจับก็จะทำงาน

(3) การติดตั้งการใช้งาน ตำแหน่งอุปกรณ์ตรวจจับควันต้องติดตั้งในที่ซึ่งสามารถตรวจจับเพลิงไหม้ได้ง่ายอุปกรณ์ตรวจจับควันที่เกิดจากเพลิงไหม้ อุปกรณ์จะมีปฏิกิริยาตอบสนองหรือทำงานเมื่อมีควันที่เกิดจากจุดต้นเพลิงลอยมากระทบละเข้าไปยังส่วนตรวจจับของอุปกรณ์ตรวจจับ ในการ

กำหนดตำแหน่งของอุปกรณ์ตรวจจับในแต่ละพื้นที่จึงมีความสำคัญมาก ในการออกแบบติดตั้งวิเคราะห์ตำแหน่งที่มีโอกาสเกิดเป็นจุดต้นเพลิงและเป็นเชื้อเพลิงได้มากที่สุด และวิเคราะห์ทิศทางที่ควันจะกระจายออกจากจุดต้นเพลิง การเบี่ยงเบนทิศทางของควันจากทิศทางลม การระบายอากาศ สภาพผิวเพดาน รูปร่าง ความสูงหรือจากโครงสร้าง ถ้าเป็นไปได้ควรทำการทดสอบที่สถานที่ติดตั้งจริงประกอบเพื่อให้ตำแหน่งที่เหมาะสมที่สุดระยะห่างที่กำหนดนี้จึงเป็นระยะห่างที่มากที่สุดเท่านั้นในการติดตั้งจริงปะกอบเพื่อให้ได้ตำแหน่งที่เหมาะสมที่สุดระยะห่างที่กำหนดนี้จึงเป็นระยะห่างที่มากที่สุดเท่านั้นในการติดตั้งจริง ระยะห่างอาจลดลงได้ตามความจำเป็นโดยอาศัยผลการทดสอบเป็นหลัก

3.1) ความสูงในการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับควัน

ความสูงในการติดตั้ง อากาศร้อนจากเพลิงไหม้จะถูกส่งขึ้นไปตามแนวดิ่งและจะหยุดลงเมื่ออุณหภูมิของควันเท่ากับอุณหภูมิของอากาศโดยรอบ ดังนั้นในที่ซึ่งมีเพดานสูงจึงมีความจำเป็นในการส่งผ่านควันไปถึงอุปกรณ์การตรวจจับ จึงต้องติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับควันในระดับที่ต่ำกว่าส่วนที่มีอากาศอุ่นที่บริเวณระดับหลังคา

- อุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดจุด ต้องติดตั้งในระบบความสูงไม่เกิน10.5 เมตร อุปกรณ์ตรวจจับชนิดจุดที่ติดตั้งที่ฝ้าเพดาน เมื่อติดตั้งแล้วควรห่างจากฝ้าเพดานหรือหลังคาลงมาระหว่าง 25 มิลลิเมตร ถึง 270 มิลลิเมตร

- อุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดลำแสง ต้องติดตั้งในระดับความสูงไม่เกิน 25.0 เมตร ถ้าฝ้าเพดานหรือหลังคามีความสูงเกิน 25.0 เมตร ให้ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดลำแสงหลายระดับ อุปกรณ์ตรวจจับต้องติดตั้งห่างจากฝ้าเพดานหรือหลังคาระหว่าง 300 มิลลิเมตร ถึง 700 มิลลิเมตร และอาจติดตั้งเพิ่มเติมที่ระดับต่ำกว่าได้

- ในสถานที่ซึ่งมีอุณหภูมิใกล้ฝ้าเพดานหรือหลังคาอาจจำเป็นต้องย้ายตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับให้ต่ำลงเพื่อให้การตรวจจับได้ผลแน่นอน ความสูงต่ำสุดในการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับให้ต่ำลงเพื่อให้การตรวจจับได้ผลแน่นอนกว่า ความสูงต่ำสุดในการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับอาจเปลี่ยนแปลงให้เหมาะสมกับการทดลองการใช้งานของแต่ละอุปกรณ์การตรวจจับ(การทดสอบ ใช่วิธี Smoke Test)จึงจำเป็นสำหรับการติดตั้งในสถานการที่ต้องการให้มรการป้องกันที่ดีและสถานที่สำคัญ ระยะห่างและความสูงในการติดตั้งที่กำหนดเป็นระยะสูงสุดที่มาตรฐานยอมให้ทำได้ในกรณีที่ต้องการความไวในการตรวจจับสูงขึ้น อาจลดระยะในการติดตั้งลงโดยให้ความรู้ทางวิศวกรรมประกอบ ในการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับชนิดลำแสงตัวรับลำแสงต้องระวังไม่ให้ถูกลำแสงแดดโดยตรงหรือแสงจ้ามากๆ เพราะจะทำให้อุปกรณ์ทำงานผิดพลาดได้ ระยะห่างจากเพดานหรือหลังคาสำหรับอุปกรณ์ตรวจจับเป็นไปตามตารางที่ 2.11

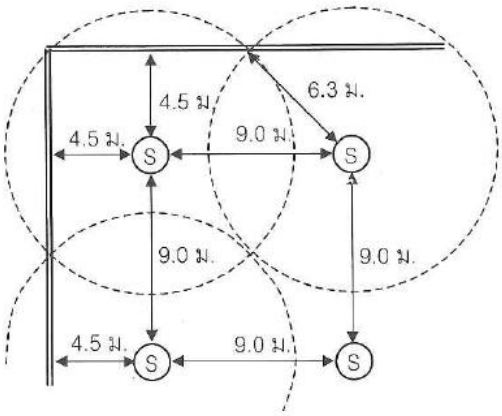
ตารางที่ 2.11 ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับควัน

ความสูงที่ติดตั้ง (เมตร)	ระยะห่างจากฝ้าเพดานหรือหลังคาไม่น้อยกว่า(มิลลิเมตร)	
	อุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดลำแสง	อุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดจุด
3.50	300	25
4.00	300	40
6.00	300	100
8.00	300	175
10.00	350	250
10.50	360	270
12.00	400	
14.00	450	
16.00	500	
18.00	550	
20.00	600	
22.00	650	
24.00	700	
25.00	750	

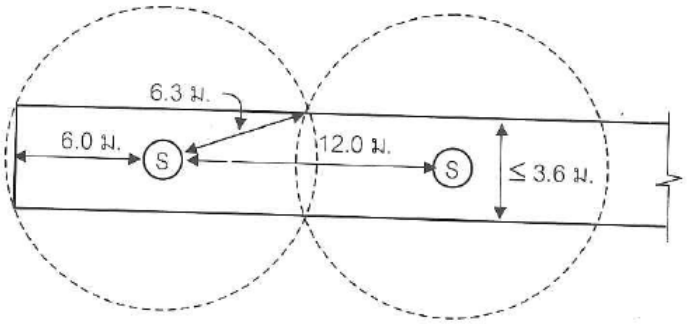
3.2) ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดจุด

สำหรับเพดานหรือพื้นผิวแนวราบ อุปกรณ์ตรวจจับ ต้องติดตั้งให้สามารถตรวจจับการเกิดเพลิงไหม้ได้ทั่วทั้งพื้นที่ที่ต้องการป้องกัน มาตรฐานระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้กำหนดให้รัศมีการตรวจจับอุปกรณ์สำหรับพื้นผิวแนวราบนับจากอุปกรณ์ตรวจจับไม่เกิน 6.3 เมตร ซึ่งเมื่อเขียนพื้นที่วงกลมให้ครอบคลุมทั่วทั้งพื้นที่สำหรับห้องรูปสี่เหลี่ยมจะได้ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับเท่ากับ 9.0 เมตร ดังนั้นระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับจึงกำหนดไว้ไม่เกิน 9.0 เมตรและระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับกับผนังห้องไม่เกิน 4.5 เมตร สำหรับรูปเหลี่ยมอื่นๆระยะห่างการติดตั้งอาจเปลี่ยนไปเช่นเดียวกับการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนข้อสำคัญคือทั่วทั้งพื้นที่ต้องอยู่ในรัศมีตรวจจับของอุปกรณ์ตรวจจับตัวใดตัวหนึ่ง

- บริเวณช่องทางเดินที่ความกว้างไม่เกิน 3.6 m. จะได้ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับไม่เกิน 12.0 m และระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับกับผนังปลายทางเดินไม่ถึง6.0 m.



รูปที่ 2.45 การหาระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดจุด สำหรับพื้นที่ทั่วไป
ที่มา: มาตรฐานระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้



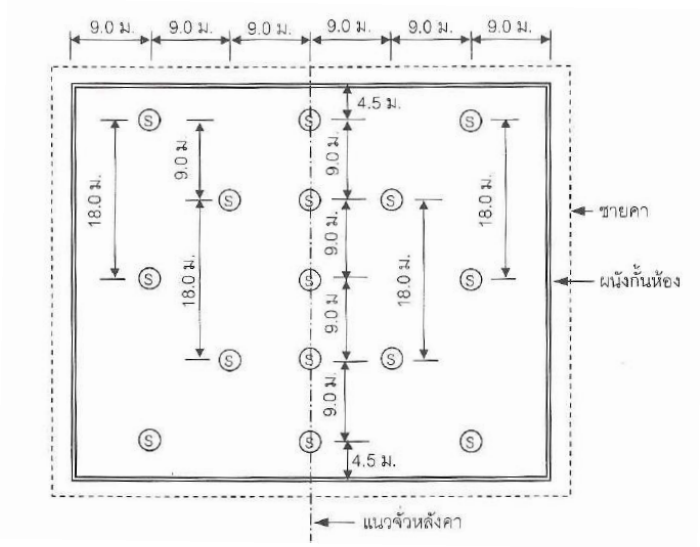
รูปที่ 2.46 การหาระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับควันสำหรับช่องทางเดินกว้างไม่เกิน 3.6 เมตร
ที่มา: มาตรฐานระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้

- สำหรับเพดานหรือพื้นผิวเอียง พื้นผิวเอียงคือพื้นผิวที่มีความลาดเอียงตั้งแต่ 1 ต่อ 20 ขึ้นไป พื้นผิวเอียงจะเป็นผลให้การไหลของควันเปลี่ยนไปจากสภาพปกติ การกำหนดระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับจะเปลี่ยนไป มาตาฐานกำหนดให้ระยะห่างที่วัดในแนวนอนระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับควันสำหรับพื้นที่ผิวเอียงตามแนวยาวต้องเป็นดังนี้

- ระยะห่างตามแนวยาวที่ขนานไปกับจั่วหลังคา แถมที่บริเวณจั่วหลังคาต้องห่างไม่เกิน 9.0 เมตร

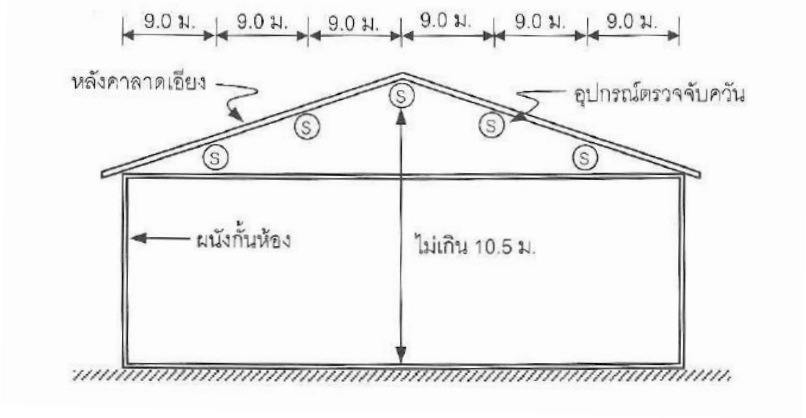
- แถวของอุปกรณ์ตรวจจับที่อยู่ล่างสุด (ใกล้ชาคา) ต้องอยู่ห่างไม่เกิน 90 เมตรจากผนังหรือฉากกั้นจากแถวของออุปกรณ์ตรวจจับที่อยู่ใกล้กันและต้องมีระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับในแนวเดียวกันไม่เกิน 18.0เมตร

- แถวของอุปกรณ์ตรวจจับที่อยู่ระหว่างแถวสุดกับที่อยู่ล่างสุด ต้องมีระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ไม่เกิน 18.0 เมตร และต้องมีระยะระหว่างแถวไม่เกิน 9.0 เมตร



รูปที่ 2.47 ตัวอย่างการติดตั้งและระยะห่างของออุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดสำหรับพื้นที่ผิวเอียง
ที่มา: มาตรฐานระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้

- ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับสำหรับพื้นที่ผิวเอียงนี้จะมากกว่าพื้นที่ผิวราบ ซึ่งสอดคล้องตามข้อกำหนดมาตาฐาน ระยะห่างที่กำหนดนี้เป็นระยะห่างมากสุดที่ยอมให้ทำได้ ในการติดตั้งอาจใช้ระยะห่างตามพื้นที่ผิวแนวราบก็ได้ ซึ่งจะได้ความสามรถในการป้องกันดีกว่า



รูปที่ 2.48 ความสูงในการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดจุด
ที่มา: มาตรฐานระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้

- ระยะห่างจากผนัง ควันและความร้อนจากการเกิดเพลิงไหม้จะลอยขึ้นด้านบนและขยายออกด้านข้างเมื่อชนเพดาน ตำแหน่งที่เพดานกับผนังต่อเชื่อมกันจะเป็นตำแหน่งที่อับอากาศ อุปกรณ์ตรวจจับจึงต้องติดตั้งให้ห่างจากผนังไปไม่น้อยกว่า 300 มิลลิเมตร แต่ต้องไม่ห่างจนพ้นระยะตรวจจับของอุปกรณ์ตรวจจับ สำหรับอุปกรณ์ตรวจจับควันต้องติดตั้งห่างจากผนังไม่เกิน 4.5 เมตร บางสถานที่มีการแบ่งกั้นห้องภายหลังที่ก่อสร้างอาคารเสร็จโดยใช้เป็นผนังเบาหรือฉากกั้น สำหรับฉากกั้นที่ติดตั้งไม่ชนเพดานแต่ขอบบนอยู่ห่างจากเพดานไม่เกิน 300 มิลลิเมตร ให้ถือว่าเป็นผนังห้องระยะห่างของอุปกรณ์ตรวจจับจากผนังกั้นต้องไม่เกิน 4.5 เมตร เช่นเดียวกันสำหรับช่องทางเดิน ระยะห่างผนังปลายทางกับอุปกรณ์ตรวจจับที่ใกล้ที่สุด ต้องไม่เกิน 6.0 เมตร

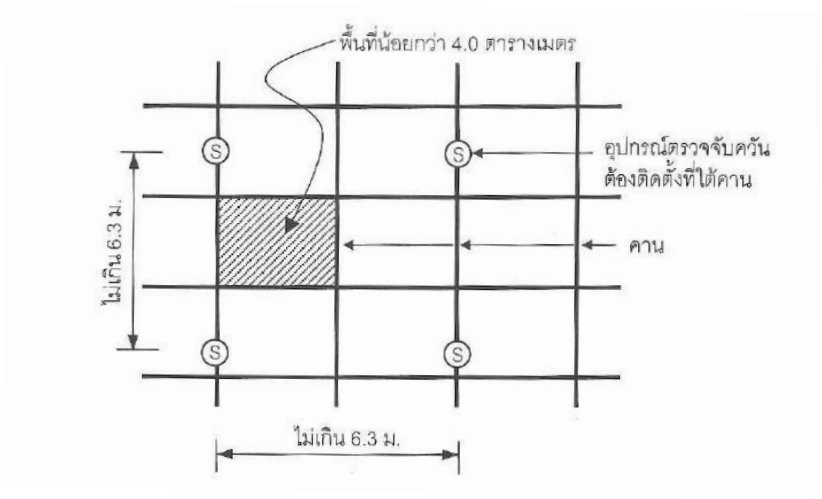
- ระยะห่างจากหัวจ่ายลม ในห้องที่มีการติดตั้งระบบปรับอากาศ การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับต้องหลีกเลี่ยงการติดตั้งในตำแหน่งที่ลมอาจเป่าเบี่ยงเบนทิศทางของควัน ทำให้ควันที่มาถึงอุปกรณ์ตรวจจับเบาบางลงเป็นผลให้ความไวในการตรวจจับลดลง หรือทำให้อุปกรณ์ตรวจจับสกปรกและเกิดการแจ้งเหตุผิดพลาดได้ง่าย การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับจึงต้องติดตั้งห่างจากหัวจ่ายลมไม่น้อยกว่า 400 มิลลิเมตร

- ระยะห่างในพื้นที่ที่มีอัตราการระบายอากาศสูง พื้นที่ที่มีอัตราการระบายอากาศสูงคือ ห้องที่ปริมาตรอากาศระบายออกภายนอกหมดเป็นจำนวนมากกว่า 15 เท่าของปริมาตรห้องในเวลา 1 ชั่วโมง หมายถึงอากาศทั้งหมดภายในห้องสามารถระบายออกหมดได้ภายในเวลาน้อยกว่า 4 นาที (60 นาที/15เท่า) แต่ในความเป็นจริงเมื่ออากาศระบายออกภายนอกก็จะมีอากาศจากภายนอกไหลเข้าไปแทนที่ ดังนั้นเมื่อเกิดเพลิงไหม้ควันจะระบายออกภายนอกได้อย่างรวดเร็วทำให้ควันเจือจางและการตรวจจับของอุปกรณ์ตรวจจับช้าลง ในการติดตั้งต้องลดระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ลงเหลือไม่เกิน 6.3 เมตร และระยะห่างจากกำแพงหรือผนังกั้นห้องไม่เกิน 3.15 เมตร หรือระยะอาจลดลงอีกตามความจำเป็นในพื้นที่ที่มีความเร็วลมมากกว่า 3.0 เมตรต่อวินาที จำเป็นต้องพิจารณาโดยใช้หลักการทางวิศวกรรมเป็นพิเศษ

- ระยะห่างในพื้นที่ที่มีสิ่งกีดขวางการไหลของควัน ในที่ซึ่งหลังคาหรือพื้นผิวแนวราบถูกแบ่งแยกโดยโครงสร้าง ซึ่งมีผลทำให้การไหลของควันเปลี่ยนไป ตำแหน่งและระยะห่างของอุปกรณ์ตรวจจับจะต้องเปลี่ยนไปเพื่อให้มั่นใจได้ว่าการตรวจจับทำได้ก่อนที่ควันจะเปลี่ยนทิศทางการไหลดังต่อไปนี้

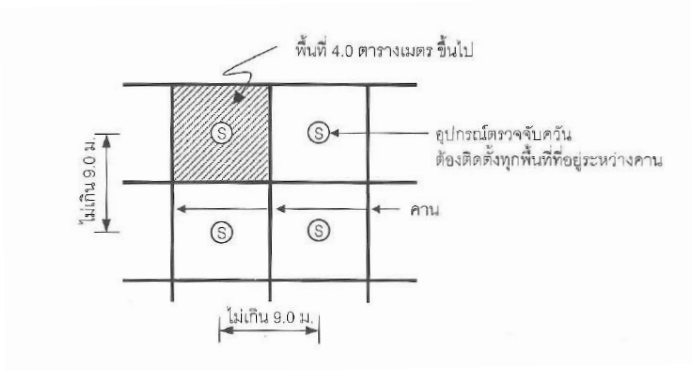
- พื้นที่ที่มีเพดานสูงเกิน 2.0 เมตร แต่ไม่เกิน 4.0 เมตร ที่เพดานมีคานยื่นลงมาเกิน 300 มิลลิเมตร การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับดูจากพื้นที่ที่อยู่ระหว่างคาน ดังนี้

- พื้นที่ระหว่างคานน้อยกว่า 4.0 ตารางเมตร ให้ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับที่ใต้คาน ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับชนิดจุดไม่เกิน 6.3 เมตร และห่างจากผนังหรือกำแพงไม่เกิน 3.15 เมตร



รูปที่ 2.49 เพดานสูงระหว่าง 2.0 ถึง 4.0 เมตรพื้นที่ระหว่างคานน้อยกว่า 4.0 ตารางเมตร
ที่มา: มาตรฐานระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้

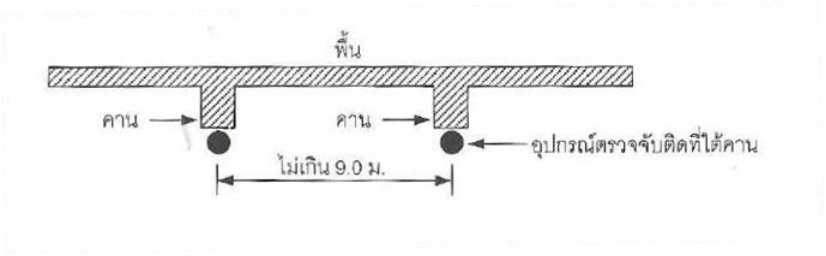
- พื้นที่ระหว่างคานตั้งแต่4.0 ตารางเมตรขึ้นไปให้ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับอย่างน้อย 1 ตัวที่ทุกพื้นที่ที่อยู่ระหว่างคานหรือติดตั้งที่พาดานโดยตรงนั่นเอง ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับชนิดจุดเป็นไปตามปกติ คือ พื้นที่ทั่วไประยะห่างระหว่างอุปกรณ์ ตรวจจับไม่เกิน 9.0 เมตร และห่างจากผนังหรือกำแพงไม่เกิน 4.5 เมตร กรณีที่เป็นช่องทางเดินระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ไม่เกิน 12.0 เมตรและห่างจากผนังปลายทางเดินไม่เกิน 6.0 เมตร



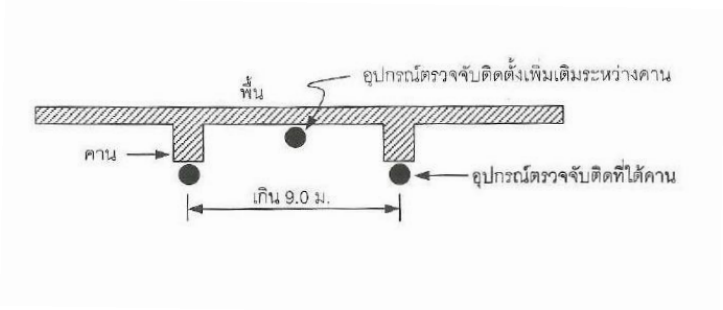
รูปที่ 2.50 เพดานสูงระหว่าง 2.0 ถึง 4.0 เมตร พื้นที่ระหว่างคาน 4.0 ตารางเมตร ขึ้นไป
ที่มา: มาตรฐานระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้

3.3) พื้นที่ที่มีเพดานสูงเกิน 4.0 เมตร มีคานยื่นลงมาเกิน 100 มิลลิเมตร อุปกรณ์ตรวจจับตัวที่อยู่ใกล้กับคานต้องติดตั้งที่ใต้คาน ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับเป็นไปตามปกติคือ พื้นที่ทั่วไประยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับไม่เกิน 9.0 เมตร และห่างจากผนังหรือกำแพงไม่เกิน 4.5

เมตร กรณีที่เป็นช่องทางเดินระยะห่างระหว่างอุปกรณ์เกิน 12.0 เมตร และห่างจากผนังปลายทางเดินไม่เกิน 6.0 เมตร ตามตัวอย่างในรูปที่ 2.47และรูปที่ 2.48 เป็นการติดตั้งในพื้นที่ปกติ ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ต้องไม่เกิน 9.0 เมตร และติดตั้งที่ใต้คาน กรณีที่ระยะห่างระหว่างคานเกิน 9.0 เมตร ต้องติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับที่ใต้คานและติดตั้งเพิ่มเติมอีกที่เพดานที่อยู่ระหว่างคานนั้น



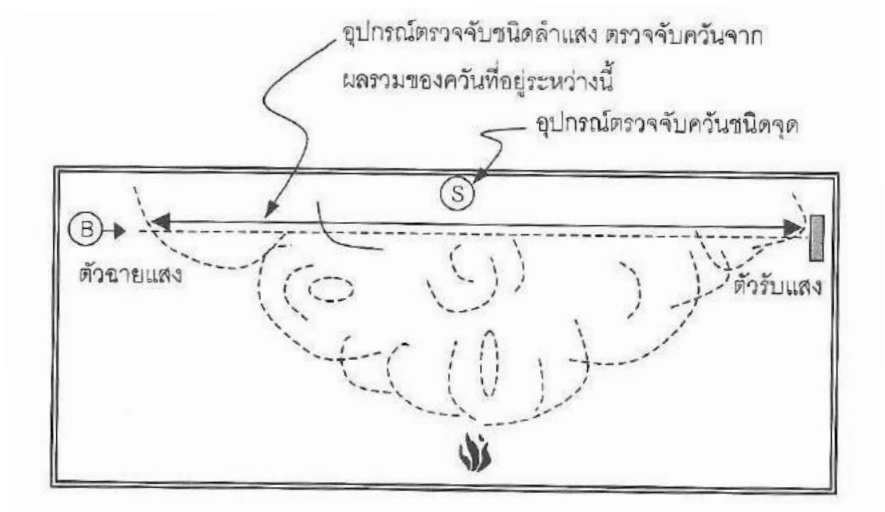
รูปที่ 2.51 การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับที่ใต้คาน สำหรับเพดานสูงเกิน 4.0 เมตร
ที่มา: มาตรฐานระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้



รูปที่ 2.52 ระยะห่างระหว่างคานเกิน 9.0 เมตร ต้องติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับเพิ่มเติมที่เพดาน
ที่มา: มาตรฐานระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้

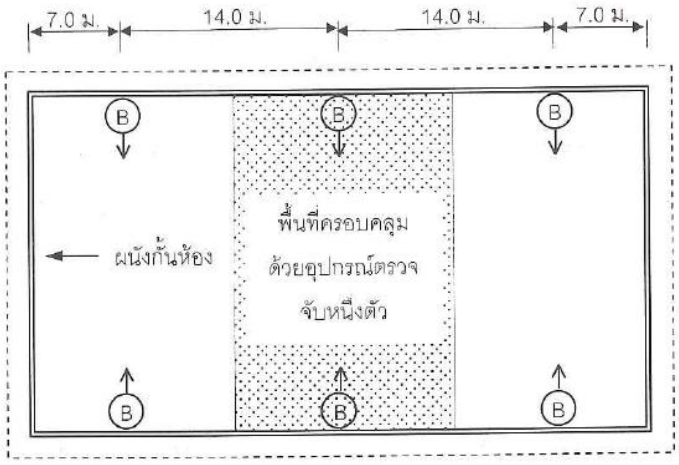
3.4) ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดลำแสง อุปกรณ์ตรวจจับชนิดลำแสงจะมีตัวฉายแสงและตัวรับแสงเป็นคนละตัวกัน ในสภาพปกติตัวรับแสงจะได้รับปริมาณแสงที่ส่งมาจากตัวฉายแสงในความเข้มแสงที่เหมาะสม เป็นไปตามที่ผู้ผลิตออกแบบไว้ เมื่อมีอนุภาคควันมาบังแสงจะทำให้ความเข้มแสงลดลงจนถึงจุดที่ตั้งไว้ อุปกรณ์จะทำงานกระตุ้นแผงควบคุมและแจ้งเหตุเพลิงไหม้ อุปกรณ์ตรวจจับชนิดลำแสงเหมาะสำหรับควันที่สามารถมองเห็นได้จึง ไม่เหมาะกับบางสถานที่ จุดด้อยของอุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดลำแสงคือไม่ไวต่อสีของควันจึงใช้กับบางแบบของการติดตั้ง ไม่เหมาะที่จะใช้แทนอุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดจุดในบางพื้นที่เช่น พื้นที่ที่ควันจากการเผาไหม้เป็นสีดำและพื้นที่ที่อนุภาคควันจากการเผาไหม้มีขนาดเล็กและมองไม่เห็น

- ข้อเด่นของอุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดลำแสงคือ การตรวจจับปริมาณควันใช้หลักการผลรวมของควันทั้งหมดที่บังอยู่ระหว่างตัวฉายแสงกับตัวรับแสง ควันที่อยู่ระหว่างนี้มีองค์ประกอบด้วยคือความเข้มของควันและความสม่ำเสมอของการกระจายควัน การตรวจจับจะคำนวณจากค่าทั้งสองประกอบกันเป็นจำนวนร้อยละของแสงที่ถูกบังจึงเป็นข้อเด่นในขณะที่อุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดจุด ตรวจจับจากปริมาณควันที่เข้าในกล่องตรวจจับ



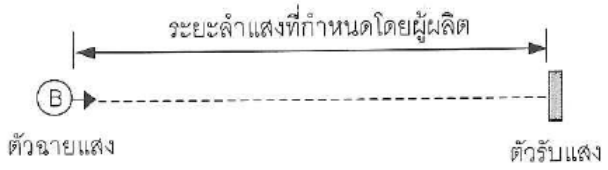
รูปที่ 2.53 อุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดจุดและชนิดลำแสง
ที่มา: มาตรฐานระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้

- เมื่อติดตั้งใช้งานไประยะหนึ่งปริมาณแสงที่ตัวรับแสงได้รับจากตัวฉายแสงจะลดลงเนื่องจากฝุ่นละอองและความสกปรกต่างๆ แต่จะมีผลต่อการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับไม่มากนัก เนื่องจากอุปกรณ์ตรวจจับส่วนใหญ่มีระบบการชดเชยแบบอัตโนมัติ เรียกว่า Automatic Gain Control แต่การชดเชยนี้ก็มีย่านจำกัด เมื่อไม่สามารถจะชดเชยต่อไปได้ อุปกรณ์ตรวจจับจะส่งสัญญาณขัดข้อง จำเป็นต้องทำความสะอาดฝุ่นละอองให้หมด ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับแต่ละชุดต้องไม่เกิน 14.0 เมตร หมายถึงในการติดตั้งลำแสงแต่ละลำจะห่างกันไม่เกิน 14.0 เมตร สำหรับระยะห่างระหว่างตัวฉายแสงและตัวรับแสงไม่มีกำหนดในมาตรฐานระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ ให้เป็นไปตามมาตรฐานของผู้ผลิต ระยะระหว่างตัวฉายแสงกับตัวรับแสงนี้เรียกว่าระยะลำแสง ปกติจะกำหนดไว้ที่ประมาณ 100 เมตร - (330 ฟุต) อุปกรณ์ตรวจจับชนิดลำแสงจึงมีพื้นที่ครอบคลุม (ตรวจจับ) แต่ละตัวสูงสุดเท่ากับ 14×100 เท่ากับ 1,400 ตารางเมตร

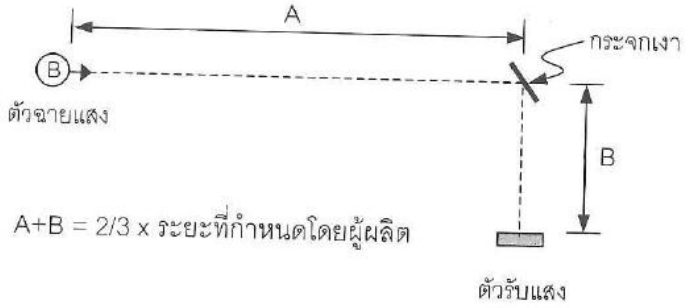


รูปที่ 2.54 ระยะห่างและพื้นที่ครอบคลุมของอุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดลำแสง
ที่มา: มาตรฐานระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้

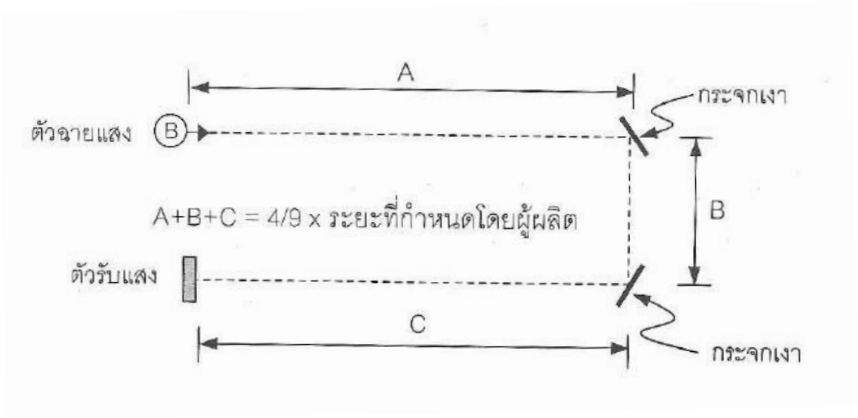
- การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับชนิดลำแสงต้องยุดให้มั่นคงและในการติดตั้งที่อาศัยกระจกเงาเป็นตัวสะท้อนแสง กระจกเงาต้องติดตั้งอย่างมั่นคงกับโครงสร้างที่แข็งแรงเพื่อป้องกันการสั่นสะเทือนและมุมสะท้อนคลาดเคลื่อนไปจากเดิม และระยะลำแสงจะลดลงตามจำนวนกระจกเงาที่ใช้คือ เมื่อใช้กระจกเงาจำนวน 1 บาน ระยะลำแสงจะลดลงเหลือ 2/3 ของระยะที่กำหนดโดยผู้ผลิต และถ้ากระจกเงาเพิ่มจำนวนเป็น 2 บาน ระยะลำแสงจะลดลงเหลือ 4/9 ของระยะที่กำหนดโดยผู้ผลิต เป็นต้น ตัวอย่างอุปกรณ์ตรวจจับชนิดลำแสงตัวหนึ่งมีระยะฉายแสง 100 เมตร เมื่อใช้กระจกเงาจำนวน 2 บาน จะมีระยะฉายแสงสูงสุดเท่ากับ 100×4/9 = 44.4 เมตร เป็นต้น



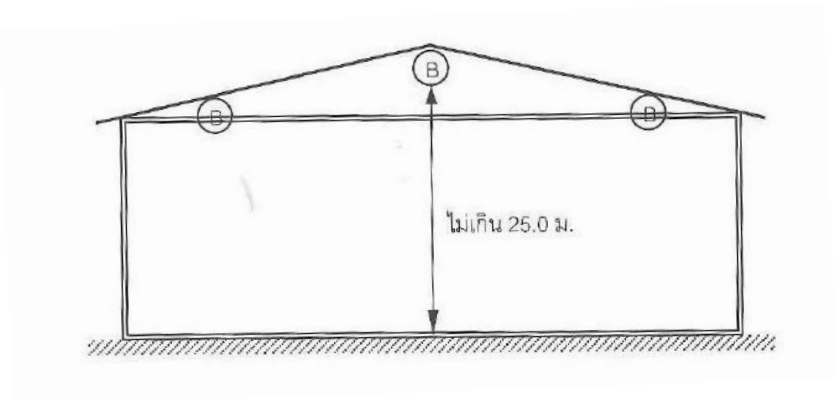
รูปที่ 2.55 ระยะห่างระหว่างตัวฉายแสงกับตัวรับแสงตามที่กำหนดโดยผู้ผลิต
ที่มา: มาตรฐานระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้



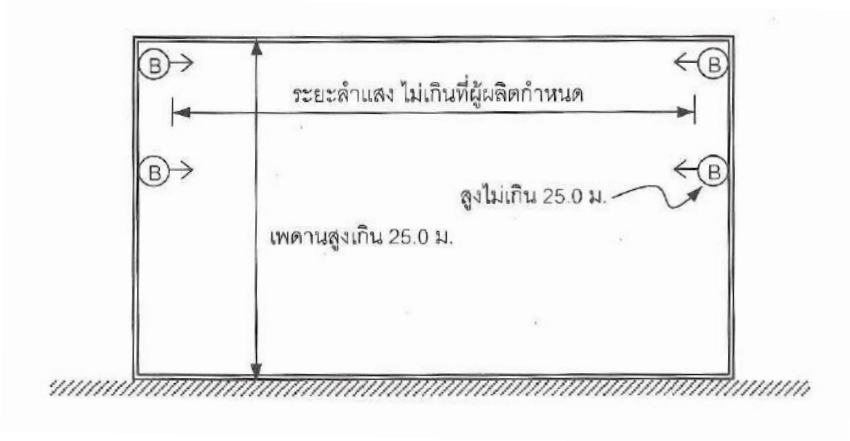
รูปที่ 2.56 เมื่อใช้กระจกเงา 1 บาน ระยะลำแสงลดลงเหลือเท่ากับ 2/3 เท่า ของที่กำหนดโดยผู้ผลิต
ที่มา: มาตรฐานระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้



รูปที่ 2.57 เมื่อใช้กระจกเงา 2 บาน ระยะลำแสงลดลงเหลือเท่ากับ 4/9 เท่าของที่กำหนดโดยผู้ผลิต
ที่มา: มาตรฐานระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้

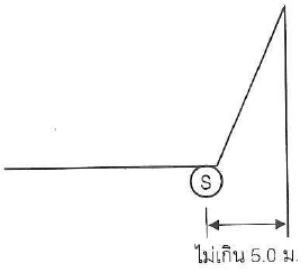


รูปที่ 2.58 ความสูงในการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดลำแสง
ที่มา: มาตรฐานระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้

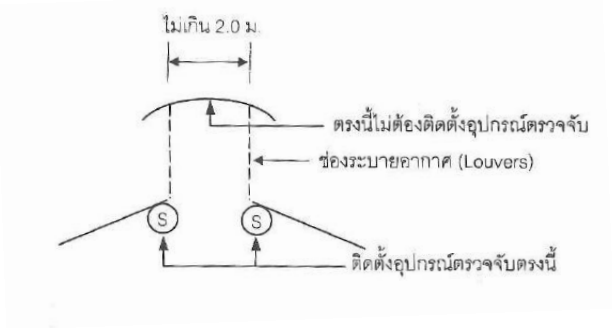


รูปที่ 2.59 การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดลำแสงหลายระดับ เมื่อเพดานสูงเกิน 25.0 เมตร
ที่มา: มาตรฐานระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้

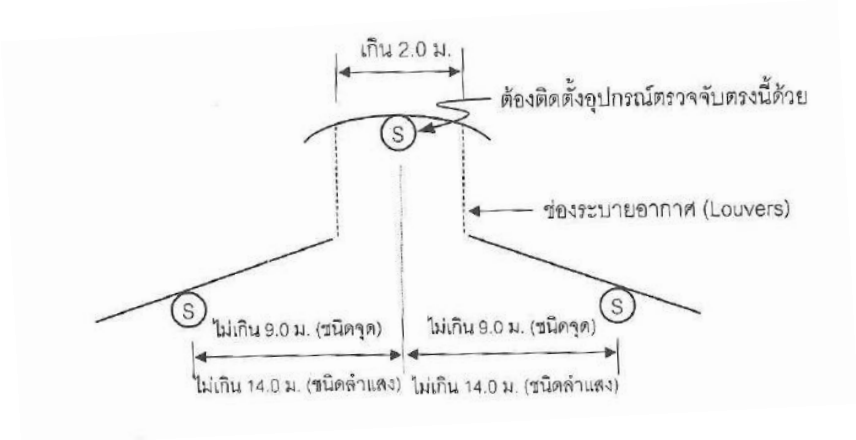
3.5) การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดจุดสำหรับโครงสร้างอื่น ในสภาพการติดตั้งใช้งานจริง โครงสร้างหรือรูปแบบของอาคารอาจมีรูปร่างแตกต่างออกไปด้วยเหตุผลทางสถาปัตยกรรม การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับจะต้องให้สามารถครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดตามที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับ ระหว่างอุปกรณ์กับผนัง รวมทั้งความสูงในการติดตั้ง จะต้องสอดคล้องกับข้อกำหนดการติดตั้งที่ได้กล่าวแล้ว



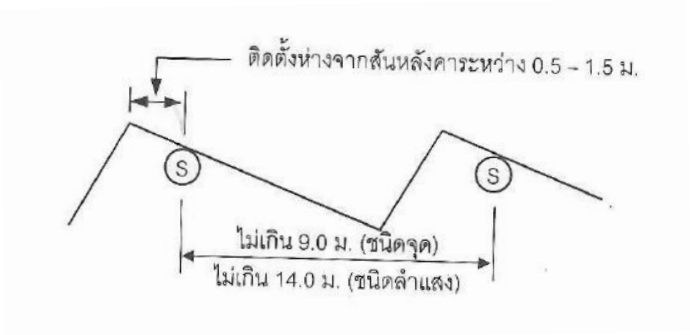
รูปที่ 2.60 ตัวอย่างตำแหน่งการติดตั้งบนพื้นที่ที่มียอดแหลมแคบๆ
ที่มา: มาตรฐานระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้



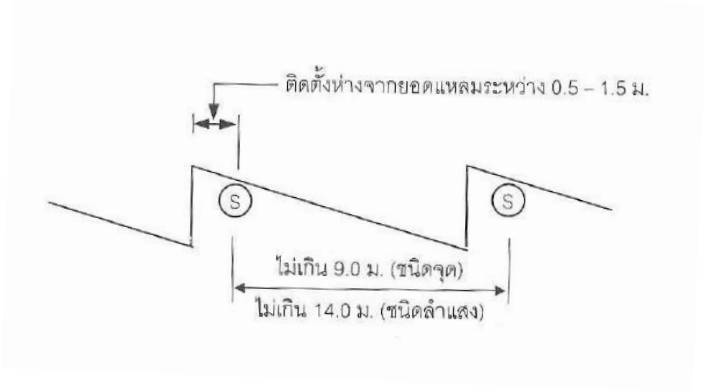
รูปที่ 2.61 ตัวอย่างตำแหน่งติดตั้งบนหลังคามีสันระบายอากาศแคบ
ที่มา: มาตรฐานระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้



รูปที่ 2.62 ตัวอย่างตำแหน่งติดตั้งบนหลังคามีสันระบายอากาศกว้าง
ที่มา: มาตรฐานระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้



รูปที่ 2.63 ตัวอย่างตำแหน่งติดตั้งบนพื้นที่ที่ลาดเอียงไม่เท่ากัน
ที่มา: มาตรฐานระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้



รูปที่ 2.64 ตัวอย่างตำแหน่งติดตั้งบนเพดานหรือหลังคารูปฟันเลื่อย
ที่มา: มาตรฐานระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้

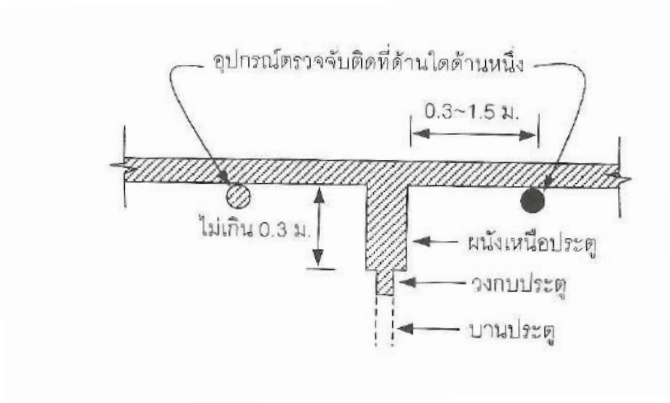
- การใช้อุปกรณ์ตรวจจับควันควบคุมประตูกั้นเพลิงไหมและควัน ในพื้นที่ที่มีการออกแบบให้มีการควบคุมควันไฟและใช้ประตูเพื่อกั้นเพลิงไหม้ให้อยู่ในพื้นที่ที่จำกัดเพื่อจะได้มีเวลาหนีไฟมากขึ้น หรือเพื่อให้สามารถดับไฟได้ง่ายขึ้น มีความเสียหายน้อยลง การควบคุมการปิดหรือเปิดประตูโดยอัตโนมัติทำได้โดยการควบคุมของอุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้ซึ่งปกติจะใช้เป็นอุปกรณ์ตรวจจับควัน อุปกรณ์ตรวจจับจะทำหน้าที่สั่งการให้วงจรควบคุมทำงานอีกต่อหนึ่งโดยทั่วไปประตูที่ใช้จะเป็นประตูที่เปิดค้างไว้โดยยึดไว้ด้วยสนามแม่เหล็กไฟฟ้าประตูนี้จะมีสปริงดึงให้ประตูปิด แต่เนื่องจากสนามแม่เหล็กไฟฟ้ามีแรงมากกว่าประตูจึงเปิดค้างอยู่ การทำงานคือการตัดวงจรไฟฟ้าออก แม่เหล็กไฟฟ้าจะหมดอำนาจปล่อยให้ประตูปิดจากแรงของสปริง

- การควบคุมจะใช้อุปกรณ์ตรวจจับควันที่ติดตั้งในพื้นที่ป้องกันที่ต่อรวมอยู่กับโซนตรวจจับหรืออาจใช้อุปกรณ์ตรวจจับควันแยกต่างหากเพื่อทำหน้าที่ควบคุมประตูโดยเฉพาะก็ได้ ถ้าในพื้นที่ไม่มีอุปกรณ์ตรวจจับควันอยู่ จะต้องติดตั้งใหม่ การติดตั้งมีข้อกำหนดดังนี้

- การต่อเข้ากับโซน อุปกรณ์ตรวจจับควันที่ติดตั้งเพื่อควบคุมประตู ต้องต่อเข้ากับชุดโซนตรวจจับแยกหากสำหรับประตูแต่ละชุดสำหรับอาคารที่ติดตั้งระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ตามมาตรฐานของ ว.ส.ท. อุปกรณ์ตรวจจับควันอาจต่อเข้ากับวงจรโซนตรวจจับที่ใช้สำหรับพื้นที่นั้นก็ได้

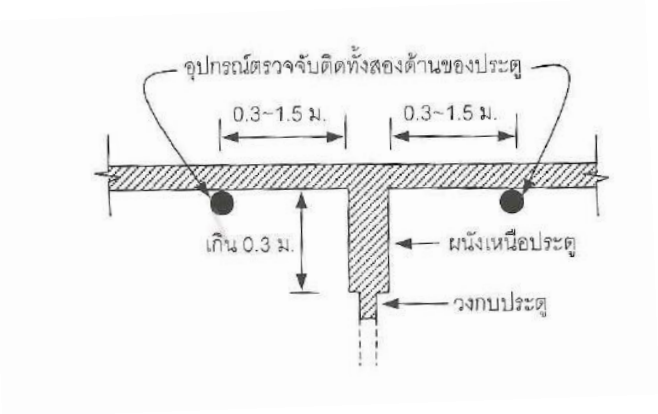
- การทำงานด้วยมือ อุปกรณ์ที่ยึดประตูด้วยสนามแม่เหล็กไฟฟ้าให้เปิดค้าง ต้องมีสวิตช์ ปลดด้วยมือที่ไม่มีการล็อก สวิตช์นี้ต้องอยู่ในตำแหน่งที่เห็นได้ชัดเจนและเข้าถึงได้เมื่อประตูในตำแหน่งเปิด สวิตช์ปลดด้วยมือควรมีเครื่องหมายแสดงให้ทราบว่าใช้สำหรับปลดประตูโดยเฉพาะการแสดงควรใช้เป็นอักษรข้อความว่า " ปลดประตู" ถ้าข้อความนี้มีอยู่แล้วที่ตัวอุปกรณ์ยึดประตูด้วยสนามแม่เหล็กไฟฟ้าให้เปิดค้าง ก็ไม่ต้องมีข้อความเพิ่มเติม ตัวอักษรมีขนาดความสูงไม่น้อยกว่า 5 มิลลิเมตร มีสีที่เห็นได้ชัดเจน ในช่องทางเดียวกันซึ่งมีประตูมากกว่าหนึ่งประตู สวิตช์เพียงตัวเดียวต้องสามารถปลดประตูทั้งหมดได้

- ตำแหน่งติดตั้ง อุปกรณ์ตรวจจับควันที่ทำหน้าที่ปลดประตูต้องติดตั้งที่เหนือประตูตรงกึ่งกลางช่องประตู ห่างจากประตูระหว่าง 300 มิลลิเมตร ถึง 1.5 เมตร

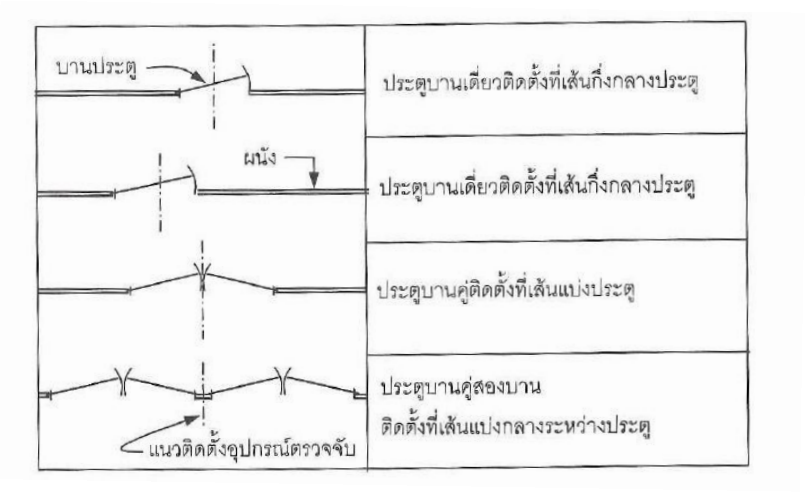


รูปที่ 2.65 การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับควันที่ประตูสำหรับประตูที่มีผนังเหนือประตูมากกว่า 300 มิลลิเมตร ต้องติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับที่ทั้งสองด้านของประตู

ที่มา: มาตรฐานระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้



รูปที่ 2.66 การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับควันที่ประตูเมื่อผนังเหนือประตูมากกว่า 300 มิลลิเมตร
ที่มา: มาตรฐานระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้



รูปที่ 2.67 แนวที่ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับควันที่ใช้ควบคุมประตู
ที่มา: มาตรฐานระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้

2.1.14.4 อุปกรณ์ตรวจจับความร้อน

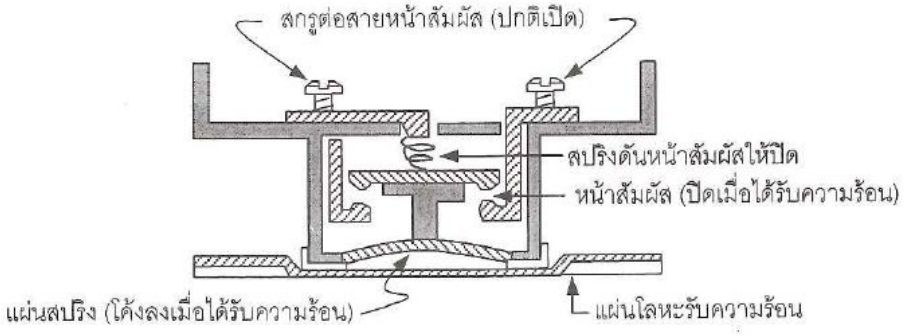
อุปกรณ์ตรวจจับความร้อน เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับตรวจจับความร้อนของวัตถุที่ถูกไฟไหม้ความร้อนจากการเผาไหม้ของวัตถุ เกิดจากการเพิ่มขึ้นของพลังงานและเป็นสาเหตุให้วัตถุมีอุณหภูมิสูงขึ้น อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนสามารถตรวจจับการเกิดเพลิงไหม้ที่ให้ความร้อนสูงอย่างรวดเร็วและมีควันน้อยได้เร็วกว่าอุปกรณ์ตรวจจับควัน อย่างไรก็ตาม อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนไม่ถือเป็นอุปกรณ์ตรวจจับเพื่อป้องกันชีวิต ในการออกแบบติดตั้งจึงใช้เพื่อป้องกันทรัพย์สินเท่านั้น หรือใช้เพื่อป้องกันเพิ่มเติมจากอุปกรณ์ตรวจจับควันก็ได้ แต่จะใช้แทนอุปกรณ์ตรวจจับควันไม่ได้

รูปที่ 2.68 ตัวอย่างอุปกรณ์ตรวจจับความร้อน
ที่มา: มาตรฐานระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้

(1) หลักการทำงานอุปกรณ์ตรวจจับความร้อน อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนทำงานจากความร้อนที่ตรวจจับได้ แบ่งลักษณะการตรวจจับออกเป็น 2 แบบ คือ แบบอุณหภูมิคงที่ (Fixed Temperature) และแบบอัตราเพิ่มของอุณหภูมิ (Rate-of-Rise) อุปกรณ์ตรวจจับบางตัวจะทำงานได้ทั้งสองหน้าที่

1.1) แบบอุณหภูมิคงที่ (Fixed Temperature) เป็นอุปกรณ์ตรวจจับแบบที่ง่ายที่สุด จะทำงานเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นถึงจุดที่ตั้งไว้ มีระดับอุณหภูมิให้เลือกหลายพิกัดตามความต้องการใช้งาน ที่นิยมใช้งานทั่วไปจะเริ่มตั้งแต่ 58 องศาเซลเซียส (135 องศาฟาเรนไฮท์) ขึ้นไป อาจแตกต่างกันไปตามแต่ละมาตรฐานการผลิต โดยปกติเมื่อเริ่มมีไฟไหม้ อุณหภูมิของอากาศรอบๆจะสูงกว่าอุณหภูมิที่ตัวอุปกรณ์และเริ่มมีการถ่ายเทความร้อน ความแตกต่างของอุณหภูมินี้เรียกว่าอุณหภูมิหน่วง (Thermal Lag) เป็นสัดส่วนการเพิ่มของอุณหภูมิ อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนแบบอุณหภูมิคงที่ แบ่งตามวิธีทำงานได้หลายชนิด ตัวอย่างเช่น

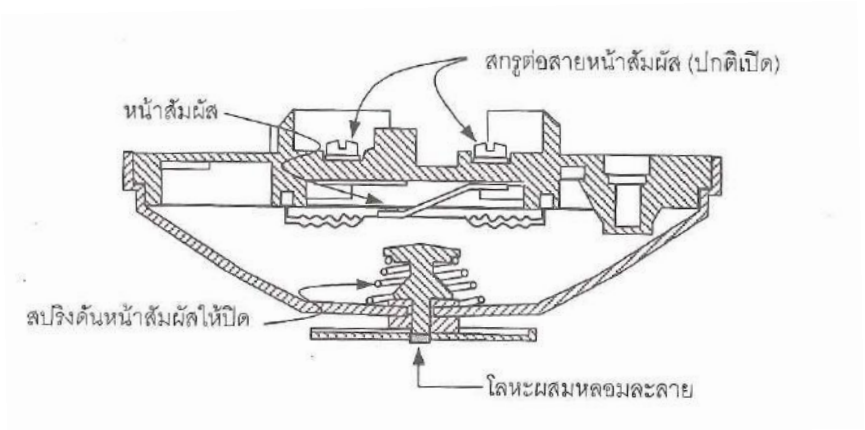
- ชนิดโลหะคู่ (Bimetallic) ชิ้นส่วนในการตรวจจับความร้อนประกอบด้วยโลหะ 2 ชนิด ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ของการขยายตัวด้วยความร้อนไม่เท่ากันจะประกบติดกัน เมื่อได้รับความร้อนแผ่นโลหะจะขยายตัวไม่เท่ากันจึงงอไปด้านใดด้านหนึ่งและงอกลับเมื่ออุณหภูมิลดลง



รูปที่ 2.69 อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนแบบอุณหภูมิคงที่ ชนิดโลหะคู่
ที่มา: Fire Protection Systems, WAYNE G. CARSON & RICHARD L. KLAINKER

- ชนิดตัวนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity) เป็นอุปกรณ์ตรวจจับชนิดเส้นหรือชนิดจุดก็ได้ มีชิ้นส่วนตรวจจับความร้อนที่เปลี่ยนค่าความต้านทานแปรผันตามความร้อนที่ได้รับ

- ชนิดโลหะผสมหลอมละลาย (Fusible Alloy) มีชิ้นส่วนในการตรวจจับความร้อนเป็นโลหะผสมพิเศษ จะหลอมละลายอย่างรวดเร็วเมื่อความร้อนถึงอุณหภูมิพิกัด ดังนั้นหลังการตรวจจับความร้อนแล้วจึงไม่สามารถนำกลับมาใช้ได้อีก



รูปที่ 2.70 อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนแบบอุณหภูมิคงที่ ชนิดโลหะผสมหลอมละลาย
ที่มา: Fire Protection Systems, WAYNE G. CARSON & RICHARD L. KLAINKER

- ชนิดเคเบิลไวความร้อน (Heat-Sensitive Cable) เป็นอุปกรณ์ตรวจจับชนิดเส้นแบ่งออกได้เป็นสองแบบ แบบแรกประกอบด้วยสายนำกระแสไฟฟ้าจำนวน 2 เส้น ขั้นด้วยฉนวนไวต่อความร้อน ซึ่งจะอ่อนตัวที่อุณหภูมิพิกัด และทำให้สายไฟฟ้าทั้งสองเส้นสัมผัสกันทางไฟฟ้า แบบที่สองเป็นแบบสายไฟฟ้าเดี่ยวร้อยในท่อโลหะ บรรจุสารพิเศษขั้นไว้ระหว่างช่องว่าง เมื่ออุณหภูมิเพิ่มถึงจุดวิกฤตสารนี้จะเปลี่ยนสภาวะเป็นตัวนำไฟฟ้า ทำให้เกิดการสัมผัสกันทางไฟฟ้าระหว่างท่อกับสายไฟฟ้า

- ชนิดของเหลวขยายตัว (Liquid Expansion) ประกอบด้วยของเหลวที่มีปริมาตรขยายตัวเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น

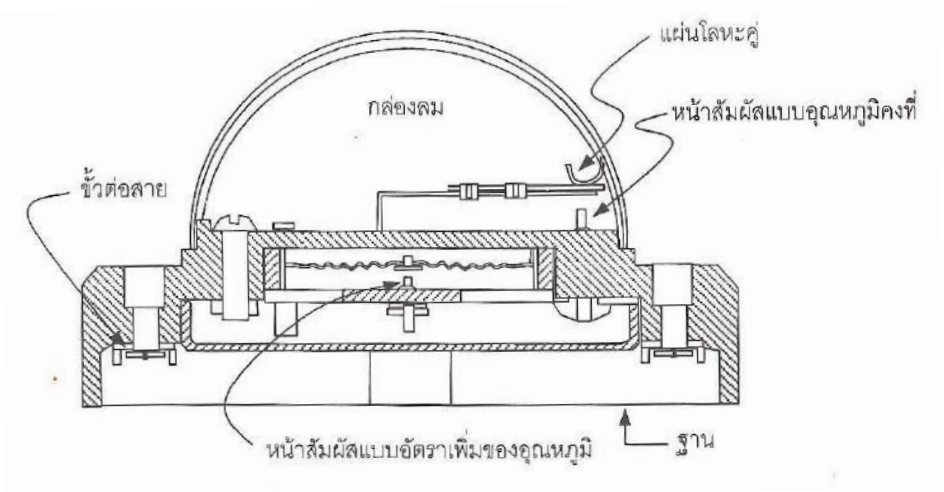
1.2) แบบอัตราเพิ่มของอุณหภูมิ (Rate-of-Rise) อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนแบบอัตราเพิ่มของอุณหภูมิ ทำงานเมื่อการเพิ่มของอุณหภูมิสูงเกินอัตราพิกัดที่กำหนด เช่น 8.5 องศาเซลเซียส (15 องศาฟาเรนไฮท์ต่อนาที) เป็นต้น อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนแบบอัตราเพิ่มแบ่งตามวิธีทำงานได้หลายชนิด เช่น

- ชนิดอัตราเพิ่มความดันในท่อ (Pneumatic Rate-of-Rise Tubing) เป็นอุปกรณ์ตรวจจับชนิดเส้นประกอบด้วยท่อ (ปกติเป็นท่อทองแดง) ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดเล็ก ใช้ติดตั้งกับฝ้าเพดานหรือบนฝ้าผนังใกล้เพดานตลอดพื้นที่ที่ต้องการป้องกัน ปลายท่อต่อเข้ากับอุปกรณ์ตรวจจับที่บรรจุไดอะแฟรมและหน้าสัมผัสซึ่งทำงานที่พิกัดความดันที่ตั้งไว้ ปกติระบบจะปิดสนิท ยกเว้นช่องปรับแต่งการระบายอากาศ เพื่อทดแทนการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่สภาวะปกติ

- ชนิดอัตราเพิ่มความดันลมแบบจุด (Spot-Type Pneumatic Rate-of-Rise) ประกอบด้วยกล่องลมไดอะแฟรม หน้าสัมผัส และรูระบายอากาศบรรจุในกล่องเดียวกัน หลักการทำงานเช่นเดียวกับชนิดอัตราเพิ่มความดันในท่อ

- ชนิดผลของไฟฟ้าพลังความร้อน (Thermoelectric Effect) ประกอบด้วยส่วนประกอบที่ไวต่อความร้อนชนิดเทอร์โมคัปเปิลหรือเทอร์โมไพล์แรงดันไฟฟ้าจะสูงขึ้นตามอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น อุปกรณ์จะมีวงจรตรวจสอบการเพิ่มของแรงดันไฟฟ้า และส่งสัญญาณเมื่ออัตราการเพิ่มของแรงดันสูงกว่าปกติ

- ชนิดอัตราเปลี่ยนแปลงความนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity Rate-of-Change) เป็นอุปกรณ์ชนิดเส้นหรือจุด ประกอบด้วยชิ้นส่วนที่ความต้านทานไฟฟ้าแปรผันตามอุณหภูมิ อัตราการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานถูกตรวจสอบโดยอุปกรณ์ควบคุม และเริ่มส่งสัญญาณเมื่อพบการเพิ่มที่เกิดค่าที่ตั้งไว้



รูปที่ 2.71 อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนแบบผสม
ที่มา : Fire Protection Systems, WAYNE G. CARSON & RICHARD L. KLAINKER

- อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนแบบผสม (Combination) อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนแบบผสม เป็นการผสมการทำงานระหว่างแบบอุณหภูมิคงที่และแบบอัตราเพิ่มของอุณหภูมิ เมื่อค่าใดค่าหนึ่งเป็นไปตามที่กำหนด อุปกรณ์จะทำงาน อุปกรณ์ตรวจจับแบบนี้จึงสามารถตรวจจับความร้อนได้ดีกว่าแบบอุณหภูมิคงที่

- อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนแบบอัตราทดแทน (Rate Compensation) อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนชนิดนี้จะทำงานเมื่ออุณหภูมิของอากาศโดยรอบสูงถึงจุดที่ตั้งไว้ โดยไม่ขึ้นกับอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ ตัวอย่างของอุปกรณ์ชนิดนี้ได้แก่ อุปกรณ์ตรวจจับชนิดจุด ประกอบด้วยหลอดโลหะซึ่งจะขยายตัวตามยาวเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นพร้อมกับดันหน้าสัมผัสให้ปิด และภายในหลอดมีโลหะอีกชิ้นหนึ่งส่งแรงต้านให้หน้าสัมผัสเปิดไว้ แรงทั้งสองจะอยู่ในภาวะสมดุล เมื่ออัตราการเพิ่มอุณหภูมิของอากาศโดยรอบสูงขึ้นอย่างช้าๆ ทำให้ความร้อนสามารถผ่านไปถึงชนิดโลหะภายในและเกิดแรงต้านให้หน้าสัมผัสเปิด จนอุณหภูมิสูงถึงระดับที่ตั้งไว้หน้าสัมผัสจึงปิด หากอุณหภูมิโดยรอบขึ้นอย่างรวดเร็ว เวลาไม่มากพอที่ความร้อนเข้าไปถึงโลหะภายใน หน้าสัมผัสจะปิดในขณะที่อุณหภูมิภายในยังต่ำอยู่ ลักษณะนี้คือการทดแทนความร้อนหน่วง

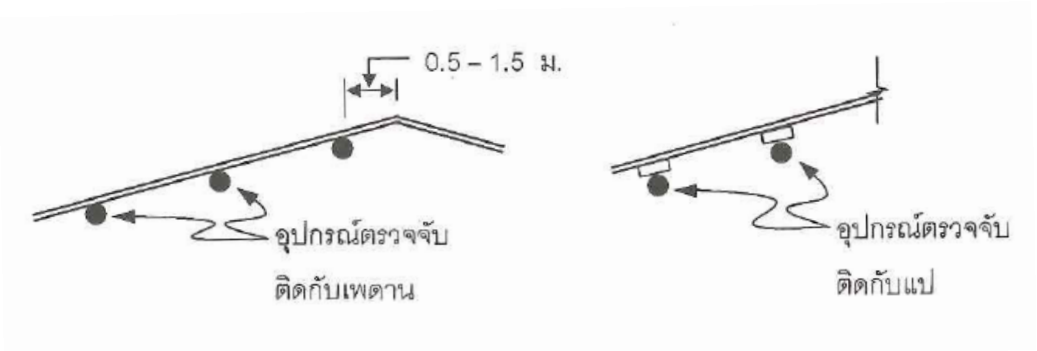
- การเลือกใช้อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนแบบต่างๆอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนแบบอัตราเพิ่มของอุณหภูมิ สามารถทำงานตรวจจับเพลิงไหม้ได้เร็วกว่าอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนแบบอุณหภูมิคงที่ เนื่องจากความสามารถที่ไวต่ออุณหภูมิที่สูงขึ้นอย่างรวดเร็ว ดังนั้นจึงเหมาะที่จะใช้อุปกรณ์ตรวจจับชนิดนี้กับพื้นที่โดยทั่วไปที่ต้องการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับ

- ในกรณีที่สภาพแวดล้อมของอาคารมีการเพิ่มอุณหภูมิอย่างรวดเร็วอยู่เสมอ ไม่เหมาะที่จะใช้อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนแบบอัตราเพิ่มของอุณหภูมิ ควรใช้อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนแบบอุณหภูมิคงที่แทนเพื่อป้องกันหรือลดอัตราการแจ้งสัญญาณผิดพลาด ดังนั้นในการติดตั้งนอกจากจะ

พิจารณาถึงสถานที่ติดตั้งและความไวในการตรวจจับแล้ว จะต้องเลือกชนิดของอุปกรณ์ตรวจจับให้เหมาะสมด้วย

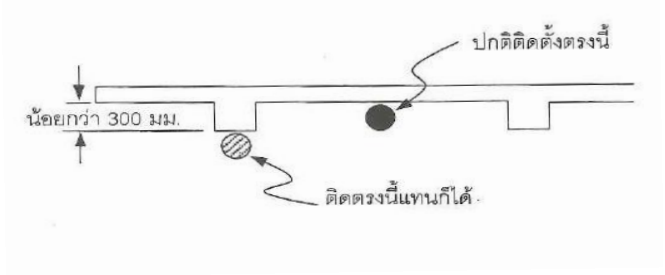
- อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนไม่ควรใช้กับสถานที่ที่จะเกิดความเสียหายมากเมื่อมีเพลิงไหม้เพียงเล็กน้อยเช่น ห้องคอมพิวเตอร์ ห้องควบคุมระบบสื่อสาร เป็นต้น เนื่องจากตรวจจับเพลิงไหม้ได้ช้า ดังนั้นก่อนเลือกชนิดอุปกรณ์ตรวจจับ ควรมีการประเมินค่าความเสียหายที่เกิดจากเพลิงไหม้ก่อนที่อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนจะเริ่มทำงาน

(2) การติดตั้งใช้งานอุปกรณ์ตรวจจับ อุปกรณ์ตรวจจับทุกตัวต้องติดตั้งใต้เพดานหรือหลังคา โดยให้ส่วนตรวจจับอยู่ห่างจากเพดานหรือหลังคาระหว่าง 15 มิลลิเมตร ถึง 100 มิลลิเมตร หากเป็นหลังคาที่มีแปที่อาจขวางทางไหลของไอความร้อนไปยังอุปกรณ์ตรวจจับได้ อาจติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับเข้ากับแปโดยที่ส่วนตรวจจับห่างจากหลังคาไม่เกิน 350 มิลลิเมตร



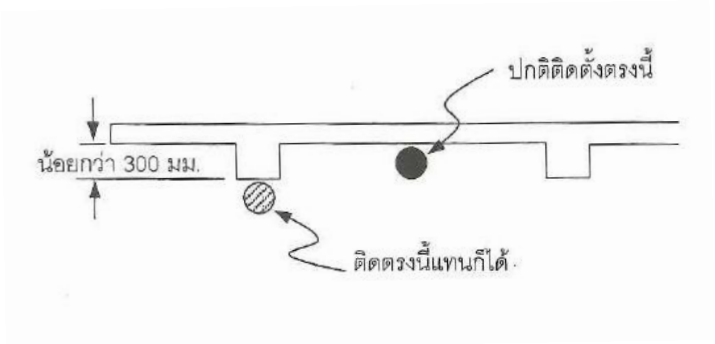
รูปที่ 2.72 อุปกรณ์ตรวจจับติดตั้งใต้เพดาน หลังคา หรือแป
ที่มา: มาตรฐานระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้

2.1) ปกติต้องติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับตรงจุดที่สูงที่สุดของเพดาน อย่างไรก็ตามหากเป็นเพดานที่ประกอบไปด้วยคาน หรือรอด หรือหยักที่มีความลึกน้อยกว่า 300 มิลลิเมตร อาจจะติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับที่ใต้คานหรือรอดนั้นๆได้ โดยระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับต้องไม่เกินที่กำหนด



รูปที่ 2.73 การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนใต้คานที่มีความลึกไม่น้อยกว่า 300 มิลลิเมตร
ที่มา: มาตรฐานระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้

2.2) อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนที่ติดตั้งใต้เพดานหรือหลังคาซึ่งได้รับความร้อนจากแสงแดดโดยตรงต้องติดตั้งให้ส่วนตรวจจับอยู่ห่างจากเพดานหรือหลังคาในแนวดิ่ง ไม่น้อยกว่า 180 มิลลิเมตร แต่ไม่เกิน 350 มิลลิเมตร เพื่อลดการทำงานผิดพลาดจากความร้อนดังกล่าว

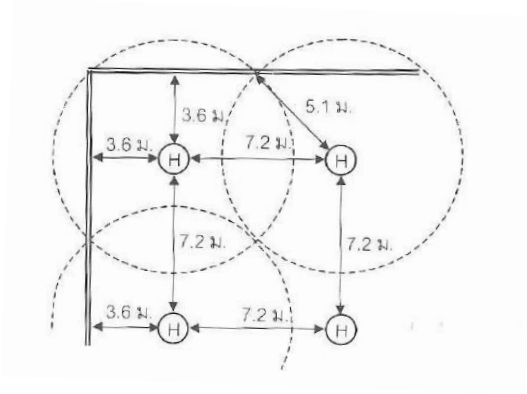


รูปที่ 2.74 การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนเมื่อหลังคาถูกแสงแดดโดยตรง
ที่มา: มาตรฐานระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้

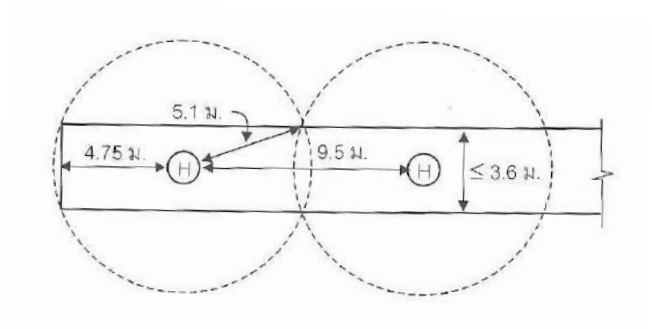
2.3) ระยะห่างและตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับความร้อน อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนต้องติดตั้งในตำแหน่งที่มีระดับความสูงไม่เกิน 4.0 เมตร และห้ามติดตั้งใช้งานในพื้นที่หรือทางเดินร่วมหนีไฟ สำหรับอาคารโรงงานชั้นเดียวที่มีความสูงมากกว่า 4.0 เมตร สามารถเพิ่มความสูงในการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับได้โดยการคำนวณทางวิศวกรรมประกอบ แต่ต้องไม่เกิน 6.0 เมตร

2.4) พื้นที่หรือทางเดินร่วมหนีไฟ หมายถึงพื้นที่ที่ใช้งานร่วมกันเพื่อใช้เป็นเส้นทางอพยพหนีไฟด้วยเหตุผลที่ว่าอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนทำงานช้ากว่าอุปกรณ์ตรวจจับควัน และในมาตรฐานไม่อนุญาตให้ใช้เป็นอุปกรณ์เพื่อป้องกันชีวิต ทางเดินร่วมหนีไฟถือว่ามีความจำเป็นในการป้องกันชีวิตเพราะเมื่อเกิดเพลิงไหม้ในบริเวณนี้จะปิดกั้นการหนีไฟทั้งหมด ดังนั้นหากเกิดเพลิงไหม้จะต้องสามารถตรวจจับได้อย่างรวดเร็ว

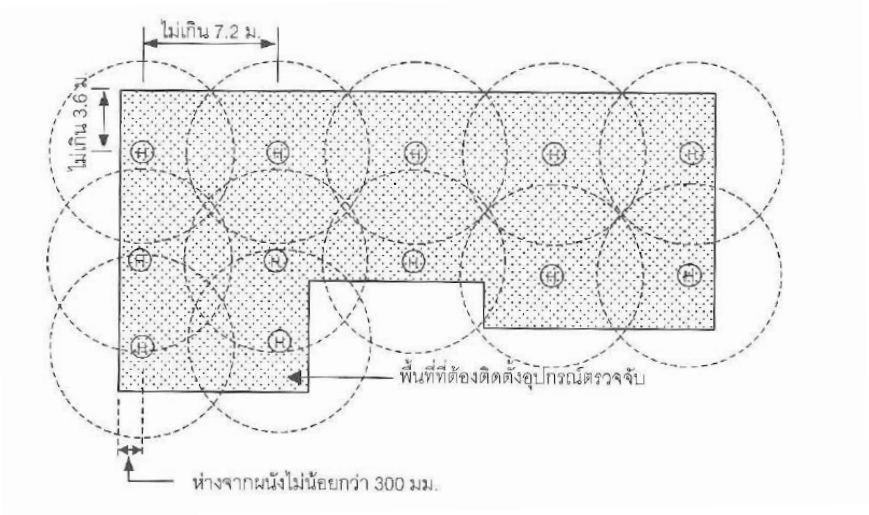
2.5) ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับสำหรับเพดานหรือพื้นผิวแนวราบ อุปกรณ์ตรวจจับต้องติดตั้งให้สามารถตรวจจับการเกิดเพลิงไหม้ได้รวดเร็วครอบคลุมพื้นที่ที่ต้องการป้องกัน ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับจึงมีความสำคัญ สำหรับพื้นผิวแนวราบ อุปกรณ์ตรวจจับจะมีรัศมีการตรวจจับไม่เกิน 5.1 เมตร ดังนั้นเมื่อเขียนวงกลมลงบนพื้นที่สี่เหลี่ยมให้ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดจะได้ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับไม่เกิน 7.2 เมตร สำหรับบริเวณช่องทางเดินที่มีความกว้างไม่เกิน 3.6 เมตร เมื่อเขียนวงกลมให้ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดจะได้ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับไม่เกิน 9.5 เมตร สำหรับพื้นที่ที่มีรูปร่างเป็นพื้นที่สี่เหลี่ยมใดๆจะสามารถกำหนดตำแหน่งติดตั้งได้โดยใช้หลักการเดียวกับข้างต้น



รูปที่ 2.75 ระยะห่างในการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับความร้อน สำหรับพื้นผิวแนวราบ
ที่มา: มาตรฐานระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้



รูปที่ 2.76 ระยะห่างในการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนสำหรับช่องทางเดิน
ที่มา: มาตรฐานระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้



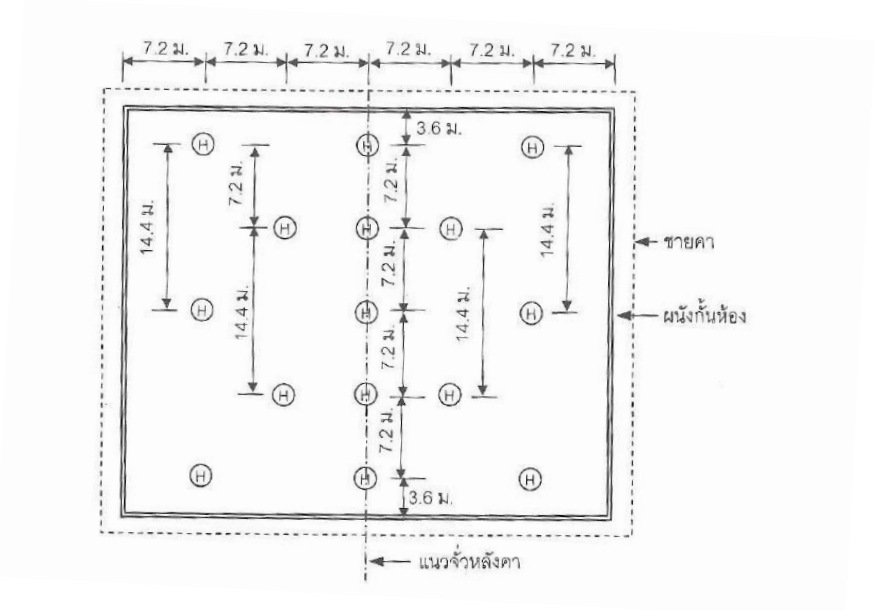
รูปที่ 2.77 ตัวอย่างการกำหนดตำแหน่งติดตั้ง สำหรับพื้นที่รูปสี่เหลี่ยมใดๆ
ที่มา: มาตรฐานระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้

2.6) ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับสำหรับเพดานหรือพื้นผิวเอียง เมื่ออุปกรณ์ตรวจจับความร้อนติดตั้งกับเพดานหรือพื้นผิวที่มีลักษณะลาดเอียงตั้งแต่ 1 ต่อ 20 ขึ้นไป (ความลาดเอียง 1 ต่อ 20 หมายถึงพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนระดับ 1 เมตร ทุกๆ ความยาว 20 เมตร) ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับสามารถเปลี่ยนแปลงได้ การติดตั้งสามารถติดแบบสลับฟันปลาได้ มาตรฐานกำหนดให้ระยะห่างที่วัดในแนวนอนระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนสำหรับพื้นผิวเอียง เป็นดังนี้

- ระยะห่างตามแนวยาวที่ขนานไปกับจั่วหลังคา แถวที่บริเวณจั่วหลังคา ต้องห่างกันไม่เกิน 7.2 เมตร

- แถวของอุปกรณ์ตรวจจับที่อยู่ล่างสุด (ใกล้ชายคา) ต้องอยู่ห่างไม่เกิน 7.2 เมตร จากผนังหรือฉากกั้นและจากแถวของอุปกรณ์ตรวจจับที่อยู่ใกล้กัน และต้องมีระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับในแนวเดียวกันไม่เกิน 14.4 เมตร การวัดระยะห่างให้วัดตามแนวระดับ ห้ามวัดตามแนวเอียงของเพดานหรือหลังคา

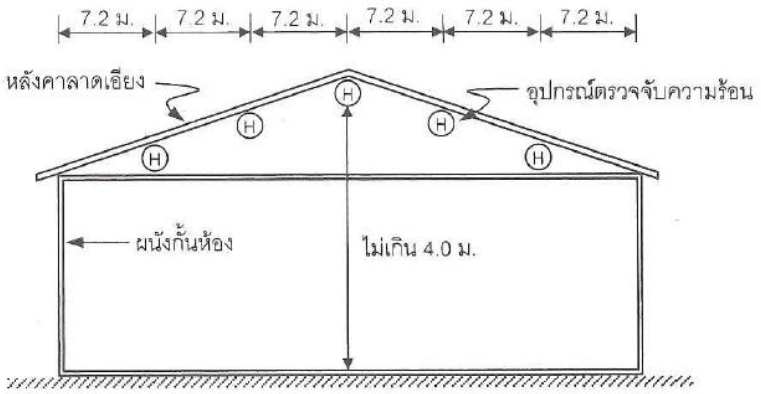
- แถวของอุปกรณ์ตรวจจับที่อยู่ระหว่างแถบบนสุดกับแถวที่อยู่ล่างสุด ต้องมีระยะห่างอุปกรณ์ไม่เกิน 14.4 เมตร และมีระยะห่างระหว่างแถวไม่เกิน 7.2 เมตร



รูปที่ 2.78 ตัวอย่างการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนชนิดชุด สำหรับเพดานหรือพื้นผิวเอียง
ที่มา: มาตรฐานระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้

2.7) ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับสำหรับพื้นผิวเอียงนี้จะมากกว่าพื้นผิวแนวราบ ซึ่งสอดคล้องตามข้อกำหนดของมาตรฐาน อย่างไรก็ตาม ระยะห่างที่กำหนดนี้เป็นระยะห่างมากสุดที่ยอมรับให้ทำได้เท่านั้น ในการติดตั้งอาจใช้ระยะห่างตามพื้นผิวแนวราบตามข้อ 2.5) ก็ได้ ซึ่งจะได้

ความสามารถในการป้องกันดีกว่าการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนที่หลังคาทรงจั่ว ควรติดตั้งให้ห่างจากแนวสูงสุดของจั่วระหว่าง 0.5 ถึง 1.5 เมตร เพื่อให้สามารถตรวจจับเร็ว

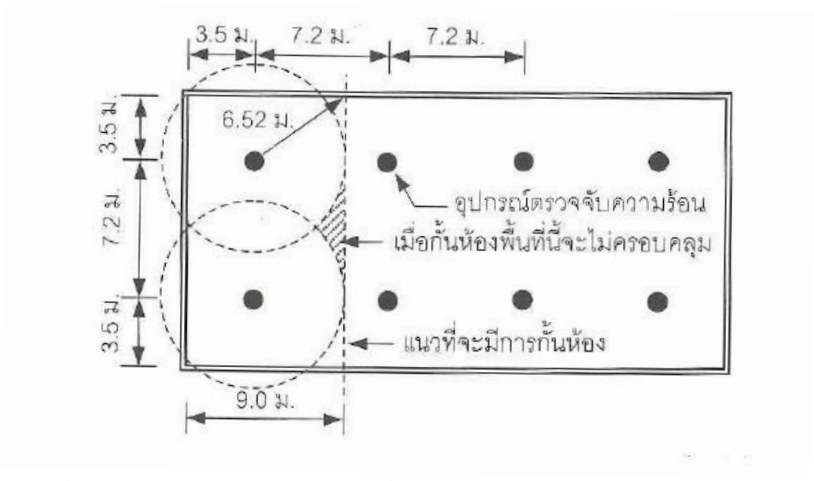


รูปที่ 2.79 ความสูงในการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนชนิดจุด สำหรับเพดานหรือพื้นผิวเอียง
ที่มา: มาตรฐานระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้

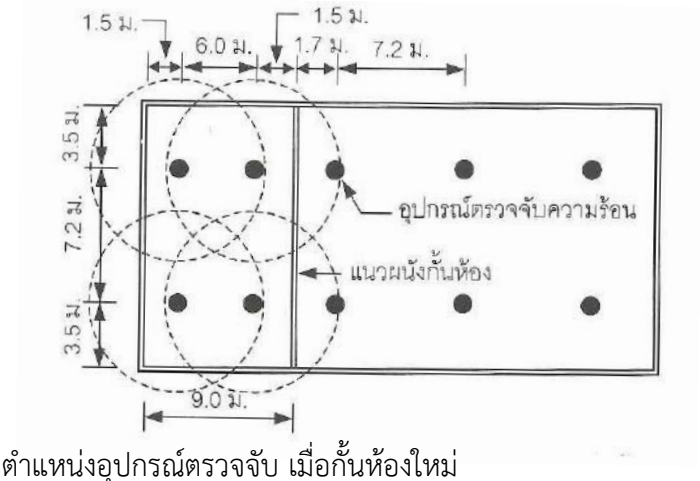
- ระยะห่างจากผนัง ควันและความร้อนจากการเกิดเพลิงไหม้จะลอยขึ้นด้านบนและขยายออกด้านข้างเมื่อชนเพดาน ตำแหน่งที่เพดานกับผนังต่อเชื่อมกันจะเป็นตำแหน่งที่อับอากาศ อุปกรณ์ตรวจจับจึงต้องติดตั้งให้ห่างจากผนังไม่น้อยกว่า 300 มิลลิเมตร แต่ต้องไม่ห่างจนพ้นระยะตรวจจับของอุปกรณ์ตรวจจับ สำหรับอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนต้องติดตั้งห่างจากผนังไม่เกิน 3.6 เมตร ในบางสถานที่มีการกั้นห้องภายหลังที่ก่อสร้างอาคารเสร็จโดยใช้เป็นผนังเบาหรือฉากกั้นสำหรับฉากกั้นที่ติดตั้งไม่ชนเพดานแต่ขอบอยู่ห่างจากเพดานไม่เกิน 300 มิลลิเมตร ให้ถือว่าเป็นผนังห้อง ระยะห่างของอุปกรณ์ตรวจจับจากผนังกั้นต้องไม่เกิน 3.6 เมตร เช่นเดียวกัน

- สำหรับช่องทางเดิน ระยะห่างระหว่างผนังปลายทางกับอุปกรณ์ตรวจจับที่ใกล้ที่สุด ต้องไม่เกิน 4.75 เมตร

2.8) ในพื้นที่ที่มีการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับตามระยะห่างที่กำหนดเมื่อมีการปรับปรุงการกั้นห้องใหม่อาจจำเป็นต้องติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับเพิ่มจากเดิมเพราะระยะห่างอาจไม่ได้ตามข้อกำหนดจากตัวอย่างการติดตั้งในรูปที่ 2.80 เมื่อมีกั้นห้องใหม่ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ที่ติดตั้งไว้เดิมในห้องที่แยกออกมาใหม่นี้ไม่ได้ตามข้อกำหนด ไม่สามารถครอบคลุมพื้นที่ได้ทั้งหมด จึงจำเป็นต้องปรับระยะและติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับเพิ่มเติมที่แสดงในรูปที่ 2.81



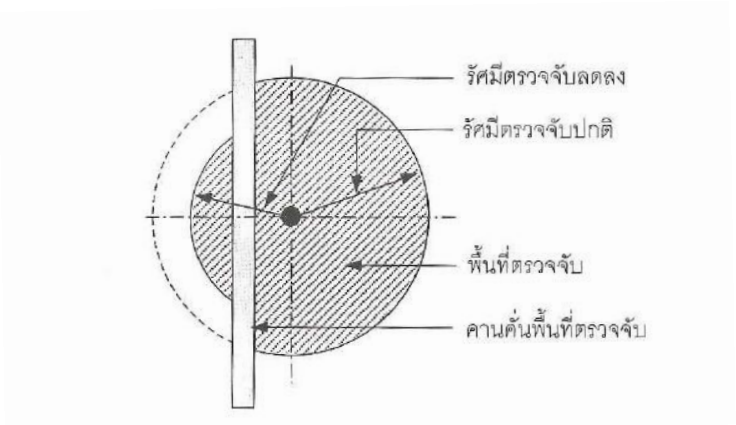
รูปที่ 2.80 การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนพื้นที่ทั่วไป
ที่มา: มาตรฐานระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้



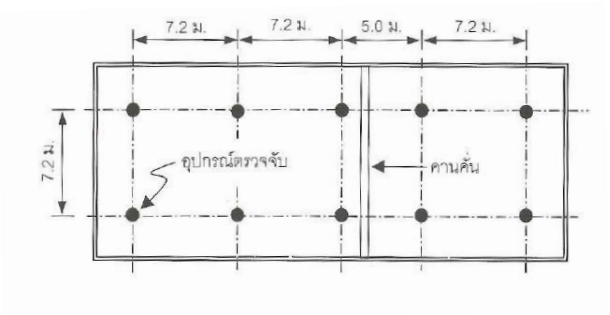
รูปที่ 2.81 การปรับตำแหน่งอุปกรณ์ตรวจจับ เมื่อกั้นห้องใหม่
ที่มา: มาตรฐานระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้

2.9) ระยะห่างจากหัวจ่ายลม สำหรับอุปกรณ์ตรวจจับที่ติดตั้งใกล้หัวจ่ายลม ไม่ควรติดตั้งใกล้หัวจ่ายลมจนเกินไปเพราะลมที่เป่าออกมาจะเบี่ยงเบนทิศทางการไหลของความร้อนได้ และยังเป็นผลให้อุณหภูมิของอากาศที่มาถึงอุปกรณ์ตรวจจับลดลง ทำให้การตรวจจับช้ากว่าปกติ หรือไม่สามารถตรวจจับได้ ระยะห่างจากหัวจ่ายลมต้องไม่น้อยกว่า 400 มิลลิเมตร

2.10) การติดตั้งที่ต้องลดระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับ ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนทุกชนิด อาจจำเป็นต้องลดลงเนื่องจากพื้นที่ป้องกันมีโครงสร้างพิเศษเช่น เพดานของพื้นที่ป้องกันถูกขั้นเป็นช่วงๆด้วยคาน ท่อลมระบบปรับอากาศ หรือสิ่งอื่นใดที่มีลักษณะเดียวกันโดยยื่นลงมาเกินกว่า 300 มิลลิเมตร ต้องลดระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับในแนวตั้งฉากกับแนวขั้นลงร้อยละ 30 ดังนั้น ระยะห่างปกติจากเดิม 7.2 เมตร จะลดลงเหลือ 5.0 เมตร และระยะห่างจากเดิม 9.5 เมตร จะลดลงเหลือ 6.65 เมตร

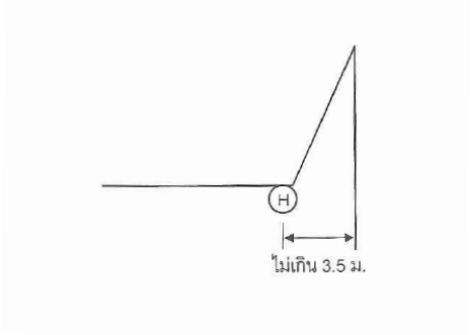


รูปที่ 2.82 ระยะห่างลดลงเมื่อมีคานหรือท่อลมปรับอากาศขั้น
ที่มา: มาตรฐานระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้

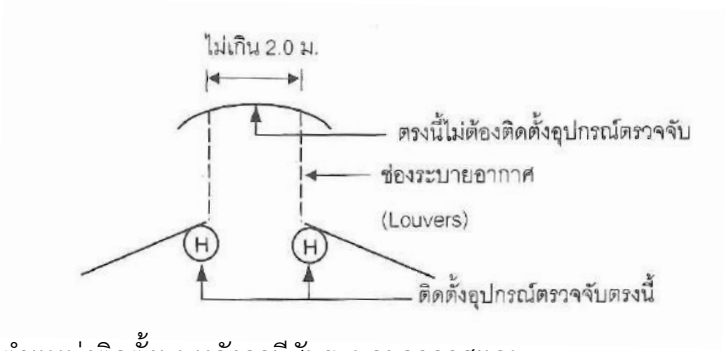


รูปที่ 2.83 ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับลดลงเมื่อมีคานขั้น
ที่มา: มาตรฐานระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้

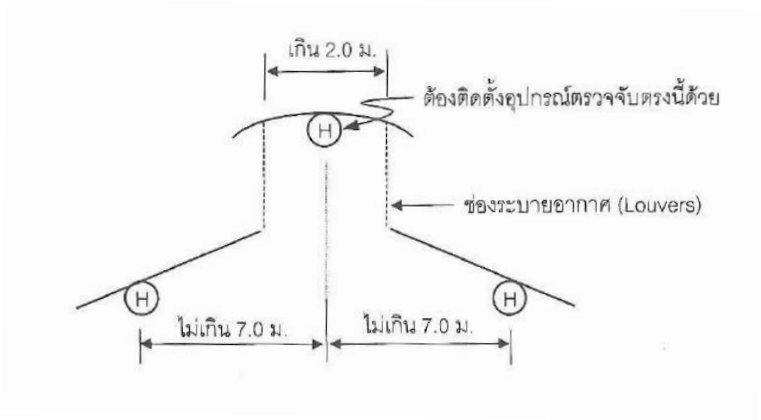
2.11) การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับสำหรับโครงสร้างอื่น ในสภาพการติดตั้งใช้งานจริง โครงสร้างหรือรูปแบบของอาคารอาจมีรูปร่างแตกต่างออกไปด้วยเหตุผลทางสถาปัตยกรรม การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับจะต้องให้สามารถครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดตามที่ได้กล่าวข้างต้น ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับ ระหว่างอุปกรณ์กับผนัง รวมทั้งความสูงในการติดตั้ง จะต้องสอดคล้องกับข้อกำหนดการติดตั้งที่ได้กล่าวแล้ว



รูปที่ 2.84 ตัวอย่างตำแหน่งการติดตั้งพื้นที่ที่มียอดแหลมแคบๆ
ที่มา: มาตรฐานระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้

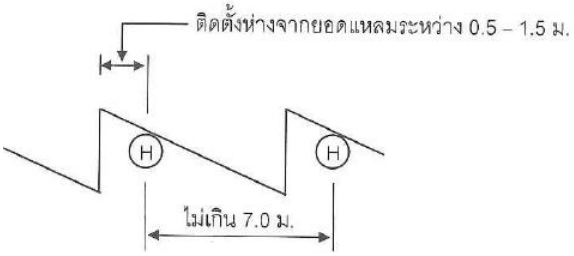


รูปที่ 2.85 ตัวอย่างตำแหน่งติดตั้งบนหลังคามีสันระบายอากาศแคบ
ที่มา: มาตรฐานระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้



รูปที่ 2.86 ตัวอย่างตำแหน่งการติดตั้งบนหลังคามีสันระบายอากาศกว้าง
ที่มา: มาตรฐานระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้

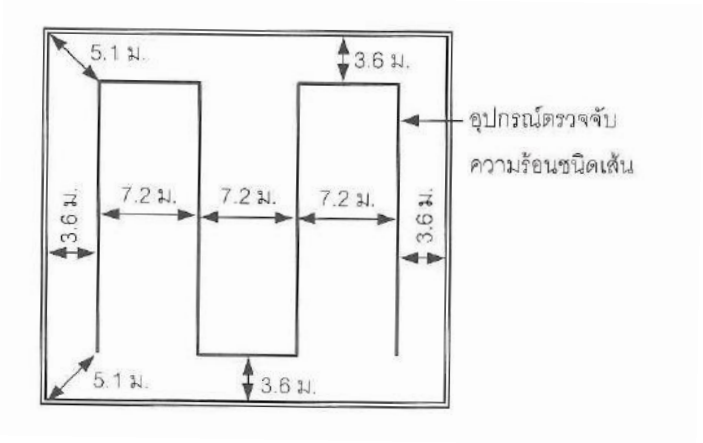
รูปที่ 2.87 ตัวอย่างตำแหน่งติดตั้งบนพื้นที่ที่ลาดเอียงไม่เท่ากัน
ที่มา: มาตรฐานระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้



รูปที่ 2.88 ตัวอย่างตำแหน่งติดตั้งบนเพดานหรือหลังคารูปฟันเลื่อย
ที่มา: มาตรฐานระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้

2.12) อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนชนิดเส้น การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนชนิดเส้นมีข้อกำหนดเหมือนกับชนิดจุด ความยาวของเส้นอุปกรณ์ตรวจจับต้องสอดคล้องกับข้อกำหนดการแบ่งโซนการติดตั้งต้องหลีกเลี่ยงโอกาสที่จะเกิดความเสียหายทางกายภาพได้ภายหลังการติดตั้ง ข้อกำหนดเพิ่มเติมที่สำคัญมีดังนี้

- ส่วนตรวจจับความร้อนของเส้นวงจรตรวจจับ ห้ามใช้งานมากกว่า 1 โซนตรวจจับ เว้นแต่เป็นชนิดที่สามารถระบุแยกวงจรที่เริ่มสัญญาณได้
- การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับชนิดเส้นในพื้นที่ที่ป้องกัน ต้องติดตั้งให้สามารถมองเห็นเส้นวงจรได้โดยตลอดพื้นที่ โดยเส้นวงจรแต่ละเส้นต้องอยู่ห่างกันไม่เกิน 7.2 เมตร และห่างจากผนังห้องหรือผนังกั้นไม่เกิน 3.6 เมตร



รูปที่ 2.89 ระยะห่างของการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนชนิดเส้น
ที่มา: มาตรฐานระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้

- สำหรับหลังคาทรงจั่ว เส้นวงจรตรวจจับต้องติดตั้งที่หลังคาแต่ละด้านของจั่ว แม้ว่าเส้นวงจรด้านตรงข้ามจะอยู่ห่างน้อยกว่า 7.2 เมตร ก็ตาม กรณีที่อุปกรณ์ตรวจจับชนิดเส้นเป็นแบบหลายเส้นประกอบเข้าด้วยกัน ให้ถือว่าแต่ละเส้นเป็นอุปกรณ์ตรวจจับชนิดจุด

2.1.14.6 การออกแบบระบบสัญญาณเตือนอัคคีภัย

ปัจจัยที่ต้องพิจารณาในการออกแบบ

(1) ความสูงของเพดาน มีผลกับจำนวนอุปกรณ์ตรวจจับที่ต้องใช้ต่อพื้นที่ ความร้อน หรือควันที่ลอยขึ้น มา ถึงอุปกรณ์ตรวจจับที่ติดตั้งบน เพดานสูง จะต้องมี ปริมาณความร้อน หรือควันที่มากกว่าเพดานต่ำ เพื่อให้อุปกรณ์ตรวจจับทำงาน ในเวลาที่เท่ากัน จึงต้องลดระยะห่าง ระหว่างตัวตรวจจับ เพื่อให้ระบบเสริมกำลังตรวจจับให้ละเอียดถี่ขึ้นเราจะพิจารณากำหนดระยะจัดวางตัวตรวจจับ ที่ติดบนเพดาน โดยอ้างอิงจากตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2.12 ระยะจัดวางตัวตรวจจับที่ติดบนเพดาน

ชนิดตัวตรวจจับ	**พื้นที่การตรวจจับ (ตารางเมตร)**	**ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ (เมตร)**	**ความสูงเพดาน (เมตร)**
ตัวจับควัน (smoke detector)	150	9	0.4
ตัวจับควัน (smoke detector)	75	4.5	4.0
ตัวจับร้อน (heat detector)	70	6	0.4
ตัวจับความความร้อน(heat detector)	35	3	4.9

(2) สภาพแวดล้อม : อุณหภูมิ, ไอน้ำ ,ลม, ฝุ่น, สิ่งบดบัง, ประเภทวัสดุที่อยู่บริเวณนั้นฯลฯ จะมีผลกับการเลือกชนิดของอุปกรณ์ตรวจจับ และตำแหน่งการติดตั้งเช่น ตัวจับควันจะไม่เหมาะกับบริเวณที่มีฝุ่น, ไอน้ำและลม Rate of Rise Heat Detector ไม่เหมาะที่จะติดไว้ในห้องBoiler ถ้าเป็นสารติดที่ติด ไฟแต่ไม่มีควันก็จำเป็นต้องใช้ Flame Detector ดังนั้นเราจะต้องมีพื้นฐานเข้าใจหลักการทำงานของ ตัวตรวจจับแต่ละชนิด

(3) ระดับความสำคัญและความเสี่ยง: เราควรเลือกใช้อุปกรณ์ที่ตรวจจับได้ไวที่สุดเพื่อรับรู้เหตุการณ์ ทันทีก่อนที่จะลุกลามใหญ่โต ในบางสถานที่อาจมีปัจจัยเสี่ยงต่ำ เช่น เป็นพื้นที่ที่อยู่ในระยะของสายตาของเจ้าหน้าที่ประจำตลอดเวลา บริเวณที่ไม่มีวัตถุติดไฟ หรือติดไฟยาก สำหรับบริเวณที่อาจเสี่ยงต่อการสูญเสียชีวิตเราจะต้องใช้อุปกรณ์ที่แจ้งเหตุได้เร็วที่สุดไว้ก่อนได้แก่ตัวจับควัน

(4) เงินงบประมาณที่ตั้งไว้: งบลงทุนเป็นข้อจำกัดทำให้ไม่สามารถเลือกอุปกรณ์ตรวจจับ ชนิดที่ดีที่สุด ติดตั้ง ไว้ทุกจุดในอาคารเพราะราคาสูง จำต้องยอมเลือกชนิดที่มีราคาถูกไปแพง ดังนี้

4.1) Fix Temperature Heat Detector

4.2) Rate of Rise Heat Detector

4.3) Combination Heat Detector

4.4) Photo Electric Smoke Detector

4.5) Ionization Smoke Detector

4.6) Flame Detector

4.7) Beam Smoke Detector

(5) อุปกรณ์ที่รับรู้เหตุได้ไวจะมีราคาแพงกว่าแต่อาจจะไม่เหมาะสมกับบางสถานที่ เราจะต้องพิจารณากับข้ออื่นด้วยการจัดแบ่งโซน การที่สามารถค้นหาจุดเกิดเหตุได้เร็วเท่าไร นั่นหมายถึงความสามารถในการระงับเหตุก็จะมากขึ้นด้วย ดังนั้นการจัดโซนจึงเป็น ความสำคัญใน การออกแบบระบบ Fire Alarm กรณีเกิดเหตุเริ่มต้นจะทำให้กระดิ่งดังเฉพาะโซนนั้นๆ ถ้าคุมสถานการณ์ ไม่ได้จึงจะสั่งให้กระดิ่งโซนอื่นๆ ดังตาม แนวทางการแบ่งโซนมีดังนี้

5.1) ต้องจัดโซน อย่างน้อย 1 โซนต่อ 1 ชั้น

5.2) แบ่งตามความเกี่ยวข้องของพื้นที่ ที่เป็นที่เข้าใจสำหรับคนในอาคารนั้นเช่น โซน Office, โซน Workshop

(6) ถ้าเป็นพื้นที่ราบบริเวณกว้าง จะแบ่งประมาณ 600 ตารางเมตร ต่อ 1 โซน เพื่อสามารถมองเห็น หรือค้นพบจุดเกิดเหตุโดยเร็ว

(7) คนที่อยู่ในโซนใดๆ ต้องสามารถได้ยินเสียงกระดิ่ง Alarm ในโซนนั้นได้ชัดเจน การออกแบบติดตั้ง Manual Stationระบบ Fire Alarm จะต้องมีสวิทซ์กดฉุกเฉิน(Manual Station)ด้วยอย่างน้อยโซนละ 1 ชุด สำหรับกรณี ที่คนพบเหตุการณ์ก่อนที่ Detector จะทำงานหรือไม่มี Detector ติดตั้ง ไว้ในบริเวณนั้น Manual Station จะต้องมีลักษณะดังนี้

7.1) เป็นการง่ายต่อการสังเกต โดยใช้สีแดงเข้ม ดูเด่นหรือมีหลอดไฟ(Location Light) ติดแสดงตำแหน่งในที่มืดหรือยามค่ำคืน

7.2) ตำแหน่งที่ติดตั้ง ต้องอยู่บริเวณทางออก ทางหนีไฟ ที่สามารถมองเห็นได้ชัดเจน

7.3) ระดับติดตั้ง ง่ายกับการกดแจ้งเหตุ (สูงจากพื้น 1.1-1.5 เมตร)

7.4) กรณีระบบมากกว่า 5 โซน ควรมีแจ็คโทรศัพท์เพื่อใช้ติดต่อระหว่างเจ้าหน้าที่บริเวณที่เกิดเหตุกับห้องควบคุมของอาคาร เพื่อรายงานสถานการณ์และสั่งให้เปิดสวิทซ์ General Alarm ให้กระดิ่งดังทุกโซน การกำหนดตำแหน่งอุปกรณ์แจ้งสัญญาณอุปกรณ์แจ้งสัญญาณมีหลายชนิด ได้แก่

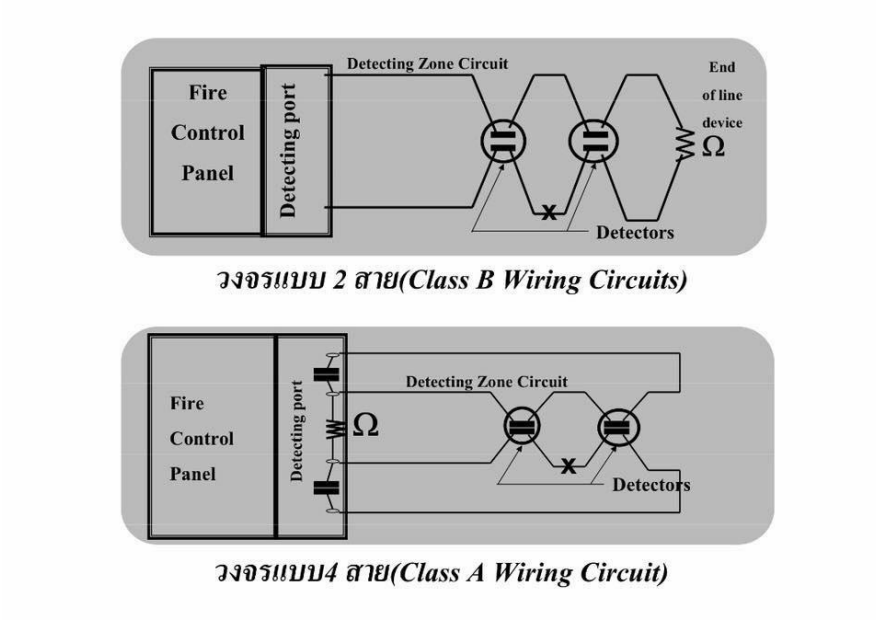
กระดิ่ง ไซเรน ไฟสัญญาณกระพริบ โดยทั่วไปเราจะนิยมติดตั้ง กระดิ่งไว้บริเวณใกล้เคียง หรือที่เดียวกับ Manual Station ในระดับหูหรือเหนือศีรษะ เราจะมีกระดิ่งอย่าง น้อย 1 ตัว ต่อโซนหรือเพียงพอเพื่อให้คนที่อยู่เขตพื้นที่โซนนั้นได้ยินเสียงชัดเจนทุกคน (รัศมีความดังระดับที่ พอเพียงของกระดิ่งขนาด 6 นิ้ว จะไม่เกิน 25เมตร) ส่วนไซเรนเราจะติดตั้ง ไวใต้ชายคาด้านนอก เพื่อแจ้งเหตุ ให้บุคคลที่อยู่นอกอาคารได้รับทราบว่า มีเหตุผิดปกติ โดยเราจะกำหนด ให้ไซเรนดังทันทีทุกครั้ง ที่เกิดเหตุก่อน จากนั้นจึงจะรอการตัดสินใจว่าจะให้โซนอื่นๆดังตามหรือไม่ตำแหน่งการติดตั้ง ตู้ควบคุม (Fire Alarm Control Panel) เราจะติดตั้ง ตู้ควบคุม (FACP) ไว้บริเวณที่มีเจ้าหน้าที่รักษาความปลอดภัย หรือช่างควบคุมระบบอาคาร หรือห้องเจ้าหน้าที่รักษาความปลอดภัยจากที่กล่าวมาข้างต้น จะเห็นได้ว่าระบบสัญญาณเตือนอัคคีภัยเป็นสิ่งจำเป็นที่ผู้ใช้ตระหนักถึงความปลอดภัยจะต้องคำนึงถึงและเลือกใช้ให้เหมาะสม

2.1.14.7 ตู้ควบคุม (Fire Alarm Control Panel: FACP)

แบ่งได้ 2 แบบคือ

(1) แบบ Hard Wire (Conventional) จะต่อโซนอุปกรณ์ตรวจจับ และโซนอุปกรณ์แจ้งสัญญาณเตือน บนบอร์ดแผงควบคุมภายในตู้ควบคุมระบบ(จำนวนโซนแล้วแต่รุ่น) , การเดินสายรับ - ส่งข้อมูลทุกโซนของอุปกรณ์ตรวจจับ และอุปกรณ์แจ้งเตือนจะรวมไว้ที่ตู้ควบคุมระบบ , การแสดงตำแหน่งตรวจจับเป็นแบบ Group Zone เหมาะสาหรับพื้นที่ขนาดเล็กที่มีการออกแบบแบ่งโซนไม่เกิน 10 โซน , ใช้มาตรฐาน UL , FM , ULC

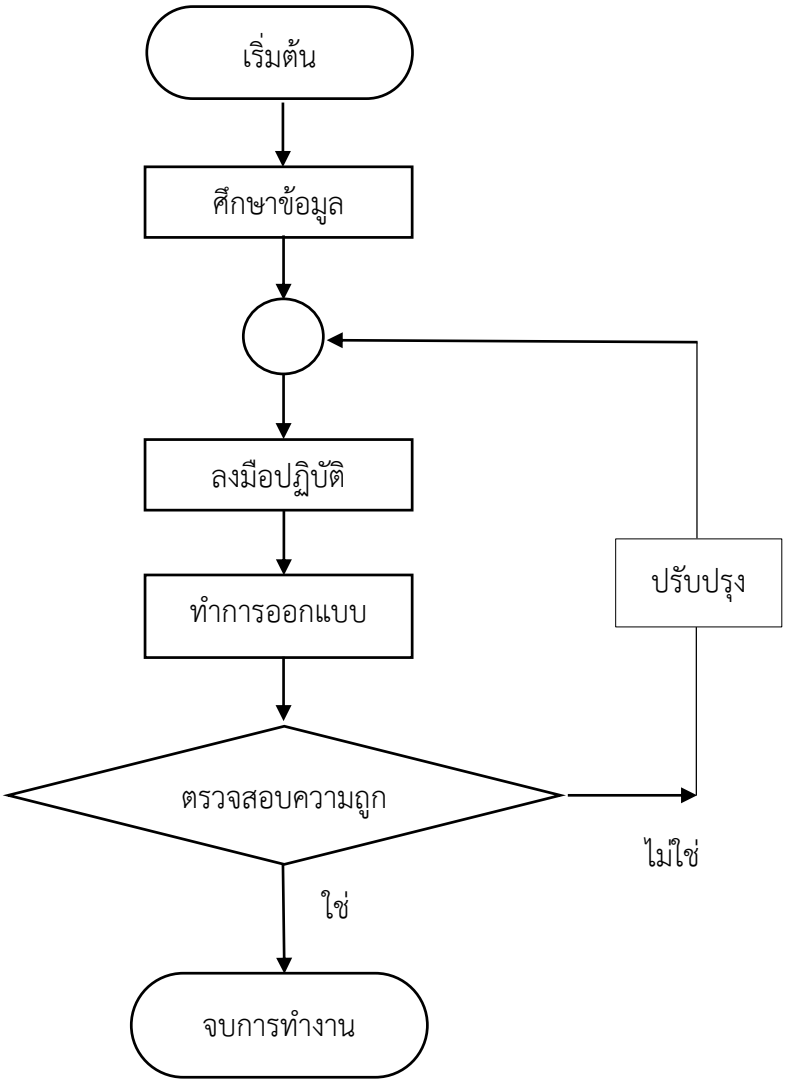
(2) แบบ Multiplex (Addressable) จะต่อโซนอุปกรณ์ตรวจจับ และโซนอุปกรณ์แจ้งสัญญาณเตือน โดยใช้ Addressable Module, การเดินสายรับ – ส่งข้อมูลจะเดินจากตู้ควบคุมระบบ 2 สายไปหาโมดูลระบุตำแหน่ง แต่ละจุดที่กำหนดไว้ และจากโมดูลระบุตำแหน่ง จึงจะเดินสายไปต่อกับทุกโซนของอุปกรณ์ตรวจจับ และอุปกรณ์แจ้งเตือน, การแสดงตำแหน่งตรวจจับเป็นแบบ จุด(Point) หรือระบุตำแหน่ง(Addressable) เหมาะสาหรับพื้นที่ขนาดใหญ่ที่มีการออกแบบแบ่งโซนตั้งแต่ 11 – 1,000 โซน และสามารถทางานร่วมกับอุปกรณ์ภายนอกอื่นๆได้เช่น ควบคุมลิฟต์, ควบคุมมอเตอร์, ควบคุมการเข้า – ออกประตู(Access Control) ได้ เป็นต้น



รูปที่ 2.90 วงจร Fire Alarm System แบบ Hard wire
ที่มา: มาตรฐานระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้

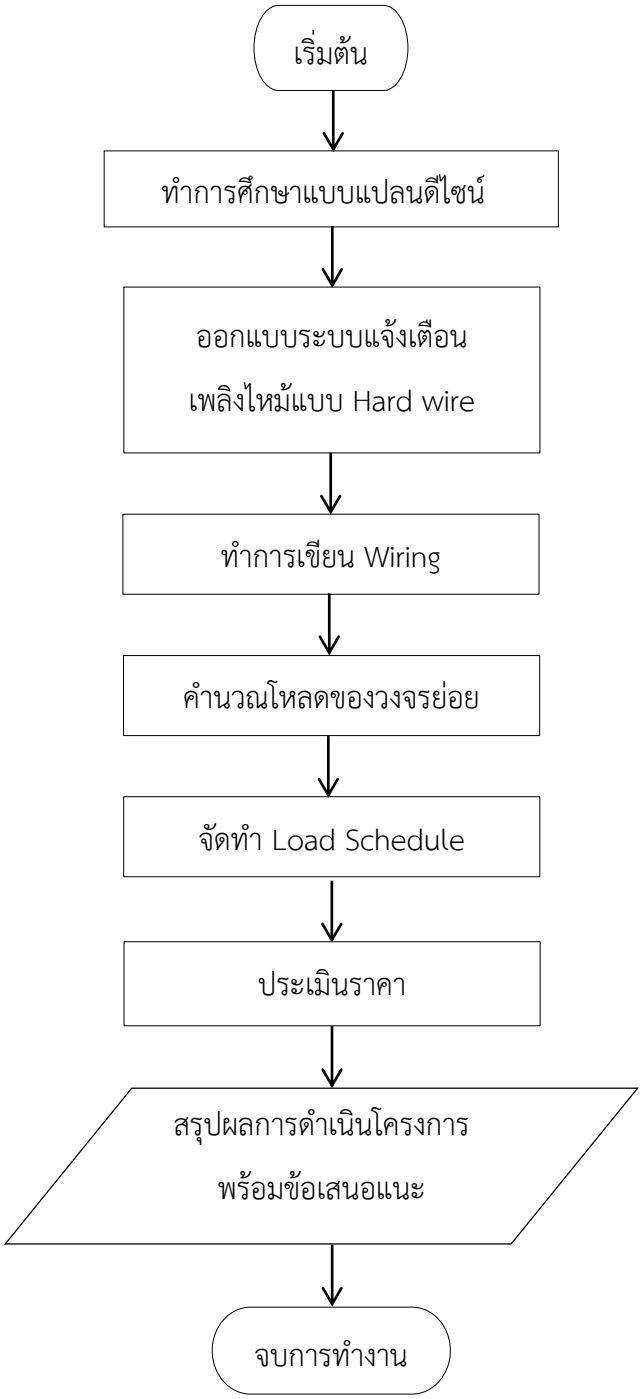
บทที่ 3
วิธีการดำเนินงาน

3.1 แผนการดำเนินงาน



รูปที่ 3.1 แผนการดำเนินการ

3.2 ขั้นตอนการออกแบบ



รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการออกแบบ

ตารางที่ 3.1 แผนผังระยะเวลาการดำเนินการ

ขั้นตอน	ระยะเวลา (เดือน)									
	ส.ค. 2559	ก.ย. 2559	ต.ค. 2559	พ.ย. 2559	ธ.ค. 2559	ม.ค. 2559	ก.พ. 2559	มี.ค. 2560	เม.ย. 2560	พ.ค. 2560
ศึกษาข้อมูล										
ทำความเข้าใจแบบแปลนดีไซน์										
ออกแบบระบบแสงสว่าง										
ออกแบบระบบไฟฟ้า										
จัดวางตำแหน่งของโคมเต้ารับ										
คำนวณโหลดของวงจรย่อยและจัดทำตารางโหลด										
วิเคราะห์และสรุปผล										

บทที่ 4
ผลการทดลอง

4.1 ระบบไฟฟ้า

4.1.1 สูตรที่ใช้ในการคำนวณ

สูตรที่ใช้ในการคำนวณหากระแสไฟฟ้าในระบบไฟฟ้า 1 เฟส

$$I = \frac{S}{V} \tag{4.1}$$

สูตรที่ใช้ในการคำนวณหากระแสไฟฟ้าในระบบไฟฟ้า 3 เฟส

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \times V} \tag{4.2}$$

สูตรที่ใช้ในการคำนวณกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ

$$S = \frac{BTU}{EER \times power\ factor} \tag{4.3}$$

สูตรการแปลงค่า SEER เป็น EER ของเครื่องปรับอากาศระบบอินเวอร์เตอร์

$$EER = \left(-0.02 \times SEER^2\right) + \left(1.12 \times SEER\right) \tag{4.4}$$

สูตรที่ใช้ในการคำนวณหาโหลดของเครื่องใช้ไฟฟ้า

$$s = \frac{watt}{power\ factor} \tag{4.5}$$

โดยที่ S คือ กำลังไฟฟ้าปรากฏ (VA)

V คือ แรงดันไฟฟ้า (V)

I คือ กระแสไฟฟ้า (A)

BTU คือ ขนาดทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ (Btu/h)

EER คือ ประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ (Btu/h/W)

SEER คือ ค่าที่ใช้วัดประสิทธิภาพในการใช้พลังงานตามฤดูกาลของเครื่องปรับอากาศ

PF คือ ตัวประกอบกำลัง

Watt คือ หน่วยวัดกำลังไฟฟ้าที่เป็นตัวบอกพลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์หรือเครื่องใช้ไฟฟ้า

4.1.2 โหลดห้องพัก

4.1.2.1 การคำนวณโหลดวงจรย่อยของห้อง Type-A

- วงจรย่อยที่ 1 คำนวณโหลดวงจรย่อยแสงสว่าง โดยใช้หลอดไฟ E27 LED ขนาด 7 วัตต์ จำนวน 7 ดวง

ดังนั้น จำนวนวัตต์ทั้งหมด คือ 7 (วัตต์) x 7(ดวง) = 49 วัตต์

และปริมาณโหลดทั้งหมด คือ $S = \frac{watt}{power\ factor}$

$$S = \frac{49\,watt}{0.9}$$

ดังนั้น $$S = 55VA$$

นำไปรวมกับโหลดของพัดลมดูดอากาศซึ่งมีค่า 19 VA

จะได้ ปริมาณโหลด คือ $S = 74VA$

กระแสโหลด คือ $I = \frac{S}{V}$

$$I = \frac{74}{220}$$

คิดเผื่อกกระแส 25% จะได้ $I = 0.33A$

$$I = 0.33 \times 1.25$$

$$I = 0.4A$$

ดังนั้น เลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 16AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC-01 ขนาด 2x2.5 mm²

ตัวนำสายดิน ขนาด G - 2.5 mm²

ท่อชนิด EMT ขนาด 15 mm (1/2")

- วงจรย่อยที่ 2 ประกอบด้วยเต้ารับ 5 จุด กำลังไฟฟ้าจุดละ 180 VA

ดังนั้น ปริมาณโหลด คือ $S = 5 \times 180 = 900VA$

กระแสเต้ารับ คือ $I = \frac{S}{V}$

$I = \frac{900}{220}$

จะได้ $I = 4.1A$

คิดเผื่อกระแส 25% จะได้ $I = 4.1 \times 1.25$

$I = 5.12A$

ดังนั้น เลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 16AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC-01 ขนาด 2x2.5 mm²

ตัวนำสายดิน ขนาด G - 2.5 mm²

ท่อชนิด EMT ขนาด 15 mm (1/2")

- วงจรย่อยที่ 3 ประกอบด้วยเต้ารับ 3 จุด กำลังไฟฟ้าจุดละ 180 VA

ดังนั้น ปริมาณโหลด คือ $S = 3 \times 180 = 540VA$

กระแสเต้ารับ คือ $I = \frac{S}{V}$

$I = \frac{540}{220}$

จะได้ $I = 2.4A$

คิดเผื่อกระแส 25% จะได้ $I = 2.4 \times 1.25$

$I = 3A$

ดังนั้น เลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 16AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC-01 ขนาด 2x2.5 mm²

ตัวนำสายดิน ขนาด G - 2.5 mm²

ท่อชนิด EMT ขนาด 15 mm (1/2")

- วงจรย่อยที่ 4 คำนวณโหลดวงจรย่อยเครื่องปรับอากาศ ห้องนอนมีพื้นที่ 7.2993 ตารางเมตร คำนวณหาขนาดเครื่องปรับอากาศ ได้จาก

BTU = พื้นที่ห้อง (ตารางเมตร) x 900

ดังนั้น จะได้ขนาดเครื่องปรับอากาศคือ $BTU = 7.2993 \times 900 = 6,569 BTU$

เลือกใช้ เครื่องปรับอากาศขนาด 9,212 BTU เลือกใช้เครื่องปรับอากาศ Mitsubishi รุ่น Super Inverter มีค่า SEER เท่ากับ 21.59 (BTU/h/W)

แปลงค่า SEER เป็นค่า EER

โดย $$EER = \left(-0.02 \times SEER^2\right) + (1.12 \times SEER)$$

ดังนั้น $$EER = \left(-0.02 \times 21.59^2\right) + \left(1.12 \times 21.59\right)$$

จะได้ $$EER = 14.8583 BTU/h/w$$

คำนวณหาปริมาณโหลด คือ $$S = \frac{BTU}{EER \times power\ factor}$$

จะได้ $$S = \frac{9,212}{14.8583 \times 0.6}$$

$$S = 1,034 VA$$

กระแสโหลด คือ $$I = \frac{S}{V}$$

$$I = \frac{1,034}{220}$$

$$I = 4.7 A$$

คิดเผื่อกระแส 25% จะได้ $$I = 4.7 \times 1.25$$

$$I = 5.87 A$$

พิกัดปรับตั้ง Circuit Breaker $$I = 2 \times 5.87 = 11.74 A$$

ดังนั้น เลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 16AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC-01 ขนาด 2x2.5 mm^2

ตัวนำสายดิน ขนาด G – 2.5 mm^2

ท่อชนิด EMT ขนาด 15 mm (1/2”)

- วงจรย่อยที่ 5 คำนวณโหลดวงจรย่อยเครื่องปรับอากาศ ห้องนั่งเล่นมีพื้นที่ 9.1696 ตารางเมตร คำนวณหาขนาดเครื่องปรับอากาศ ได้จาก

BTU = พื้นที่ห้อง (ตารางเมตร) x 900

ดังนั้น จะได้ขนาดเครื่องปรับอากาศคือ $BTU = 9.1696 \times 900 = 8,252 BTU$

เลือกใช้ เครื่องปรับอากาศขนาด 9,212 BTU เลือกใช้เครื่องปรับอากาศ Mitsubishi รุ่น Super Inverter มีค่า SEER เท่ากับ 21.59 (BTU/h/W)

แปลงค่า SEER เป็นค่า EER

โดย $$EER = \left(-0.02 \times SEER^2\right) + (1.12 \times SEER)$$

ดังนั้น $$EER = \left(-0.02 \times 21.59^2\right) + \left(1.12 \times 21.59\right)$$

จะได้ $$EER = 14.8583 BTU/h/w$$

คำนวณหาปริมาณโหลด คือ $$S = \frac{BTU}{EER \times power\ factor}$$

จะได้ $$S = \frac{9,212}{14.8583 \times 0.6}$$

$$S = 1,034 VA$$

กระแสโหลด คือ $$I = \frac{S}{V}$$

$$I = \frac{1,034}{220}$$

$$I = 4.7 A$$

คิดเผื่อกระแส 25% จะได้ $$I = 4.7 \times 1.25$$

$$I = 5.87 A$$

พิกัดปรับตั้ง Circuit Breaker $$I = 2 \times 5.87 = 11.74 A$$

ดังนั้น เลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 16AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC-01 ขนาด 2x2.5 mm^2

ตัวนำสายดิน ขนาด G – 2.5 mm^2

ท่อชนิด EMT ขนาด 15 mm (1/2”)

- วงจรย่อยที่ 6 คำนวณโหลดวงจรย่อยเครื่องทำน้ำอุ่น ขนาด 4,000 วัตต์

ปริมาณโหลด $S = \frac{watt}{power\ factor}$

$S = \frac{4,000}{1}$

$S = 4,000VA$

กระแสโหลด $I = \frac{S}{V}$

$I = \frac{4,000}{220}$

$I = 18.18A$

คิดเผื่อกระแส 25% จะได้ $I = 18.18 \times 1.25$

$I = 22.72A$

ดังนั้น เลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 25AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC-01 ขนาด 2x6 mm²

ตัวนำสายดิน ขนาด G - 4 mm²

ท่อชนิด EMT ขนาด 15 mm (1/2”)

- วงจรย่อยที่ 8 คำนวณโหลดวงจรย่อยเครื่องดูดควัน (Hood) กำลังไฟฟ้าสูงสุด 258 วัตต์

ปริมาณโหลด $S = \frac{258\,watt}{0.6}$

$S = 430VA$

กระแสโหลด $I = \frac{S}{V}$

$I = \frac{430}{220} = 1.95A$

คิดเผื่อกระแส 25% จะได้ $I = 1.95 \times 1.25 = 2.43A$

ดังนั้น เลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 16AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC-01 ขนาด 2x2.5 mm²

ตัวนำสายดิน ขนาด G - 2.5 mm²

ท่อชนิด EMT ขนาด 15 mm (1/2”)

- วงจรย่อยที่ 7 คำนวณโหลดวงจรย่อยเตาประกอบอาหาร (Hob) กำลังไฟฟ้าสูงสุด 3500 วัตต์

ปริมาณโหลด $S = \frac{3,500\,watt}{1}$

$S = 3,500VA$

กระแสโหลด $I = \frac{S}{V}$

$I = \frac{3,500}{220} = 15.91A$

คิดเผื่อกระแส 25% จะได้ $I = 15.91 \times 1.25 = 19.88A$

ดังนั้น เลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 20AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC-01 ขนาด 2x2.5 mm²

ตัวนำสายดิน ขนาด G - 2.5 mm²

ท่อชนิด EMT ขนาด 15 mm (1/2")

4.1.2.2 การคำนวณโหลดวงจรย่อยของห้อง Type-B

- วงจรย่อยที่ 1 คำนวณโหลดวงจรย่อยแสงสว่าง โดยใช้หลอดไฟ E27 LED ขนาด 7 วัตต์ จำนวน 13 ดวง

ดังนั้น จำนวนวัตต์ทั้งหมด คือ 7 (วัตต์) x 13 (ดวง) = 91 วัตต์

และปริมาณโหลดทั้งหมด คือ $S = \frac{watt}{power\ factor}$

$S = \frac{91\,watt}{0.9}$

ดังนั้น $S = 102VA$

นำไปรวมกับโหลดของพัดลมดูดอากาศซึ่งมีค่า 19 VA

จะได้ ปริมาณโหลด คือ $S = 121VA$

กระแสโหลด คือ $I = \frac{S}{V}$

$I = \frac{121}{220}$

คิดเผื่อกระแส 25% จะได้ $I = 0.55A$

$I = 0.55 \times 1.25$

$I = 0.68A$

ดังนั้น เลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 16AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC-01 ขนาด 2x2.5 mm²

ตัวนำสายดิน ขนาด G - 2.5 mm²

ท่อชนิด EMT ขนาด 15 mm (1/2")

- วงจรย่อยที่ 2 ประกอบด้วยเต้ารับ 5 จุด กำลังไฟฟ้าจุดละ 180 VA

ดังนั้น ปริมาณโหลด คือ $S = 5 \times 180 = 900VA$

กระแสเต้ารับ คือ $I = \frac{S}{V}$

$$I = \frac{900}{220}$$

จะได้ $I = 4.1A$

คิดเผื่อกระแส 25% จะได้ $I = 4.1 \times 1.25$

$$I = 5.12A$$

ดังนั้น เลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 16AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC-01 ขนาด 2x2.5 mm²

ตัวนำสายดิน ขนาด G - 2.5 mm²

ท่อชนิด EMT ขนาด 15 mm (1/2")

- วงจรย่อยที่ 3 ประกอบด้วยเต้ารับ 3 จุด กำลังไฟฟ้าจุดละ 180 VA

ดังนั้น ปริมาณโหลด คือ $S = 3 \times 180 = 540VA$

กระแสเต้ารับ คือ $I = \frac{S}{V}$

$$I = \frac{540}{220}$$

จะได้ $I = 2.4A$

คิดเผื่อกระแส 25% จะได้ $I = 2.4 \times 1.25$

$$I = 3A$$

ดังนั้น เลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 16AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC-01 ขนาด 2x2.5 mm²

ตัวนำสายดิน ขนาด G - 2.5 mm²

ท่อชนิด EMT ขนาด 15 mm (1/2")

- วงจรย่อยที่ 4 คำนวณโหลดวงจรย่อยเครื่องปรับอากาศ ห้องนอนมีพื้นที่ 8.8708 ตารางเมตร คำนวณหาขนาดเครื่องปรับอากาศ ได้จาก

BTU = พื้นที่ห้อง (ตารางเมตร) x 900

ดังนั้น จะได้ขนาดเครื่องปรับอากาศคือ $BTU = 8.8708 \times 900 = 7,983 BTU$

เลือกใช้ เครื่องปรับอากาศขนาด 9,212 BTU เลือกใช้เครื่องปรับอากาศ Mitsubishi รุ่น Super Inverter มีค่า SEER เท่ากับ 21.59 (BTU/h/W)

แปลงค่า SEER เป็นค่า EER

โดย $$EER = \left(-0.02 \times SEER^2\right) + (1.12 \times SEER)$$

ดังนั้น $$EER = \left(-0.02 \times 21.59^2\right) + \left(1.12 \times 21.59\right)$$

จะได้ $$EER = 14.8583 BTU/h/w$$

คำนวณหาปริมาณโหลด คือ $$S = \frac{BTU}{EER \times power\ factor}$$

จะได้ $$S = \frac{9,212}{14.8583 \times 0.6}$$

$$S = 1,034 VA$$

กระแสโหลด คือ $$I = \frac{S}{V}$$

$$I = \frac{1,034}{220}$$

$$I = 4.7 A$$

คิดเผื่อกระแส 25% จะได้ $$I = 4.7 \times 1.25$$

$$I = 5.87 A$$

พิกัดปรับตั้ง Circuit Breaker $$I = 2 \times 5.87 = 11.74 A$$

ดังนั้น

เลือกใช้ Circuit Breaker	ขนาด 16AT
ตัวนำสายไฟฟ้า IEC-01	ขนาด 2x2.5 mm^2
ตัวนำสายดิน	ขนาด G – 2.5 mm^2
ท่อชนิด EMT	ขนาด 15 mm (1/2”)

- วงจรย่อยที่ 5 คำนวณโหลดวงจรย่อยเครื่องปรับอากาศ ห้องนั่งเล่นมีพื้นที่ 11.8605 ตารางเมตร คำนวณหาขนาดเครื่องปรับอากาศ ได้จาก

BTU = พื้นที่ห้อง (ตารางเมตร) x 900

ดังนั้น จะได้ขนาดเครื่องปรับอากาศคือ $BTU = 11.8605 \times 900 = 10,674 BTU$

เลือกใช้ เครื่องปรับอากาศขนาด12,642 BTU เลือกใช้เครื่องปรับอากาศ Mitsubishi รุ่น Super Inverter มีค่า SEER เท่ากับ 21.70 (BTU/h/W)

แปลงค่า SEER เป็นค่า EER

โดย $EER = \left(-0.02 \times SEER^2\right) + (1.12 \times SEER)$

ดังนั้น $EER = \left(-0.02 \times 21.70^2\right) + \left(1.12 \times 21.70\right)$

จะได้ $EER = 14.8862 BTU/h/w$

คำนวณหาปริมาณโหลด คือ $S = \frac{BTU}{EER \times power\ factor}$

จะได้ $S = \frac{12,624}{14.8862 \times 0.6}$

$S = 1,414 VA$

กระแสโหลด คือ $I = \frac{S}{V}$

$I = \frac{1,414}{220}$

$I = 6.42 A$

คิดเผื่อกระแส 25% จะได้ $I = 6.42 \times 1.25$

$I = 8.02 A$

พิกัดปรับตั้ง Circuit Breaker $I = 2 \times 8.02 = 16.04 A$

ดังนั้น เลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 20AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC-01 ขนาด 2x2.5 mm^2

ตัวนำสายดิน ขนาด G – 2.5 mm^2

ท่อชนิด EMT ขนาด 15 mm (1/2”)

- วงจรย่อยที่ 6 คำนวณโหลดวงจรย่อยเครื่องทำน้ำอุ่น ขนาด 4,000 วัตต์

ปริมาณโหลด $S = \frac{watt}{power\ factor}$ $S = \frac{258\,watt}{0.6}$

$$S = \frac{4,000}{1}$$

$$S = 4,000VA$$

กระแสโหลด $I = \frac{S}{V}$

$$I = \frac{4,000}{220}$$

$$I = 18.18A$$

คิดเผื่อกระแส 25% จะได้ $I = 18.18 \times 1.25$

$$I = 22.72A$$

ดังนั้น เลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 25AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC-01 ขนาด 2x6 mm²

ตัวนำสายดิน ขนาด G - 4 mm²

ท่อชนิด EMT ขนาด 15 mm (1/2”)

- วงจรย่อยที่ 8 คำนวณโหลดวงจรย่อยเครื่องดูดควัน (Hood) กำลังไฟฟ้าสูงสุด 258 วัตต์

ปริมาณโหลด $S = \frac{258\,watt}{0.6}$

$$S = 430VA$$

กระแสโหลด $I = \frac{S}{V}$

$$I = \frac{430}{220} = 1.95A$$

คิดเผื่อกระแส 25% จะได้ $I = 1.95 \times 1.25 = 2.43A$

ดังนั้น เลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 16AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC-01 ขนาด 2x2.5 mm²

ตัวนำสายดิน ขนาด G - 2.5 mm²

ท่อชนิด EMT ขนาด 15 mm (1/2”)

- วงจรย่อยที่ 7 คำนวณโหลดวงจรย่อยเตาประกอบอาหาร (Hob) กำลังไฟฟ้าสูงสุด 3500 วัตต์

ปริมาณโหลด $S=\frac{3,500\,watt}{1}$

$S=3,500VA$

กระแสโหลด $I=\frac{S}{V}$

$I=\frac{3,500}{220}=15.91A$

คิดเผื่อกระแส 25% จะได้ $I=15.91\times1.25=19.88A$

ดังนั้น เลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 20AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC-01 ขนาด 2x2.5 mm²

ตัวนำสายดิน ขนาด G - 2.5 mm²

ท่อชนิด EMT ขนาด 15 mm (1/2")

หมายเหตุ : ห้องพัก Type C มีขนาดและชนิดโหลดเท่ากันกับ ห้องพัก Type B

4.1.2.3 การคำนวณโหลดวงจรย่อยของห้อง Duplex 1

- วงจรย่อยที่ 1 คำนวณโหลดวงจรย่อยแสงสว่าง โดยใช้หลอดไฟ E27 LED ขนาด 7 วัตต์ จำนวน 16 ดวง

ดังนั้น จำนวนวัตต์ทั้งหมด คือ 7 (วัตต์) x 16 (ดวง) 112 วัตต์

และปริมาณโหลดทั้งหมด คือ $S=\frac{watt}{power\ factor}$

$S=\frac{112\,watt}{0.9}$

ดังนั้น $S=125VA$

นำไปรวมกับโหลดของพัดลมดูดอากาศซึ่งมีค่า 19 VA

จะได้ ปริมาณโหลด คือ $S=144VA$

กระแสโหลด คือ $I=\frac{S}{V}$

$I=\frac{144}{220}$

คิดเผื่อกระแส 25% จะได้ $I=0.65A$

$I=0.65\times1.25$

$I=0.81A$

ดังนั้น เลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 16AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC-01 ขนาด 2x2.5 mm²

ตัวนำสายดิน ขนาด G - 2.5 mm²

ท่อชนิด EMT ขนาด 15 mm (1/2")

- วงจรย่อยที่ 2 ประกอบด้วยเต้ารับ 3 จุด กำลังไฟฟ้าจุดละ 180 VA

ดังนั้น ปริมาณโหลด คือ $S = 3\times180 = 900VA$

กระแสเต้ารับ คือ $I = \frac{S}{V}$

$$I = \frac{540}{220}$$

จะได้ $I = 2.4A$

คิดเผื่อกระแส 25% จะได้ $I = 2.4\times1.25$

$$I = 3A$$

ดังนั้น เลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 16AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC-01 ขนาด 2x2.5 mm²

ตัวนำสายดิน ขนาด G - 2.5 mm²

ท่อชนิด EMT ขนาด 15 mm (1/2")

- วงจรย่อยที่ 3 ประกอบด้วยเต้ารับ 3 จุด กำลังไฟฟ้าจุดละ 180 VA

ดังนั้น ปริมาณโหลด คือ $S = 3\times180 = 540VA$

กระแสเต้ารับ คือ $I = \frac{S}{V}$

$$I = \frac{540}{220}$$

จะได้ $I = 2.4A$

คิดเผื่อกระแส 25% จะได้ $I = 2.4\times1.25$

$$I = 3A$$

ดังนั้น เลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 16AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC-01 ขนาด 2x2.5 mm²

ตัวนำสายดิน ขนาด G - 2.5 mm²

ท่อชนิด EMT ขนาด 15 mm (1/2")

- วงจรย่อยที่ 4 ประกอบด้วยเต้ารับ 4 จุด กำลังไฟฟ้าจุดละ 180 VA

ดังนั้น ปริมาณโหลด คือ $S = 4 \times 180 = 720VA$

กระแสเต้ารับ คือ $I = \frac{S}{V}$

$$I = \frac{720}{220}$$

จะได้ $I = 3.27A$

คิดเผื่อกระแส 25% จะได้ $I = 3.27 \times 1.25$

$$I = 4.08A$$

ดังนั้น เลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 16AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC-01 ขนาด 2x2.5 mm²

ตัวนำสายดิน ขนาด G - 2.5 mm²

ท่อชนิด EMT ขนาด 15 mm (1/2")

- วงจรย่อยที่ 5 คำนวณโหลดวงจรย่อยเครื่องปรับอากาศ ห้องนอนมีพื้นที่ 15.9915 ตารางเมตร คำนวณหาขนาดเครื่องปรับอากาศ ได้จาก

BTU = พื้นที่ห้อง (ตารางเมตร) x 900

ดังนั้น จะได้ขนาดเครื่องปรับอากาศคือ $BTU = 15.9915 \times 900 = 14,392BTU$

เลือกใช้ เครื่องปรับอากาศขนาด 17.742 BTU เลือกใช้เครื่องปรับอากาศ Mitsubishi รุ่น Super Inverter มีค่า SEER เท่ากับ 21.11 (BTU/h/W)

แปลงค่า SEER เป็นค่า EER

โดย $EER = \left(-0.02 \times SEER^2\right) + (1.12 \times SEER)$

ดังนั้น $EER = \left(-0.02 \times 21.11^2\right) + \left(1.12 \times 21.11\right)$

จะได้ $EER = 14.7306\,BTU/h/w$

คำนวณหาปริมาณโหลด คือ $S = \frac{BTU}{EER \times power\ factor}$

จะได้ $S = \frac{17,742}{14.7306 \times 0.6}$

$$S = 2,008VA$$

กระแสโหลด คือ $I = \frac{S}{V}$

$$I = \frac{2,008}{220}$$

$$I = 9.1A$$

คิดเผื่อกระแส 25% จะได้ $I = 9.1 \times 1.25$

$$I = 11.37A$$

พิกัดปรับตั้ง Circuit Breaker $I = 2 \times 11.37 = 22.75A$

ดังนั้น เลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 25AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC-01 ขนาด 2x4 mm²

ตัวนำสายดิน ขนาด G - 4 mm²

ท่อชนิด EMT ขนาด 15 mm (1/2”)

- วงจรย่อยที่ 6 คำนวณโหลดวงจรย่อยเครื่องปรับอากาศ ห้องนั่งเล่นมีพื้นที่ 14.8183 ตารางเมตร คำนวณหาขนาดเครื่องปรับอากาศ ได้จาก

BTU = พื้นที่ห้อง (ตารางเมตร) x 900

ดังนั้น จะได้ขนาดเครื่องปรับอากาศคือ $BTU = 14.8183 \times 900 = 13,336BTU$

เลือกใช้ เครื่องปรับอากาศขนาด14,330 BTU เลือกใช้เครื่องปรับอากาศ Mitsubishi รุ่น Super Inverter มีค่า SEER เท่ากับ 19.69 (BTU/h/W)

แปลงค่า SEER เป็นค่า EER

โดย $EER = \left(-0.02 \times SEER^2\right) + (1.12 \times SEER)$

ดังนั้น $EER = \left(-0.02 \times 19.69^2\right) + \left(1.12 \times 19.69\right)$

จะได้ $EER = 14.2989BTU/h/w$

คำนวณหาปริมาณโหลด คือ $S = \frac{BTU}{EER \times power\ factor}$

จะได้ $S = \frac{14,330}{14.2989 \times 0.6}$

$S = 1,671VA$

กระแสโหลด คือ $I = \frac{S}{V}$

$I = \frac{1,671}{220}$

$I = 7.6A$

คิดเผื่อกระแส 25% จะได้ $I = 7.6 \times 1.25$

$I = 9.5A$

พิกัดปรับตั้ง Circuit Breaker $I = 2 \times 9.5 = 19A$

ดังนั้น เลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 20AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC-01 ขนาด 2x2.5 mm²

ตัวนำสายดิน ขนาด G – 2.5 mm²

ท่อชนิด EMT ขนาด 15 mm (1/2”)

- วงจรย่อยที่ 7 คำนวณโหลดวงจรย่อยเครื่องทำน้ำอุ่น ขนาด 4,000 วัตต์

ปริมาณโหลด $S = \frac{watt}{power\ factor}$ $S = \frac{258\,watt}{0.6}$

$S = \frac{4,000}{1}$

$S = 4,000VA$

กระแสโหลด $I = \frac{S}{V}$

$I = \frac{4,000}{220}$

$I = 18.18A$

คิดเผื่อกระแส 25% จะได้ $I = 18.18 \times 1.25$

$I = 22.72A$

ดังนั้น เลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 25AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC-01 ขนาด 2x6 mm²

ตัวนำสายดิน ขนาด G - 4 mm²

ท่อชนิด EMT ขนาด 15 mm (1/2”)

- วงจรย่อยที่ 9 คำนวณโหลดวงจรย่อยเครื่องดูดควัน (Hood) กำลังไฟฟ้าสูงสุด 258 วัตต์

ปริมาณโหลด $S = \frac{258\,watt}{0.6}$

$S = 430VA$

กระแสโหลด $I = \frac{S}{V}$

$I = \frac{430}{220} = 1.95A$

คิดเผื่อกระแส 25% จะได้ $I = 1.95 \times 1.25 = 2.43A$

ดังนั้น เลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 16AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC-01 ขนาด 2x2.5 mm²

ตัวนำสายดิน ขนาด G - 2.5 mm²

ท่อชนิด EMT ขนาด 15 mm (1/2")

- วงจรย่อยที่ 8 คำนวณโหลดวงจรย่อยเตาประกอบอาหาร (Hob) กำลังไฟฟ้าสูงสุด 3500 วัตต์

ปริมาณโหลด $S = \frac{3,500\,watt}{1}$

$S = 3,500VA$

กระแสโหลด $I = \frac{S}{V}$

$I = \frac{3,500}{220} = 15.91A$

คิดเผื่อกระแส 25% จะได้ $I = 15.91 \times 1.25 = 19.88A$

ดังนั้น เลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 20AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC-01 ขนาด 2x2.5 mm²

ตัวนำสายดิน ขนาด G - 2.5 mm²

ท่อชนิด EMT ขนาด 15 mm (1/2")

4.1.2.4 การคำนวณโหลดวงจรย่อยของห้อง Duplex 3

- วงจรย่อยที่ 1 คำนวณโหลดวงจรย่อยแสงสว่าง โดยใช้หลอดไฟ E27 LED ขนาด 7 วัตต์ จำนวน 21 ดวง

ดังนั้น จำนวนวัตต์ทั้งหมด คือ 7 (วัตต์) x 21 (ดวง) 147 วัตต์

ปริมาณโหลดทั้งหมด คือ $S = \frac{watt}{power\ factor}$

$$S = \frac{147\,watt}{0.9}$$

ดังนั้น $$S = 164VA$$

นำไปรวมกับโหลดของพัดลมดูดอากาศซึ่งมีค่า 19 VA

จะได้ ปริมาณโหลด คือ $S = 183VA$

กระแสโหลด คือ $I = \frac{S}{V}$

$$I = \frac{183}{220}$$

คิดเผื่อกกระแส 25% จะได้ $$I = 0.83A$$

$$I = 0.83 \times 1.25$$

$$I = 1.03A$$

ดังนั้น เลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 16AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC-01 ขนาด 2x2.5 mm²

ตัวนำสายดิน ขนาด G - 2.5 mm²

ท่อชนิด EMT ขนาด 15 mm (1/2”)

- วงจรย่อยที่ 2 ประกอบด้วยเต้ารับ 5 จุด กำลังไฟฟ้าจุดละ 180 VA

ดังนั้น ปริมาณโหลด คือ $S = 5 \times 180 = 900VA$

กระแสเต้ารับ คือ $I = \frac{S}{V}$

$$I = \frac{900}{220}$$

จะได้ $$I = 4.1A$$

คิดเผื่อกระแส 25% จะได้ $$I = 4.1 \times 1.25$$

$$I = 5.12A$$

ดังนั้น เลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 16AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC-01 ขนาด 2x2.5 mm²

ตัวนำสายดิน ขนาด G - 2.5 mm²

ท่อชนิด EMT ขนาด 15 mm (1/2”)

- วงจรย่อยที่ 3 ประกอบด้วยเต้ารับ 4 จุด กำลังไฟฟ้าจุดละ 180 VA

ดังนั้น ปริมาณโหลด คือ $S = 4 \times 180 = 720VA$

กระแสเต้ารับ คือ $I = \frac{S}{V}$

$$I = \frac{720}{220}$$

จะได้ $I = 3.27A$

คิดเผื่อกระแส 25% จะได้ $I = 3.27 \times 1.25$

$$I = 4.08A$$

ดังนั้น เลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 16AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC-01 ขนาด 2x2.5 mm²

ตัวนำสายดิน ขนาด G - 2.5 mm²

ท่อชนิด EMT ขนาด 15 mm (1/2")

- วงจรย่อยที่ 4 ประกอบด้วยเต้ารับ 7 จุด กำลังไฟฟ้าจุดละ 180 VA

ดังนั้น ปริมาณโหลด คือ $S = 7 \times 180 = 1,260VA$

กระแสเต้ารับ คือ $I = \frac{S}{V}$

$$I = \frac{1,260}{220}$$

จะได้ $I = 5.72A$

คิดเผื่อกระแส 25% จะได้ $I = 5.72 \times 1.25$

$$I = 7.15A$$

ดังนั้น เลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 16AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC-01 ขนาด 2x2.5 mm²

ตัวนำสายดิน ขนาด G - 2.5 mm²

ท่อชนิด EMT ขนาด 15 mm (1/2")

- วงจรย่อยที่ 5 คำนวณโหลดวงจรย่อยเครื่องปรับอากาศ ห้องนอนมีพื้นที่ 7.5728 ตารางเมตร คำนวณหาขนาดเครื่องปรับอากาศ ได้จาก

BTU = พื้นที่ห้อง (ตารางเมตร) x 900

ดังนั้น จะได้ขนาดเครื่องปรับอากาศคือ $BTU = 7.5728 \times 900 = 6,815 BTU$

เลือกใช้ เครื่องปรับอากาศขนาด 9,212 BTU เลือกใช้เครื่องปรับอากาศ Mitsubishi รุ่น Super Inverter มีค่า SEER เท่ากับ 21.59 (BTU/h/W)

แปลงค่า SEER เป็นค่า EER

โดย $$EER = \left(-0.02 \times SEER^2\right) + (1.12 \times SEER)$$

ดังนั้น $$EER = \left(-0.02 \times 21.59^2\right) + \left(1.12 \times 21.59\right)$$

จะได้ $$EER = 14.8583 BTU / h / w$$

คำนวณหาปริมาณโหลด คือ $$S = \frac{BTU}{EER \times power\ factor}$$

จะได้ $$S = \frac{9,212}{14.8583 \times 0.6}$$

$$S = 1,034 VA$$

กระแสโหลด คือ $$I = \frac{S}{V}$$

$$I = \frac{1,034}{220}$$

$$I = 4.7 A$$

คิดเผื่อกระแส 25% จะได้ $$I = 4.7 \times 1.25$$

$$I = 5.87 A$$

พิกัดปรับตั้ง Circuit Breaker $$I = 2 \times 5.87 = 11.74 A$$

ดังนั้น เลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 16AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC-01 ขนาด 2x2.5 mm²

ตัวนำสายดิน ขนาด G – 2.5 mm²

ท่อชนิด EMT ขนาด 15 mm (1/2”)

- วงจรย่อยที่ 6 คำนวณโหลดวงจรย่อยเครื่องปรับอากาศ ห้องนั่งเล่นมีพื้นที่ 7.5540 ตารางเมตร คำนวณหาขนาดเครื่องปรับอากาศ ได้จาก

BTU = พื้นที่ห้อง (ตารางเมตร) x 900

ดังนั้น จะได้ขนาดเครื่องปรับอากาศคือ $BTU = 7.5540 \times 900 = 6,798 BTU$

เลือกใช้ เครื่องปรับอากาศขนาด9,212 BTU เลือกใช้เครื่องปรับอากาศ Mitsubishi รุ่น Super Inverter มีค่า SEER เท่ากับ 21.59 (BTU/h/W)

แปลงค่า SEER เป็นค่า EER

โดย $$EER = \left(-0.02 \times SEER^2\right) + (1.12 \times SEER)$$

ดังนั้น $$EER = \left(-0.02 \times 21.59^2\right) + \left(1.12 \times 21.59\right)$$

จะได้ $$EER = 14.8583 BTU / h / w$$

คำนวณหาปริมาณโหลด คือ $$S = \frac{BTU}{EER \times power\ factor}$$

จะได้ $$S = \frac{9,212}{14.8583 \times 0.6}$$

$$S = 1,034 VA$$

กระแสโหลด คือ $$I = \frac{S}{V}$$

$$I = \frac{1,034}{220}$$

$$I = 4.7 A$$

คิดเผื่อกระแส 25% จะได้ $$I = 4.7 \times 1.25$$

$$I = 5.87 A$$

พิกัดปรับตั้ง Circuit Breaker $$I = 2 \times 5.87 = 11.74 A$$

ดังนั้น เลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 16AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC-01 ขนาด 2x2.5 mm²

ตัวนำสายดิน ขนาด G – 2.5 mm²

ท่อชนิด EMT ขนาด 15 mm (1/2”)

- วงจรย่อยที่ 7 คำนวณโหลดวงจรย่อยเครื่องปรับอากาศ ห้องนั่งเล่นมีพื้นที่ 11.8970 ตารางเมตร คำนวณหาขนาดเครื่องปรับอากาศ ได้จาก

BTU = พื้นที่ห้อง (ตารางเมตร) x 900

ดังนั้น จะได้ขนาดเครื่องปรับอากาศคือ $BTU = 11.8970 \times 900 = 10,707 BTU$

เลือกใช้ เครื่องปรับอากาศขนาด12,642 BTU เลือกใช้เครื่องปรับอากาศ Mitsubishi รุ่น Super Inverter มีค่า SEER เท่ากับ 21.70 (BTU/h/W)

แปลงค่า SEER เป็นค่า EER

โดย $EER = \left(-0.02 \times SEER^2\right) + (1.12 \times SEER)$

ดังนั้น $EER = \left(-0.02 \times 21.70^2\right) + \left(1.12 \times 21.70\right)$

จะได้ $EER = 14.8862 BTU / h / w$

คำนวณหาปริมาณโหลด คือ $S = \dfrac{BTU}{EER \times power\ factor}$

จะได้ $S = \dfrac{12,624}{14.8862 \times 0.6}$

$S = 1,414 VA$

กระแสโหลด คือ $I = \dfrac{S}{V}$

$I = \dfrac{1,414}{220}$

$I = 6.42 A$

คิดเผื่อกระแส 25% จะได้ $I = 6.42 \times 1.25$

$I = 8.02 A$

พิกัดปรับตั้ง Circuit Breaker $I = 2 \times 8.02 = 16.04 A$

ดังนั้น เลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 20AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC-01 ขนาด 2x2.5 mm²

ตัวนำสายดิน ขนาด G – 2.5 mm²

ท่อชนิด EMT ขนาด 15 mm (1/2”)

- วงจรย่อยที่ 8,9 คำนวณโหลดวงจรย่อยเครื่องทำน้ำอุ่น ขนาด 4,000 วัตต์

ปริมาณโหลด $S = \dfrac{watt}{power\ factor}$ $S = \dfrac{258\, watt}{0.6}$

$S = \dfrac{4,000}{1}$

$S = 4,000 VA$

กระแสโหลด $I = \dfrac{S}{V}$

$$I = \frac{4,000}{220}$$

$$I = 18.18A$$

คิดเผื่อกระแส 25% จะได้ $I = 18.18 \times 1.25$

$$I = 22.72A$$

ดังนั้น เลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 25AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC-01 ขนาด 2x6 mm²

ตัวนำสายดิน ขนาด G - 4 mm²

ท่อชนิด EMT ขนาด 15 mm (1/2”)

- วงจรย่อยที่ 11 คำนวณโหลดวงจรย่อยเครื่องดูดควัน (Hood) กำลังไฟฟ้าสูงสุด 258 วัตต์

ปริมาณโหลด $S = \frac{258\,watt}{0.6}$

$$S = 430VA$$

กระแสโหลด $I = \frac{S}{V}$

$$I = \frac{430}{220} = 1.95A$$

คิดเผื่อกระแส 25% จะได้ $I = 1.95 \times 1.25 = 2.43A$

ดังนั้น เลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 16AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC-01 ขนาด 2x2.5 mm²

ตัวนำสายดิน ขนาด G - 2.5 mm²

ท่อชนิด EMT ขนาด 15 mm (1/2”)

- วงจรย่อยที่ 10 คำนวณโหลดวงจรย่อยเตาประกอบอาหาร (Hob) กำลังไฟฟ้าสูงสุด 3500 วัตต์

ปริมาณโหลด $S = \frac{3,500\,watt}{1}$

$$S = 3,500VA$$

กระแสโหลด $I = \frac{S}{V}$

$$I = \frac{3,500}{220} = 15.91A$$

คิดเผื่อกระแส 25% จะได้ $I = 15.91 \times 1.25 = 19.88A$

ดังนั้น เลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 20AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC-01 ขนาด 2x2.5 mm²

ตัวนำสายดิน ขนาด G - 2.5 mm²

ท่อชนิด EMT ขนาด 15 mm (1/2")

4.1.2.5 รวมโหลดห้องพัก

(1) Type A

Total Load

$$= 74 + 900 + 540 + 1034 + 1034 + 4000 + 3500 + 430$$

$$= 11,512\ VA$$

คิด Demand Load

$$= 74 + 900 + 2068 + 4000 + 2200 + \{0.3x(3500 + 430 + 540 - 2200)\}$$

$$= 9,923$$

$\therefore$ % Demand Load $= \frac{9,923}{11,512}$

= 86.197 %

คำนวณหา Main Circuit Breaker $I_c = \frac{Demand\ Load}{220}$

จะได้ $I_c = \frac{9,923}{220}$

$I_c = 45.10\ A$

เลือกใช้มิเตอร์ขนาด 30(100)A 1P

คิดเผื่อกระแส 25 % $I_c = 45.10x1.25$

$I_c = 56.38\ A$

ดังนั้น เลือก Main Circuit Breaker ขนาด 63 AT / 63 AF

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC-01 ขนาด 2x16 mm²

ตัวนำสายดิน ขนาด G - 6 mm²

ท่อชนิด EMT ขนาด 25 mm

(2) Type B, Type C

Total Load

$$= 121 + 900 + 540 + 1034 + 1414 + 4000 + 3500 + 430$$

$$= 11939$$

คิด Demand Load

$$=121+900+1034+1414+4000+2200+\{0.3x(3500+430+540-2200)\}$$

$$=10350$$

∴ %Demand Load = $\frac{10,350}{11,939}$

= 86.7 %

คำนวณหา Main Circuit Breaker จาก $I_c=\frac{Demand\ Load}{220}$

จะได้ $I_c=\frac{10350}{220}$

$I=47.045\ A$

เลือกใช้มิเตอร์ขนาด 30(100)A 1P

คิดเผื่อกระแส 25 % $I=47.045x1.25$

$I=\ 58.8\ A$

ดังนั้น เลือก Main Circuit Breaker ขนาด 63 AT / 63 AF

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC-01 ขนาด 2x16 mm²

ตัวนำสายดิน ขนาด G - 6 mm²

ท่อชนิด EMT ขนาด 25 mm

(3) Type Duplex 1

Total Load

$$=144+540+540+720+2008+1671+4000+3500+430$$

$$=13553\ VA$$

คิด Demand Load

$$=144+1260+2008+1671+4000+2200+\{0.3x(3500+430+540-2200)\}$$

$$=11964$$

∴ % Demand Load $=\frac{11964}{13553}$

= 88.27 %

คำนวณหา Main Circuit Breaker $I_c=\frac{Demand\ Load}{220}$

จะได้ $I_c=\frac{11964}{220}$

$I_c=54.38\ A$

เลือกใช้มิเตอร์ขนาด 30(100)A 1P

คิดเผื่อกระแส 25 % $I = 54.38x1.25$

$I = 68\ A$

ดังนั้น เลือก Main Circuit Breaker ขนาด 70 AT / 100 AF

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC-01 ขนาด 2x25 mm²

ตัวนำสายดิน ขนาด G - 6 mm²

ท่อชนิด EMT ขนาด 32 mm

(4) Type Duplex 3

Total Load

$= 183 + 900 + 720 + 1260 + 1034 + 1034 + 1414 + 4000 + 4000 + 3500 + 430$

$= 18475\ VA$

คิด Demand Load

$= 183 + 900 + 2674 + 2068 + 8000 + 2200 + \{0.3\,x(3500 + 430 + 720 - 2200)\}$

$= 16760\ VA$

$\therefore$ % Demand Load $= \frac{16760}{18475}$

$= 90.7\ \%$

คำนวณหา Main Circuit Breaker จาก $I_c = \frac{Demand\ Load}{220}$

จะได้ $I_c = \frac{16760}{220}$

$I_c = 76.18\ A$

เลือกใช้มิเตอร์ขนาด 50(150)A 1P

คิดเผื่อกระแส 25 % $I_c = 76.18x1.25$

$I_c = 95.22\ A$

ดังนั้น เลือก Main Circuit Breaker ขนาด 100 AT / 100 AF

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC-01 ขนาด 2x35 mm²

ตัวนำสายดิน ขนาด G – 10 mm²

ท่อชนิด EMT ขนาด 32 mm

4.1.2.6 โหลดรวมห้องพักแต่ละชั้น

(1) DB 1 (ชั้น 1 + ชั้น 2)

Total Load

$$=18475+11512+13553+13553+11512+13553+11512+11512+13553+11512$$

$$=130247VA$$

คิด Demand Load โดยใช้ค่า Coincidence Factor

จะได้ Demand Load

$$=[18475+\ (13553x\ 4)\ +\ (11512x\ 5)]\ x\ 0.9$$

$$=117222.3\ VA$$

หา % Demand Load $= \frac{117222.3}{130247}$

$= 90\%$

คำนวณหา Main Circuit Breaker จาก $I_c = \frac{Demand\ Load}{\sqrt{3}\times 380}$

$$I_c = \frac{117222.3}{\sqrt{3}\times 380}$$

$$I_c = 178\,A$$

คิดเผื่อกระแส 25% $I_c = 178\times 1.25$

$I_c = 222.62\ A$

ดังนั้น เลือก Main Circuit Breaker ขนาด MCCB 3P 225 AT / 400 AF

ใช้ตัวนำสายไฟฟ้า IEC-01 ขนาด 4x150 mm²

ตัวนำสายดิน ขนาด G - 25 mm²

ใช้ท่อชนิด EMT ขนาด 80 mm

(2) DB2 (ชั้น 3), DB3 (ชั้น 4), DB4 (ชั้น 5), DB5 (ชั้น 6),

Total Load

$$=11939+11939\ +11939\ +11512+11512+11512+11512+11512$$
$$+11512+11512+11512+11512$$

$$=139425VA$$

คิด Demand Load โดยใช้ค่า Coincidence Factor

จะได้ Demand Load

$$=\{[(11939x\ 3)\ +\ (11512x\ 7)\big]\ x\ 0.9\}\ +\ \{\big[(11512x2)\ x\ 0.8]\}$$

$$=\ 123180.1\ VA$$

หา % Demand Load $= \frac{123180.1}{139425}$

$= 88.3\%$

คำนวณหา Main Circuit Breaker จาก $I_c = \frac{Demand\ Load}{\sqrt{3} \times 380}$

$I_c = \frac{123180.1}{\sqrt{3} \times 380}$

$I_c = 187.15\,A$

คิดเผื่อกระแส 25% $I_c = 187.15 \times 1.25 = 233.94\,A$

ดังนั้น เลือกใช้ Main Circuit Breaker ขนาด MCCB 3P 250 AT / 400 AF

ใช้ตัวนำสายไฟฟ้า IEC-01 ขนาด 4x150 mm²

ตัวนำสายดิน ขนาด G - 25 mm²

ใช้ท่อชนิด EMT ขนาด 80 mm

(3) DB6 (ชั้น7)

Total Load

$= 18475+13553+11512+11512+13553+11512+11512+11939$
$+13553+11512+11939+13553$

$= 154125VA$

คิด Demand Load โดยใช้ค่า Coincidence Factor

จะได้ Demand Load

$= \{[18475+(13553\times4)+(11939\times2)+(11512\times3)]\times0.9\}+\{[(11512\times2)\times0.8]\}$

$= 136410.1\ VA$

คิด % Demand Load $= \frac{136410.1}{154125}$

$= 88.5\%$

คำนวณหา Main Circuit Breaker จาก $I_c = \frac{Demand\ Load}{\sqrt{3} \times 380}$

$I_c = \frac{136410.1}{\sqrt{3} \times 380}$

$I_c = 207.25\,A$

คิดเผื่อกระแส 25% $I_c = 207.25 \times 1.25 = 259.06\,A$

ดังนั้น เลือกใช้ Main Circuit Breaker ขนาด MCCB 3P 250 AT / 400 AF

ใช้ตัวนำสายไฟฟ้า IEC-01 ขนาด 4x185 mm²

ตัวนำสายดิน ขนาด G - 25 mm²

ใช้ท่อชนิด EMT ขนาด 80 mm

(4) DB7 (ชั้น8)

Total Load

$$=11939+11939+11512+11512+11512+11512+11512$$

$$=81438VA$$

คิด Demand Load โดยใช้ค่า Coincidence Factor

จะได้ Demand Load

$$=[(11939x2)+(11512x5)]\ x\ 0.9$$

$$=73294.2\ VA$$

คิด % Demand Load $= \frac{73294.2}{81438}$

$= 90\%$

คำนวณหา Main Circuit Breaker

เนื่องจากเฟสไม่ Balance ดังนั้น คิดหาเบรกเกอร์จากเฟสที่มีโหลดสูงสุด จะได้

จาก $I_c = \frac{Load}{220}$

$$I_c = \frac{34536}{220}$$

$$I_c = 156.98\,A$$

คิดเผื่อกระแส 25% $I_c = 156.98 \times 1.25 = 196.22\,A$

ดังนั้น เลือกใช้ Main Circuit Breaker ขนาด MCCB 3P 200 AT / 400 AF

.ใช้ตัวนำสายไฟฟ้า IEC-01 ขนาด 4x120 mm²

ตัวนำสายดิน ขนาด G - 25 mm²

ใช้ท่อชนิด EMT ขนาด 65 mm

4.1.2.7 รวมโหลดห้องพักทั้งอาคาร

Total Load $= (18475x2) + (13553x8) + (11939x16) + (11512x51)$

$= 923510\ VA$

คิด Demand Load โดยใช้ค่า Coincidence Factor

จะได้ Demand Load

$$= \{[(18475x2) + (13553x8)]\, x\ 0.9\} + \{[(11939x10)\, x\ 0.8\} +$$
$$\{[(11939x6) + (11512x4)]\, x\ 0.7\} + \{[(11512x10)]\, x\ 0.6\} + \{[(11512x37)]\, x\ 0.5\}$$
$$= 590770\ VA$$

คิด % Demand Load $= \frac{590770}{923510}$

$= 63.97\%$

คำนวณหา Main Circuit Breaker $I_c = \frac{Demand\ Load}{\sqrt{3} \times 380}$

$$I_c = \frac{590770}{\sqrt{3} \times 380}$$
$$I_c = 897.58\, A$$

คิดเผื่อกระแส 25% $I_c = 897.58\ x\ 1.25$

$$I_c = 1121.97\ A$$

ดังนั้น เลือกใช้ Main Circuit Breaker ขนาด MCCB 3P 1200 AT / 1600 AF

ใช้ตัวนำสายไฟฟ้า IEC-01 ขนาด 4 (4x300 mm²) (1372 A)

ตัวนำสายดิน ขนาด 4 (G-95 mm²)

คำนวณ หาท่อร้อยสาย

สาย 300 mm^2 มีพื้นที่หน้าตัด = 4x688 = 2064 mm^2

สาย 95 mm^2 มีพื้นที่หน้าตัด = 1x230 = 230 mm^2

พื้นที่หน้าตัดรวม = 2294 mm^2

ดังนั้น ใช้ท่อชนิด EMT ขนาด 4 (100) mm (4")

4.1.3 โหลดส่วนกลาง

4.1.3.1 LPN.1 ส่วนกลางประกอบด้วยวงจรชั้นใต้ดิน, วงจรชั้นที่ 1 และ วงจรชั้นที่ 2

(1) วงจรย่อยที่ 1 (วงจรย่อยแสงสว่าง โถงลิฟต์ และโรงจอดรถ)

ประกอบด้วย หลอดไฟ LED ขนาด 7 วัตต์ จำนวน 2 ดวงและหลอดไฟ FL ขนาด 20 วัตต์ จำนวน 12 ดวง

ดังนั้น รวมจำนวนวัตต์ทั้งหมด 20 (วัตต์) x 12 (ดวง) = 240 วัตต์

7 (วัตต์) x 2 (ดวง) = 14 วัตต์

ปริมาณโหลดทั้งหมด $S = \frac{watt}{power\ factor}$

$$S = \frac{254\,watt}{0.9}$$

$$S = 283VA$$

กระแสโหลดแสงสว่าง $$I = \frac{S}{V}$$

$$I = \frac{283}{220}$$

$$I = 10.37\,A$$

คิดเผื่อกระแส 25% จะได้ $$I = 10.37 \times 1.25$$

$$I = 12.96\,A$$

ดังนั้น เลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 16 AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC-01 ขนาด 2x2.5 mm²

ตัวนำสายดิน ขนาด G - 2.5 mm²

ท่อชนิด EMT ขนาด 15 mm (1/2”)

(2) วงจรย่อยที่3 และ วงจรย่อยที่ 4 (วงจรย่อยแสงสว่าง ทางเดินชั้น 1)

ประกอบด้วย หลอดไฟ LED ขนาด 7 วัตต์ จำนวน 6 ดวง

ดังนั้น รวมจำนวนวัตต์ทั้งหมด 7 (วัตต์) x 6 (ดวง) = 42 วัตต์

ปริมาณโหลดทั้งหมด $$S = \frac{watt}{power\ factor}$$

$$S = \frac{42\,watt}{0.9}$$

$$S = 47VA$$

กระแสโหลดแสงสว่าง $$I = \frac{S}{V}$$

$$I = \frac{47}{220}$$

$$I = 0.214A$$

คิดเผื่อกระแส 25% จะได้ $$I = 0.214 \times 1.25$$

$$I = 0.267\,A$$

ดังนั้น เลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 16 AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC-01 ขนาด 2x2.5 mm²

ตัวนำสายดิน ขนาด G - 2.5 mm²

ท่อชนิด EMT ขนาด 15 mm (1/2”)

(3) วงจรย่อยที่5 (วงจรย่อยแสงสว่าง ห้องโถง ห้องน้ำ ห้องไฟฟ้า)

ประกอบด้วย หลอดไฟ LED ขนาด 7 วัตต์ จำนวน 16 ดวง หลอดไฟ FL ขนาด 20 วัตต์ จำนวน 3 ดวง และพัดลมระบายอากาศ ขนาด 19 วัตต์ จำนวน 2 ตัว

ดังนั้น รวมจำนวนวัตต์ทั้งหมด 7 (วัตต์) x 16 (ดวง) = 112 วัตต์

20 (วัตต์) x 3 (ดวง) = 60 วัตต์

ปริมาณโหลดทั้งหมด $S = \frac{watt}{power\ factor}$

$S = \frac{172\,watt}{0.9}$

$S = 192VA$

นำไปรวมกับพัดลมระบายอากาศ จะได้ $192 + 38 = 230\ VA$

กระแสโหลดแสงสว่าง $I = \frac{S}{V}$

$I = \frac{230}{220}$

$I = 1.045A$

คิดเผื่อกระแส 25% จะได้ $I = 1.045 \times 1.25$

$I = 1.306\,A$

ดังนั้น เลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 16 AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC-01 ขนาด 2x2.5 mm²

ตัวนำสายดิน ขนาด G - 2.5 mm²

ท่อชนิด EMT ขนาด 15 mm (1/2”)

(4) วงจรย่อยที่3 (วงจรย่อยแสงสว่าง ห้องปั๊ม)

ประกอบด้วย หลอดไฟ FL ขนาด 20 วัตต์ จำนวน 3 ดวง

ดังนั้น รวมจำนวนวัตต์ทั้งหมด 20 (วัตต์) x 3 (ดวง) = 60 วัตต์

ปริมาณโหลดทั้งหมด $S = \frac{watt}{power\ factor}$

$S = \frac{60watt}{0.9}$

$S = 67VA$

กระแสโหลดแสงสว่าง $I = \frac{S}{V}$

$I = \frac{67}{220}$

$I = 0.304A$

คิดเผื่อกระแส 25% จะได้ $I = 0.304 \times 1.25$

$I = 0.38A$

ดังนั้น เลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 16 AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC-01 ขนาด 2x2.5 mm²

ตัวนำสายดิน ขนาด G - 2.5 mm²

ท่อชนิด EMT ขนาด 15 mm (1/2")

(5) วงจรย่อยที่6 (วงจรย่อยแสงสว่าง ทางเดินชั้น 2)

ประกอบด้วย หลอดไฟ FL ขนาด 7 วัตต์ จำนวน 8 ดวงและหลอดไฟ LED ขนาด 20 วัตต์ จำนวน 1 ดวง

ดังนั้น รวมจำนวนวัตต์ทั้งหมด 20 (วัตต์) x 1 (ดวง) = 20 วัตต์

7 (วัตต์) x 8 (ดวง) = 56 วัตต์

ปริมาณโหลดทั้งหมด $S = \frac{watt}{power\ factor}$

$S = \frac{76watt}{0.9}$

$S = 85VA$

กระแสโหลดแสงสว่าง $I = \frac{S}{V}$

$I = \frac{85}{220}$

$I = 0.386A$

คิดเผื่อกระแส 25% จะได้ $I = 0.386 \times 1.25$

$I = 0.483A$

ดังนั้น เลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 16 AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC-01 ขนาด 2x2.5 mm²

ตัวนำสายดิน ขนาด G - 2.5 mm²

ท่อชนิด EMT ขนาด 15 mm (1/2")

(6) วงจรย่อยที่7 (วงจรย่อยแสงสว่าง ทางเดินชั้น 2)

ประกอบด้วย หลอดไฟ FL ขนาด 7 วัตต์ จำนวน 9 ดวงและหลอดไฟ LED ขนาด 20 วัตต์ จำนวน 1 ดวง

ดังนั้น รวมจำนวนวัตต์ทั้งหมด 20 (วัตต์) x 1 (ดวง) = 20 วัตต์

7 (วัตต์) x 9 (ดวง) = 63 วัตต์

ปริมาณโหลดทั้งหมด $S = \frac{watt}{power\ factor}$

$S = \frac{83watt}{0.9}$

$S = 93VA$

กระแสโหลดแสงสว่าง $I = \frac{S}{V}$

$I = \frac{93}{220}$

$I = 0.528A$

คิดเผื่อกระแส 25% จะได้ $I = 0.528 \times 1.25$

$I = 0.66A$

ดังนั้น เลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 16 AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC-01 ขนาด 2x2.5 mm²

ตัวนำสายดิน ขนาด G - 2.5 mm²

ท่อชนิด EMT ขนาด 15 mm (1/2”)

(7) วงจรย่อยที่8 และวงจรย่อยที่ 11 (วงจรย่อยเต้ารับ ชั้น 2)

ประกอบด้วย เต้ารับทั้งหมด 8 เต้ารับ

ปริมาณโหลดทั้งหมด 180 VA x 8 (เต้ารับ) = 1440

ดังนั้น $S = 1440VA$

กระแสโหลดแสงสว่าง $I = \frac{S}{V}$

$I = \frac{1440}{220}$

$I = 6.545A$

คิดเผื่อกระแส 25% จะได้ $I = 6.545 \times 1.25$

$I = 8.18A$

ดังนั้น เลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 16 AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC-01 ขนาด 2x2.5 mm²

ตัวนำสายดิน ขนาด G - 2.5 mm²

ท่อชนิด EMT ขนาด 15 mm (1/2”)

(8) วงจรย่อยที่9 (วงจรย่อยเต้ารับ ชั้น 1)

ประกอบด้วย เต้ารับทั้งหมด 2 เต้ารับ

ปริมาณโหลดทั้งหมด 180 VA x 2 (เต้ารับ) = 360

ดังนั้น $S = 360VA$

กระแสโหลดแสงสว่าง $I = \frac{S}{V}$

$I = \frac{360}{220}$

$I = 1.636A$

คิดเผื่อกระแส 25% จะได้ $I = 1.636 \times 1.25$

$I = 2.045\,A$

ดังนั้น เลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 16 AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC-01 ขนาด 2x2.5 mm²

ตัวนำสายดิน ขนาด G - 2.5 mm²

ท่อชนิด EMT ขนาด 15 mm (1/2”)

(9) LPN.LE วงจรย่อยห้องนิติบุคคล

- วงจรย่อยแสงสว่าง ประกอบด้วย หลอดไฟ FL ขนาด 7 วัตต์ จำนวน 4 ดวง

ดังนั้น รวมจำนวนวัตต์ทั้งหมด 7 (วัตต์) x 4 (ดวง) = 28 วัตต์

ปริมาณโหลดทั้งหมด $S = \frac{watt}{power\ factor}$

$S = \frac{28watt}{0.9}$

$S = 31.11VA$

กระแสโหลดแสงสว่าง $I = \frac{S}{V}$

$I = \frac{31.11}{220}$

$I = 0.14A$

คิดเผื่อกระแส 25% จะได้ $I = 0.14 \times 1.25$

$I = 0.176\,A$

ดังนั้น เลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 16 AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC-01 ขนาด 2x2.5 mm²

ตัวนำสายดิน ขนาด G - 2.5 mm²

ท่อชนิด EMT ขนาด 15 mm (1/2”)

- วงจรเต้ารับ ประกอบด้วย เต้ารับ จำนวน 3 เต้ารับ

ปริมาณโหลดทั้งหมด 180 VA x 3 (เต้ารับ) = 540

ดังนั้น $S = 540VA$

กระแสโหลดแสงสว่าง $I = \frac{S}{V}$

$$I = \frac{540}{220}$$

$$I = 2.45A$$

คิดเผื่อกระแส 25% จะได้ $I = 2.45 \times 1.25$

$$I = 3.068\,A$$

ดังนั้น เลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 16 AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC-01 ขนาด 2x2.5 mm²

ตัวนำสายดิน ขนาด G - 2.5 mm²

ท่อชนิด EMT ขนาด 15 mm (1/2")

- A/C ห้องนิติบุคคล

ห้องนิติบุคคลมีพื้นที่ 10.6575 ตารางเมตร คำนวณหาขนาดเครื่องปรับอากาศ ได้จาก

BTU = พื้นที่ห้อง (ตารางเมตร) x 900

ดังนั้น จะได้ขนาดเครื่องปรับอากาศคือ $BTU = 10.6575 \times 900 = 9,591BTU$

เลือกใช้ เครื่องปรับอากาศขนาด12,642 BTU เลือกใช้เครื่องปรับอากาศ Mitsubishi รุ่น Super Inverter มีค่า SEER เท่ากับ 21.70 (BTU/h/W)

แปลงค่า SEER เป็นค่า EER

โดย $EER = \left(-0.02 \times SEER^2\right) + (1.12 \times SEER)$

ดังนั้น $EER = \left(-0.02 \times 21.70^2\right) + \left(1.12 \times 21.70\right)$

จะได้ $EER = 14.8862BTU / h / w$

คำนวณหาปริมาณโหลด คือ $S = \frac{BTU}{EER \times power\ factor}$

จะได้ $S = \frac{12,624}{14.8862 \times 0.6}$

$S = 1,414VA$

กระแสโหลด คือ $I = \frac{S}{V}$

$I = \frac{1,414}{220}$

$I = 6.42A$

คิดเผื่อกระแส 25% จะได้ $I = 6.42 \times 1.25$

$I = 8.02A$

พิกัดปรับตั้ง Circuit Breaker $I = 2 \times 8.02 = 16.04A$

ดังนั้น เลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 20AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC-01 ขนาด 2x2.5 mm²

ตัวนำสายดิน ขนาด G – 2.5 mm²

ท่อชนิด EMT ขนาด 15 mm (1/2”)

- วงจร Fire Alarm CCTV & Access Control

โหลด Fire Alarm $S = 1500VA$

กระแสโหลด $I = \frac{S}{V}$

$I = \frac{1500}{220}$

$I = 6.82A$

คิดเผื่อกระแส 25% จะได้ $I = 6.82 \times 1.25$

$I = 8.522A$

ดังนั้น เลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 16 AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC-01 ขนาด 2x2.5 mm²

ตัวนำสายดิน ขนาด G - 2.5 mm²

ท่อชนิด EMT ขนาด 15 mm (1/2”)

- โหลดรวม LPN.LE = 3486 VA คิด Demand Factor 80 % = 2789

คำนวณหา Main Circuit Breaker จาก

$I_C = \frac{Load}{220}$

$I_C = \frac{2789}{220}$

$$I_C = 12.68\ A$$

คิดเผื่อกระแส 25 % $I_C = 12.68\ x\ 1.25 = 15.84\ A$

ดังนั้น เลือกใช้ Main Circuit Breaker ขนาด 20 AT / 63 AF

ขนาดสายตัวนำ IEC-01 ขนาด 2x4 mm^2

ขนาดสายดิน ขนาด G - 2.5 mm^2

ขนาดท่อร้อยสาย ขนาด 15 mm (1/2") EMT

โหลดรวม LPN.1 = 6,478 VA

คิด Demand Factor 80% = 5,138 VA

คำนวณหา Main Circuit Breaker จาก

$$I_C = \frac{Load}{\sqrt{3}\times 380} = \frac{5,138}{\sqrt{3}\times 380}$$

$$I_C = 7.81\ A$$

คิดเผื่อกระแส 25% $I_C = 7.81\ x\ 1.25 = 9.76\ A$

ดังนั้น เลือกใช้ Main Circuit Breaker ขนาด 3P 32 AT / 63 AF

ขนาดสายตัวนำ IEC-01 ขนาด 4x10 mm^2

ขนาดสายดิน ขนาด G - 4 mm^2

ขนาดท่อร้อยสาย ขนาด 25 mm EMT

4.1.3.2 LPN.2 ของส่วนกลางประกอบด้วยวงจรชั้นที่3 วงจรชั้นที่ 4 และวงจรชั้นที่ 5

(1) วงจรย่อยที่ 1 - 6 (วงจรย่อยแสงสว่าง ทางเดินชั้น 3 ชั้น 4 ชั้น 5)

ประกอบด้วย หลอดไฟ LED 7 วัตต์ จำนวน 10 ดวงและหลอดไฟ FL 20 วัตต์ จำนวน 1 ดวง

ดังนั้น รวมจำนวนวัตต์ทั้งหมด 20 (วัตต์) x 1 (ดวง) = 20 วัตต์

7 (วัตต์) x 10 (ดวง) = 70 วัตต์

ปริมาณโหลดทั้งหมด $S = \frac{watt}{power\ factor}$

$$S = \frac{90watt}{0.9}$$

$$S = 100VA$$

กระแสโหลดแสงสว่าง $I = \frac{S}{V}$

$$I = \frac{100}{220}$$

$$I = 0.455\,A$$

คิดเผื่อกระแส 25% จะได้ $$I = 0.455 \times 1.25$$

$$I = 0.568\,A$$

ดังนั้น เลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 16 AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC-01 ขนาด 2x2.5 mm²

ตัวนำสายดิน ขนาด G - 2.5 mm²

ท่อชนิด EMT ขนาด 15 mm (1/2")

(2) วงจรย่อยที่ 7 (วงจรย่อยแสงสว่าง บันได)

ประกอบด้วย หลอดไฟ LED 20 วัตต์ จำนวน 20 ดวง

ดังนั้น รวมจำนวนวัตต์ทั้งหมด 20 (วัตต์) x 20 (ดวง) = 400 วัตต์

ปริมาณโหลดทั้งหมด $$S = \frac{watt}{power\ factor}$$

$$S = \frac{400watt}{0.9}$$

$$S = 445VA$$

กระแสโหลดแสงสว่าง $$I = \frac{S}{V}$$

$$I = \frac{445}{220}$$

$$I = 2.02\,A$$

คิดเผื่อกระแส 25% จะได้ $$I = 2.02 \times 1.25$$

$$I = 2.52A$$

ดังนั้น เลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 16 AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC-01 ขนาด 2x2.5 mm²

ตัวนำสายดิน ขนาด G - 2.5 mm²

ท่อชนิด EMT ขนาด 15 mm (1/2")

(3) วงจรย่อยที่ 8, 9, 11 (วงจรย่อยเต้ารับ ชั้น 3 ชั้น 4 ชั้น 5)

ประกอบด้วย เต้ารับทั้งหมด 5 เต้ารับ

ปริมาณโหลดทั้งหมด 180 VA x 5 (เต้ารับ) = 900

ดังนั้น $$S = 900VA$$

กระแสโหลดแสงสว่าง $$I = \frac{S}{V}$$

$$I = \frac{900}{220}$$

$$I = 4.09A$$

คิดเผื่อกระแส 25% จะได้ $I = 4.09 \times 1.25$

$$I = 5.11A$$

ดังนั้น เลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 16 AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC-01 ขนาด 2x2.5 mm²

ตัวนำสายดิน ขนาด G - 2.5 mm²

ท่อชนิด EMT ขนาด 15 mm (1/2")

(4) วงจรย่อยที่ 10 (วงจรย่อยแสงสว่าง บันได)

ประกอบด้วย หลอดไฟ LED 20 วัตต์ จำนวน 16 ดวง

ดังนั้น รวมจำนวนวัตต์ทั้งหมด 20 (วัตต์) x 16 (ดวง) = 320 วัตต์

ปริมาณโหลดทั้งหมด $S = \frac{watt}{power\ factor}$

$$S = \frac{320watt}{0.9}$$

$$S = 356VA$$

กระแสโหลดแสงสว่าง $I = \frac{S}{V}$

$$I = \frac{356}{220}$$

$$I = 1.618A$$

คิดเผื่อกระแส 25% จะได้ $I = 1.618 \times 1.25$

$$I = 2.02A$$

ดังนั้น เลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 16 AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC-01 ขนาด 2x2.5 mm²

ตัวนำสายดิน ขนาด G - 2.5 mm²

ท่อชนิด EMT ขนาด 15 mm (1/2")

โหลดรวม LPN.2 = 3,281 VA

คิด Demand Factor 80% = 2,624 VA

คำนวณหา Main Circuit Breaker จาก

$$I_C = \frac{Load}{\sqrt{3} \times 380} = \frac{2,624}{\sqrt{3} \times 380}$$

$$I_C = 3.98\ A$$

คิดเผื่อกระแส 25% $I_C = 3.98 \times 1.25 = 4.975\ A$

ดังนั้น เลือกใช้ Main Circuit Breaker ขนาด 3P 32 AT / 63 AF

ขนาดสายตัวนำ IEC-01 ขนาด 4x10 mm^2

ขนาดสายดิน ขนาด G - 4 mm^2

ขนาดท่อร้อยสาย ขนาด 25 mm EMT

4.1.3.3 LPN.3 ของส่วนกลางประกอบด้วยวงจรชั้นที่6 วงจรชั้นที่ 7 และวงจรชั้นที่ 8 และชั้นดาดฟ้า

(1) วงจรย่อยที่ 1 - 6 (วงจรย่อยแสงสว่าง ทางเดินชั้น 6 ชั้น 7 ชั้น 8)

ประกอบด้วย หลอดไฟ LED 7 วัตต์ จำนวน 10 ดวงและหลอดไฟ FL 20 วัตต์ จำนวน 1 ดวง

ดังนั้น รวมจำนวนวัตต์ทั้งหมด 20 (วัตต์) x 1 (ดวง) = 20 วัตต์

7 (วัตต์) x 10 (ดวง) = 70 วัตต์

ปริมาณโหลดทั้งหมด $S = \frac{watt}{power\ factor}$

$$S = \frac{90watt}{0.9}$$

$$S = 100VA$$

กระแสโหลดแสงสว่าง $I = \frac{S}{V}$

$$I = \frac{100}{220}$$

$$I = 0.455\ A$$

คิดเผื่อกระแส 25% จะได้ $I = 0.455 \times 1.25$

$$I = 0.568\ A$$

ดังนั้น เลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 16 AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC-01 ขนาด 2x2.5 mm^2

ตัวนำสายดิน ขนาด G - 2.5 mm^2

ท่อชนิด EMT ขนาด 15 mm (1/2”)

(2) วงจรย่อยที่ 8, 9, 12 (วงจรย่อยเต้ารับ ชั้น 6 ชั้น 7 ชั้น 8)

ประกอบด้วย เต้ารับทั้งหมด 5 เต้ารับ

ปริมาณโหลดทั้งหมด 180 VA x 5 (เต้ารับ) = 900

ดังนั้น $S = 900VA$

กระแสโหลดแสงสว่าง $I = \frac{S}{V}$

$$I = \frac{900}{220}$$

$$I = 4.09A$$

คิดเผื่อกระแส 25% จะได้ $I = 4.09 \times 1.25$

$$I = 5.11A$$

ดังนั้น เลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 16 AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC-01 ขนาด 2x2.5 mm²

ตัวนำสายดิน ขนาด G - 2.5 mm²

ท่อชนิด EMT ขนาด 15 mm (1/2")

โหลดรวม LPN.3 = 3,354 VA

คิด Demand Factor 80% = 2,684 VA

คำนวณหา Main Circuit Breaker จาก

$$I_C = \frac{Load}{\sqrt{3} \times 380} = \frac{2,684}{\sqrt{3} \times 380}$$

$$I_C = 4.078\ A$$

คิดเผื่อกระแส 25% $I_C = 4.078 \times 1.25 = 5.09\ A$

ดังนั้น เลือกใช้ Main Circuit Breaker ขนาด 3P 32 AT / 63 AF

ขนาดสายตัวนำ IEC-01 ขนาด 4x10 mm^2

ขนาดสายดิน ขนาด G - 4 mm^2

ขนาดท่อร้อยสาย ขนาด 25 mm EMT

4.1.3.4 โหลดรวมส่วนกลาง

Total Load = 13933 VA

คิด Demand Factor 80% = 11147

หาขนาดสายป้อนส่วนกลาง

จาก $I_C = \frac{11147}{\sqrt{3} \times 380} A$

$$I_C = 16.93\ A$$

คิดเผื่อกระแส 25% $I_C = 16.93\ x\ 1.25$

$$I_C = 21.17\ A$$

ดังนั้น เลือกใช้ Main Circuit Breaker ขนาด 3P 32 AT / 63 AF

ขนาดสายตัวนำ IEC-01 ขนาด 4x6 mm^2

ขนาดสายดิน ขนาด G - 4 mm^2

ขนาดท่อร้อยสาย ขนาด 25 mm EMT

4.1.4 รวมโหลดทั้งอาคาร

โหลดห้องพัก = 923510 VA

โหลดส่วนกลาง = 13933 VA

โหลดรวมทั้งอาคาร คือ $923510 + 13933 = 937443\ VA$

เผื่อโหลด 25% จะได้ $937443 \times 1.25 = 1171804\ VA$

เลือกหม้อแปลงพิกัด 1250 kVA

4.1.4.1 หาบริภัณฑ์ประธาน

(1) ด้าน LV คำนวณหา Main Circuit Breaker จาก

$$I_C = \frac{1250000}{\sqrt{3} \times 380} = 1899.17\ A$$

คิดเผื่อกระแส 25% จะได้ $1899\ x\ 1.25 = 2374\ A$

ดังนั้น เลือก Circuits Breaker จะได้ ACB 3P 2500 AT / 3200 AF

เลือก ขนาดสายประธาน ขนาด 6 set of (4 x 185 mm^2 , G – 95 mm^2) XLPE

หาขนาดรางเคเบิล จำนวนสายในรางเคเบิลประกอบด้วย

สายเฟส A ขนาด 185 mm^2 จำนวน 6 เส้น

สายเฟส B ขนาด 185 mm^2 จำนวน 6 เส้น

สายเฟส C ขนาด 185 mm^2 จำนวน 6 เส้น

สายนิวทรัลขนาด 185 mm^2 จำนวน 6 เส้น

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของสาย CV ขนาด 185 mm^2 เท่ากับ 23.8 mm

เส้นผ่านศูนย์กลางของสายขนาด 185 mm^2 รวม $24\ x\ 23.8 = 571.2\ mm^2$

คิดเผื่อ 25% จะได้ $571.2\ x\ 1.25 = 714\ mm$

ดังนั้น เลือกใช้รางเคเบิลขนาดกว้าง 750 mm

(2) ด้าน HV คำนวณหา DROP OUT จาก

$$I_n = \frac{1250}{\sqrt{3}\times 22} = 32.8\,A$$

$$I_C = 2I_n$$

$$= 2\,x\,32.8 = 65.6\,A$$

ดังนั้น เลือก ฟิวส์ ขนาด 80 A

4.1.4.2 ปรับปรุง Power Factor

ออกแบบ Capacitor แก้ Power Factor ของโหลด 1250 kVA โดยมีค่าประมาณ 30 % ของ หม้อแปลง จะได้ $KVAR = 1250\,kVA\,x\,0.3 = 375\,kVAR$

ดังนั้น เลือกใช้ Capacitor 400 kVAR หรือ Capacitor 8x50 kVAR

หา Fuse ของ Capacitor แต่ละตัว

$$I_n = \frac{50}{\sqrt{3}\times 380} = 75.96\,A$$

ขนาด Fuse ของ Capacitor I_F มักใช้ 1.5 เท่าของ I_n

$$I_F = 1.5\,x\,75.96 = 113.95\,A$$

ดังนั้น เลือกใช้ Fuse แต่ละตัวขนาด 120 A จำนวน 6 ชุด

หาขนาด CB Main ของ Capacitor Bank

$$I_t = (1.25\,x\,I_n) + (5\,x\,I_n)$$

$$I_t = (1.25\,x\,75.96) + (5\,x\,75.96)$$

$$I_t = 474.75\,A$$

ขนาด CB Main ของ Capacitor Bank มักใช้ 1.43 เท่า ของ I_t

$$CB = 1.43\,x\,474.75$$

$$CB = 679\,A$$

ดังนั้น เลือก CB เท่ากับ 700 AT/1000 AF

หาขนาดสาย จะได้ สาย 3 set of 4 x 240 , G-50 IEC-01

หาขนาดท่อร้อยสาย

พื้นที่หน้าตัดของสาย IEC-01 ขนาด 240 mm^2 เท่ากับ 556 mm^2

พื้นที่หน้าตัดของสาย IEC-01 ขนาด 240 mm^2 รวม 5x556 = 2,780

ดังนั้น เลือกใช้ท่อร้อยสายขนาด 100 mm

ตารางที่ 4.1 ตารางโหลดห้องพัก Type A

LOAD SCHEDULE :			**PANELBOARD**							
NAME :	LPA						LOCATION :	RESIDENTIAL UNIT		
CAPACITY (CCT) :	12						MAIN BAR :	100 A		
CONNECTED TO :	DB									
CCT NO.	DESCRIPTION	CONNECTED LOAD (VA)	CIRCUIT BREAKER				CONDUCTOR		RACE WAY	
			POLE	AT	AF	IC	SIZE (mm^2)	TYPE	mm^2	TYPE
1	Lighting + Ext fan	74	1	16	50		2 x 2.5 , G - 2.5	IEC-01	15	EMT
2	Receptacle	900	1	16	50		2 x 2.5 , G - 2.5	IEC-01	15	EMT
3	Receptacle	540	1	16	50		2 x 2.5 , G - 2.5	IEC-01	15	EMT
4	Air Condition (Living Room)	1034	1	16	50		2 x 2.5 , G - 2.5	IEC-01	15	EMT
5	Air Condition (Bed Room)	1034	1	16	50		2 x 2.5 , G - 2.5	IEC-01	15	EMT
6	Water Heater	4000	1	25	50		2 x 6 , G - 4	IEC-01	15	EMT
7	HOB	3500	1	20	50		2 x 4 , G - 2.5	IEC-01	15	EMT
8	HOOD	430	1	16	50		2 x 2.5 , G - 2.5	IEC-01	15	EMT
TOTAL CONNECTED LOAD (VA)		11512	MAIN CB				MAIN FEEDER		RACEWAY	
			63 AT / 63 AF				2 x 16 , G - 6 IEC-01 CONDUIT 25 mm EMT			
86.2 % DEMAND LOAD (VA)		9923	30 (100) A 1P							

ตารางที่ 4.2 ตารางโหลดห้องพัก Type B , Type C

LOAD SCHEDULE :		**PANELBOARD**								
NAME :		LPB , LPC,					LOCATION :		RESIDENTIAL UNIT	
CAPACITY (CCT) :		12					MAIN BAR :		100 A	
CONNECTED TO :		DB<u>X</u> (X = 2 , 3 , 4 , 5 , 6 , 7)								
CCT NO.	DESCRIPTION	CONNECTED LOAD (VA)	CIRCUIT BREAKER				CONDUCTOR		RACEWAY	
			POLE	AT	AF	IC	SIZE (mm^2)	TYPE	mm^2	TYPE
1	Lighting	121	1	16	50		2 x 2.5 , G - 2.5	IEC-01	15	EMT
2	Receptacle	900	1	16	50		2 x 2.5 , G - 2.5	IEC-01	15	EMT
3	Receptacle	540	1	16	50		2 x 2.5 , G - 2.5	IEC-01	15	EMT
4	Air Condition (Bed Room)	1034	1	16	50		2 x 2.5 , G - 2.5	IEC-01	15	EMT
5	Air Condition (Living Room)	1414	1	20	50		2 x 2.5 , G - 2.5	IEC-01	15	EMT
6	Water Heater	4000	1	25	50		2 x 4 , G - 4	IEC-01	15	EMT
7	HOB	3500	1	20	50		2 x 4 , G - 2.5	IEC-01	15	EMT
8	HOOD	430	1	16	50		2 x 2.5 , G - 2.5	IEC-01	15	EMT
TOTAL CONNECTED LOAD (VA)		11939	MAIN CB				MAIN FEEDER		RACEWAY	
			63 AT / 63 AF				2 x 16 , G - 6 IEC-01 CONDUIT 25 mm EMT			
86.7 % DEMAND LOAD (VA)		10350	30(100)A 1P							

ตารางที่ 4.3 ตารางโหลดห้องพัก Duplex1

LOAD SCHEDULE :		**PANELBOARD**								
NAME :		LPD1					LOCATION :		RESIDENTIAL UNIT	
CAPACITY (CCT) :		12					MAIN BAR :		100 A	
CONNECTED TO :		DBX (X = 1 , 7)								
CCT NO.	DESCRIPTION	CONNECTED LOAD (VA)	CIRCUIT BREAKER				CONDUCTOR		RACEWAY	
			POLE	AT	AF	IC	SIZE (mm^2)	TYPE	mm^2	TYPE
1	Lighting	144	1	16	63		2 x 2.5 , G - 2.5	IEC-01	15	EMT
2	Receptacle	540	1	16	63		2 x 2.5 , G - 2.5	IEC-01	15	EMT
3	Receptacle	540	1	16	63		2 x 2.5 , G - 2.5	IEC-01	15	EMT
4	Receptacle	720	1	16	63		2 x 2.5 , G - 2.5	IEC-01	15	EMT
5	Air Condition (Bed Room)	2008	1	25	63		2 x 4 , G – 4	IEC-01	15	EMT
6	Air Condition (Living Room)	1671	1	20	63		2 x 2.5 , G - 2.5	IEC-01	15	EMT
7	Water Heater	4000	1	25	63		2 x 4 , G - 4	IEC-01	15	EMT
8	HOB	3500	1	20	63		2 x 4 , G - 2.5	IEC-01	15	EMT
9	HOOD	430	1	16	63		2 x 2.5 , G - 2.5	IEC-01	15	EMT
TOTAL CONNECTED LOAD (VA)		13553	MAIN CB				MAIN FEEDER		RACEWAY	
			70 AT / 100 AF				2 x 25 , G - 6 IEC-01 CONDUIT 32 mm EMT			
88.3 % DEMAND LOAD (VA)		11964	30(100)A 1P							

ตารางที่ 4.4 ตารางโหลดห้องพัก Duplex3

LOAD SCHEDULE : **PANELBOARD**

NAME : LPD3 LOCATION : RESIDENTIAL UNIT

CAPACITY (CCT) : 12 MAIN BAR : 150 A

CONNECTED TO : DBX (X = 1 , 7)

CCT NO.	DESCRIPTION	CONNECTED LOAD (VA)	CIRCUIT BREAKER				CONDUCTOR		RACE WAY	
			POLE	AT	AF	IC	SIZE (mm^2)	TYPE	mm^2	TYPE
1	Lighting	183	1	16	63		2 x 2.5 , G - 2.5	IEC-01	15	EMT
2	Receptacle	900	1	16	63		2 x 2.5 , G - 2.5	IEC-01	15	EMT
3	Receptacle	720	1	16	63		2 x 2.5 , G - 2.5	IEC-01	15	EMT
4	Receptacle	1260	1	16	63		2 x 2.5 , G - 2.5	IEC-01	15	EMT
5	Air Condition (Bed Room)	1034	1	16	63		2 x 2.5 , G - 2.5	IEC-01	15	EMT
6	Air Condition (Living Room)	1034	1	16	63		2 x 2.5 , G - 2.5	IEC-01	15	EMT
7	Air Condition (Living Room)	1414	1	20	63		2 x 2.5 , G - 2.5	IEC-01	15	EMT
8	Water Heater	4000	1	25	63		2 x 4 , G - 4	IEC-01	15	EMT
9	Water Heater	4000	1	25	63		2 x 4 , G - 4	IEC-01	15	EMT
10	HOB	3500	1	20	63		2 x 2.5 , G - 1.5	IEC-01	15	EMT
11	HOOD	430	1	16	63		2 x 2.5 , G - 1.5	IEC-01	15	EMT
TOTAL CONNECTED LOAD (VA)		18475	MAIN CB				MAIN FEEDER		RACEWAY	
			100 AT / 100 AF				2 x 35 , G - 10 IEC-01 CONDUIT 32 mm EMT			
90.7 % DEMAND LOAD (VA)		16760	50 (150) A 1P							

ตารางที่ 4.5 ตารางแสดงแผงจ่ายไฟ ที่ 1 ชั้น2

NAME	:	DB1						**LOCATION :**	SECOND FLOOR	
CAPACITY (CCT)	:	12						**MAIN BAR :**	250 A	
CONNECTED TO	:	FCB						**NEUTRAL :**	100 %	
FEEDER NO.	DESCRIPTION	CONNECTED LOAD (VA)			CIRCUIT BREAKER			CONDUCTOR		RACE WAY
		R	Y	B	POLE	AT	IC	SIZE (mm^2)	TYPE	
F1	LP101 (LPD3)	18475			1	110		2 x 35 , G - 10	IEC-01	32 mm EMT
F2	LP201 (LPA)		11512		1	70		2 x 16 , G - 6	IEC-01	25 mm EMT
F3	LP103 (LPD1)			13553	1	80		2 x 25 , G - 6	IEC-01	32 mm EMT
F4	LP105 (LPD1)	13553			1	80		2 x 25 , G - 6	IEC-01	32 mm EMT
F5	LP204 (LPA)		11512		1	70		2 x 16 , G - 6	IEC-01	25 mm EMT
F6	LP102 (LPD1)			13553	1	80		2 x 25 , G - 6	IEC-01	32 mm EMT
F7	LP202 (LPA)	11512			1	70		2 x 16 , G - 6	IEC-01	25 mm EMT
F8	LP203 (LPA)		11512		1	70		2 x 25 , G - 6	IEC-01	25 mm EMT
F9	LP104 (LPD1)			13553	1	80		2 x 25 , G - 6	IEC-01	32 mm EMT
F10	SPARE	-			1	32		-	-	-
F11	LP205 (LPA)		11512		1	70		2 x 16 , G - 6	IEC-01	25 mm EMT
F12	SPARE			-	1	32		-	-	-
TOTAL		43540	46048	40659	MAIN CB			MAIN FEEDER		RACEWAY
CONNECTED LOAD (VA)		130247			MCCB			4 x 150 , G - 25 IEC-01		
90 % DEMAND LOAD (VA)		117222.3			3P 225 AT / 400 AF			CONDUIT 80 mm EMT		

ตารางที่ 4.6 ตารางแสดงแผงจ่ายไฟ ที่ 2 , 3 , 4 , 5 ชั้น 3 , 4 , 5 , 6

NAME :	DBX (X = 2 , 3 , 4 , 5)						**LOCATION :**	THIRD FLOOR		
CAPACITY (CCT) :	12						**MAIN BAR :**	300 A		
CONNECTED TO :	FCB						**NEUTRAL :**	100 %		
FEEDER NO.	DESCRIPTION	CONNECTED LOAD (VA)			CIRCUIT BREAKER			CONDUCTOR		RACE WAY
		R	Y	B	POLE	AT	IC	SIZE (mm^2)	TYPE	
F1	LP301 (LPC)	11939			1	70		2 x 16 , G - 6	IEC-01	25 mm EMT
F2	LP305 (LPA)		11512		1	70		2 x 16 , G – 6	IEC-01	25 mm EMT
F3	LP309 (LPA)			11512	1	70		2 x 16 , G – 6	IEC-01	25 mm EMT
F4	LP302 (LPA)	11512			1	70		2 x 16 , G – 6	IEC-01	25 mm EMT
F5	LP306 (LPA)		11512		1	70		2 x 16 , G – 6	IEC-01	25 mm EMT
F6	LP310 (LPA)			11512	1	70		2 x 16 , G – 6	IEC-01	25 mm EMT
F7	LP303 (LPA)	11512			1	70		2 x 16 , G – 6	IEC-01	25 mm EMT
F8	LP307 (LPC)		11939		1	70		2 x 16 , G – 6	IEC-01	25 mm EMT
F9	LP311 (LPA)			11512	1	70		2 x 16 , G – 6	IEC-01	25 mm EMT
F10	LP304 (LPA)	11512			1	70		2 x 16 , G – 6	IEC-01	25 mm EMT
F11	LP308 (LPB)		11939		1	70		2 x 16 , G – 6	IEC-01	25 mm EMT
F12	LP312 (LPA)			11512	1	70		2 x 16 , G – 6	IEC-01	25 mm EMT
TOTAL		46475	46902	46048	MAIN CB			MAIN FEEDER		RACEWAY
CONNECTED LOAD (VA)		139425			MCCB			4 x 150 , G - 25 IEC-01		
88.3 % DEMAND LOAD (VA)		117222.3			3P 250 AT / 400 AF			CONDUIT 80 mm EMT		

ตารางที่ 4.7 ตารางแสดงแผงจ่ายไฟ ที่ 6 ชั้น 7

NAME : DB6							LOCATION : SEVENTH FLOOR			
CAPACITY (CCT) : 12							MAIN BAR : 300 A			
CONNECTED TO : FCB							NEUTRAL : 100 %			
FEEDER NO.	DESCRIPTION	CONNECTED LOAD (VA)			CIRCUIT BREAKER			CONDUCTOR		RACE WAY
		R	Y	B	POLE	AT	IC	SIZE (mm^2)	TYPE	
F1	LP701 (LPD3)	18475			1	110		2 x 35 , G - 10	IEC-01	32 mm EMT
F2	LP702 (LPD1)		13553		1	80		2 x 25 , G - 6	IEC-01	32 mm EMT
F3	LP709 (LPA)			11512	1	70		2 x 16 , G - 6	IEC-01	25 mm EMT
F4	LP704 (LPA)	11512			1	70		2 x 16 , G - 6	IEC-01	25 mm EMT
F5	LP703 (LPD1)		13553		1	80		2 x 25 , G - 6	IEC-01	32 mm EMT
F6	LP710 (LPA)			11512	1	70		2 x 16 , G - 6	IEC-01	25 mm EMT
F7	LP705 (LPA)	11512			1	70		2 x 16 , G - 6	IEC-01	25 mm EMT
F8	LP707 (LPC)		11512		1	70		2 x 16 , G - 6	IEC-01	25 mm EMT
F9	LP711 (LPD1)			13553	1	80		2 x 25 , G - 6	IEC-01	32 mm EMT
F10	LP706 (LPA)	11512			1	70		2 x 16 , G - 6	IEC-01	25 mm EMT
F11	LP708 (LPB)		11512		1	70		2 x 16 , G - 6	IEC-01	25 mm EMT
F12	LP712 (LPD1)			13553	1	80		2 x 25 , G - 6	IEC-01	32 mm EMT
TOTAL		53011	50984	50130	MAIN CB			MAIN FEEDER		RACEWAY
CONNECTED LOAD (VA)		154125			MCCB			4 x 185 , G - 25 IEC-01		
88.5 % DEMAND LOAD (VA)		136410.1			3P 250 AT / 400 AF			CONDUIT 80 mm EMT		

ตารางที่ 4.8 ตารางแสดงแผงจ่ายไฟ ที่ 7 ชั้น 8

LOAD SCHEDULE : 380/220 V. DISTRIBUTION BOARD

NAME : DB7 LOCATION : EIGHT FLOOR

CAPACITY (CCT) : 12 MAIN BAR : 200 A

CONNECTED TO : FCB NEUTRAL : 100 %

FEEDER NO.	DESCRIPTION	CONNECTED LOAD (VA)			CIRCUIT BREAKER			CONDUCTOR		RACE WAY
		R	Y	B	POLE	AT	IC	SIZE (mm^2)	TYPE	
F1	LP801 (LPA)	11512			1	70		2 x 16 , G - 6	IEC-01	25 mm EMT
F2	LP804 (LPC)		11939		1	70		2 x 16 , G – 6	IEC-01	25 mm EMT
F3	LP806 (LPA)			11512	1	70		2 x 16 , G - 6	IEC-01	25 mm EMT
F4	LP802 (LPA)	11512			1	70		2 x 16 , G – 6	IEC-01	25 mm EMT
F5	LP805 (LPB)		11939		1	70		2 x 16 , G – 6	IEC-01	25 mm EMT
F6	LP807 (LPA)			11512	1	70		2 x 16 , G – 6	IEC-01	25 mm EMT
F7	LP803 (LPA)	11512			1	70		2 x 16 , G – 6	IEC-01	25 mm EMT
F8	SPARE		-		1	32		-	-	-
F9	SPARE			-	1	32		-	-	-
TOTAL		34536	23878	23024	MAIN CB			MAIN FEEDER		RACEWAY
CONNECTED LOAD (VA)		81438			MCCB			4 x 120 , G - 25 IEC-01		
90 % DEMAND LOAD (VA)		73294.2			3P 200 AT / 400 AF			CONDUIT 65 mm EMT		

ตารางที่ 4.9 ตารางแสดงแผงจ่ายไฟรวมห้องพัก

LOAD SCHEDULE :		**MAIN DISTRIBUTION BOARD**									
NAME :	FCB							LOCATION :	MDB ROOM		
CAPACITY (CCT) :	12							MAIN BAR :	1500 A		
CONNECTED TO :	MDB							NEUTRAL :	100 %		
FEEDER NO.	DESCRIPTION	CONNECTED LOAD (VA)				CIRCUIT BREAKER			CONDUCTOR		RACE WAY
		R	Y	B	TOTAL	POLE	AT	IC	SIZE (mm^2)	TYPE	
F1	DB1	43540	46048	40659	130247	3	225 AT		4 x 150 , G - 25	IEC-01	80 mm EMT
F2	DB2	46475	46902	46048	139425	3	250 AT		4 x 150 , G - 25	IEC-01	80 mm EMT
F3	DB3	46475	46902	46048	139425	3	250 AT		4 x 150 , G - 25	IEC-01	80 mm EMT
F4	DB4	46475	46902	46048	139425	3	250 AT		4 x 150 , G - 25	IEC-01	80 mm EMT
F5	DB5	46475	46902	46048	139425	3	250 AT		4 x 150 , G - 25	IEC-01	80 mm EMT
F6	DB6	53011	50984	50130	154144	3	250 AT		4 x 185 , G - 25	IEC-01	80 mm EMT
F7	DB7	34536	23878	23024	81438	3	200 AT		4 x 120 , G - 25	IEC-01	65 mm EMT
TOTAL		316987	308518	298005	923510	MAIN CB			MAIN FEEDER		RACEWAY
CONNECTED LOAD (VA)		923510				MCCB			4 set of { 4 x 300 , G - 95 IEC-01		
63.97% DEMAND LOAD (VA)		590770				3P 1200 AT / 1600 AF			In conduit 90 mm }		

ตารางที่ 4.10 ตารางแสดงแผงจ่ายไฟส่วนกลาง ที่ 1 ชั้น2

NAME : LPN1						LOCATION : SECOND FLOOR			
CAPACITY (CCT) : 12						MAIN BAR : 25 A			
CONNECTED TO : MDP.P						NEUTRAL : 100 %			
CCT NO.	DESCRIPTION	CONNECTED LOAD (VA)			CIRCUIT BREAKER		CONDUCTOR		RACE WAY
		R	Y	B	POLE	AT	SIZE (mm^2)	TYPE	
1	Lighting (โรงจอดรถ+โถงลิฟต์)	283			1	16	2x2.5 , G - 2.5	IEC-01	15 mm EMT
3	Lighting (ทางเดินชั้น1)		47		1	16	2x2.5 , G - 2.5	IEC-01	15 mm EMT
5	Lighting (ห้องโถง+ห้องน้ำ)			210	1	16	2x2.5 , G - 2.5	IEC-01	15 mm EMT
7	Lighting (ทางเดินชั้น2)	93			1	16	2x2.5 , G - 2.5	IEC-01	15 mm EMT
9	Lighting (ทางเดินชั้น2)		85		1	16	2x2.5 , G - 2.5	IEC-01	15 mm EMT
11	Receptacle 2nd FL			900	1	16	2x2.5 , G - 2.5	IEC-01	15 mm EMT
2	Lighting (ห้องปั๊ม)	67			1	16	2x2.5 , G - 2.5	IEC-01	15 mm EMT
4	Lighting (ทางเดินชั้น1)		47		1	16	2x2.5 , G - 2.5	IEC-01	15 mm EMT
6	Receptacle 1th FL			360	1	16	2x2.5 , G - 2.5	IEC-01	15 mm EMT
8	Receptacle 2nd FL	900			1	16	2x2.5 , G - 2.5	IEC-01	15 mm EMT
10	LPN.LE		3486		1	20	2 x 4 , G - 2.5	IEC-01	15 mm EMT
12	SPARE			-	-	-	-	-	-
TOTAL		1343	3665	1470	MAIN CB		MAIN FEEDER		RACEWAY
CONNECTED LOAD (VA)		6478			3P 32 AT / 63 AF		4 x 10 , G - 4 IEC - 01		
80% DEMAND LOAD (VA)		5183					CONDUIT 25 mm EMT		

ตารางที่ 4.11 ตารางแสดงแผงจ่ายไฟห้องนิติบุคคล

LOAD SCHEDULE :			**PANELBOARD**							
NAME :	LPN.LE						LOCATION :	LEGAL ENTITY ROOM		
CAPACITY (CCT) :	12						MAIN BAR :	25 A		
CONNECTED TO :	LPN1						NEUTRAL :	100 %		
CCT NO.	DESCRIPTION	CONNECTED LOAD (VA)	CIRCUIT BREAKER				CONDUCTOR		RACE WAY	
			POLE	AT	AF	IC	SIZE (mm^2)	TYPE		
1	Lighting	32	1	15	63		2x2.5, G - 2.5	IEC - 01	15 mm EMT	
2	Receptacle	540	1	15	63		2x2.5, G - 2.5	IEC - 01	15 mm EMT	
3	A/C	1414	1	15	63		2x2.5, G - 2.5	IEC - 01	15 mm EMT	
4	Fire Alarm & Access control	1500	1	16	63		2x2.5, G - 2.5	IEC - 01	15 mm EMT	
TOTAL CONNECTED LOAD (VA)		3486	MAIN CB				MAIN FEEDER		RACEWAY	
80% DEMAND LOAD (VA)		2789	20 AT / 50 AF				2 x 4 , G – 2.5 IEC - 01 CONDUIT 15 mm EMT			

ตารางที่ 4.12 ตารางแสดงแผงจ่ายไฟส่วนกลาง ที่ 2 ชั้น 4

LOAD SCHEDULE :		**PANELBOARD**							
NAME :		LPN2					LOCATION :	FORTH FLOOR	
CAPACITY (CCT) :							MAIN BAR :	40 A	
CONNECTED TO :		MDP.P					NEUTRAL :	100 %	
CCT NO.	DESCRIPTION	CONNECTED LOAD (VA)			CIRCUIT BREAKER		CONDUCTOR		RACE WAY
		R	Y	B	POLE	AT	SIZE (mm^2)	TYPE	
1	Lighting (ทางเดินชั้น3)	100			1	16	2x2.5 , G - 2.5	IEC-01	15 mm EMT
3	Lighting (ทางเดินชั้น4)		100		1	16	2x2.5 , G - 2.5	IEC-01	15 mm EMT
5	Lighting (ทางเดินชั้น5)			100	1	16	2x2.5 , G - 2.5	IEC-01	15 mm EMT
7	Lighting (บันได)	445			1	16	2x2.5 , G - 2.5	IEC-01	15 mm EMT
9	Receptacle 4th FL		900		1	16	2x2.5 , G - 2.5	IEC-01	15 mm EMT
11	Receptacle 5th FL			900	1	16	2x2.5 , G - 2.5	IEC-01	15 mm EMT
2	Lighting (ทางเดินชั้น3)	100			1	16	2x2.5 , G - 2.5	IEC-01	15 mm EMT
4	Lighting (ทางเดินชั้น4)		100		1	16	2x2.5 , G - 2.5	IEC-01	15 mm EMT
6	Lighting (ทางเดินชั้น5)			100	1	16	2x2.5 , G - 2.5	IEC-01	15 mm EMT
8	Receptacle 3rd FL	900			1	16	2x2.5 , G - 2.5	IEC-01	15 mm EMT
10	Lighting (บันได)		356		1	16	2x2.5 , G - 2.5	IEC-01	15 mm EMT
12	SPARE			-	-	-	-	-	-
TOTAL		1545	1456	1100	MAIN CB		MAIN FEEDER		RACEWAY
CONNECTED LOAD (VA)		4101			3P 32 AT / 63 AF		4 x 10 , G – 10 IEC - 01		
80% DEMAND LOAD (VA)		3281					CONDUIT 25 mm EMT		

ตารางที่ 4.13 ตารางแสดงแผงจ่ายไฟส่วนกลาง ที่ 3 ชั้น 7

LOAD SCHEDULE : **PANELBOARD**

NAME : LPN3 LOCATION : SEVENTH FLOOR

CAPACITY (CCT) : 12 MAIN BAR : 40 A

CONNECTED TO : MDP.P NEUTRAL : 100 %

CCT NO.	DESCRIPTION	CONNECTED LOAD (VA)			CIRCUIT BREAKER		CONDUCTOR		RACE WAY
		R	Y	B	POLE	AT	SIZE (mm^2)	TYPE	
1	Lighting (ทางเดินชั้น6)	100			1	16	2x2.5 , G - 2.5	IEC-01	15 mm EMT
3	Lighting (ทางเดินชั้น7)		100		1	16	2x2.5 , G - 2.5	IEC-01	15 mm EMT
5	Lighting (ทางเดินชั้น8)			100	1	16	2x2.5 , G - 2.5	IEC-01	15 mm EMT
7	Lighting (ดาดฟ้า)	54			1	16	2x2.5 , G - 2.5	IEC-01	15 mm EMT
9	Receptacle 7th FL		900		1	16	2x2.5 , G - 2.5	IEC-01	15 mm EMT
11	Receptacle 8th FL			900	1	16	2x2.5 , G - 2.5	IEC-01	15 mm EMT
2	Lighting (ทางเดินชั้น6)	100			1	16	2x2.5 , G - 2.5	IEC-01	15 mm EMT
4	Lighting (ทางเดินชั้น7)		100		1	16	2x2.5 , G - 2.5	IEC-01	15 mm EMT
6	Lighting (ทางเดินชั้น8)			100	1	16	2x2.5 , G - 2.5	IEC-01	15 mm EMT
8	Receptacle 6th FL	900			1	16	2x2.5 , G - 2.5	IEC-01	15 mm EMT
10	SPARE		-		1	25	-	-	-
12	SPARE			-	1	25	-	-	-
TOTAL		1154	1100	1100	MAIN CB		MAIN FEEDER		RACEWAY
CONNECTED LOAD (VA)		3354			3P 32 AT / 63 AF		4 x 10 , G - 4 IEC - 01		
80% DEMAND LOAD (VA)		2684					CONDUIT 25 mm EMT		

ตารางที่ 4.14 ตารางแสดงแผงจ่ายไฟรวมส่วนกลาง

LOAD SCHEDULE : **380/220 V. DISTRIBUTION BOARD**

NAME : MDP.P LOCATION : MDB ROOM

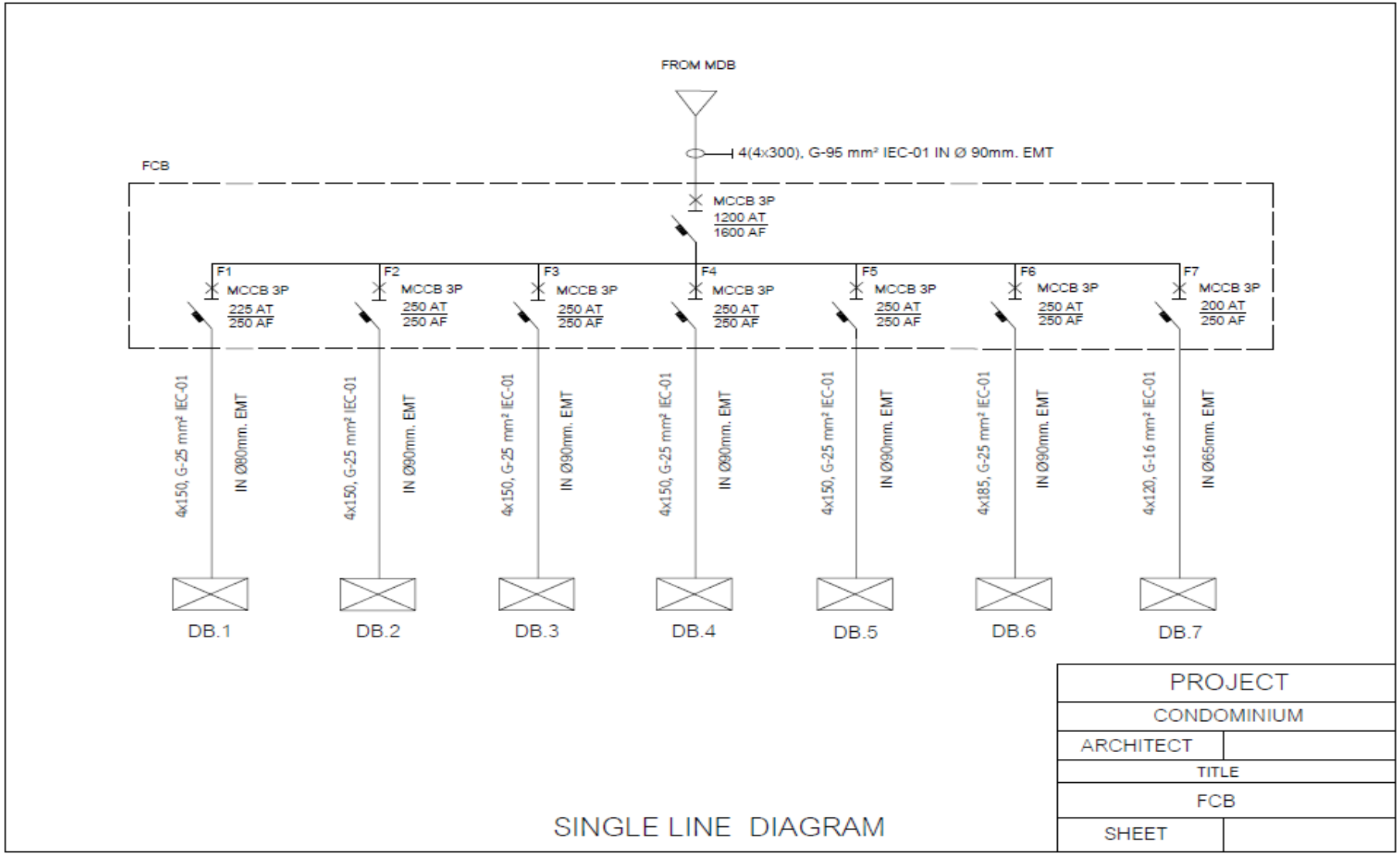
CAPACITY (CCT) : 12 MAIN BAR : 40 A

CONNECTED TO : MDB NEUTRAL : 100 %

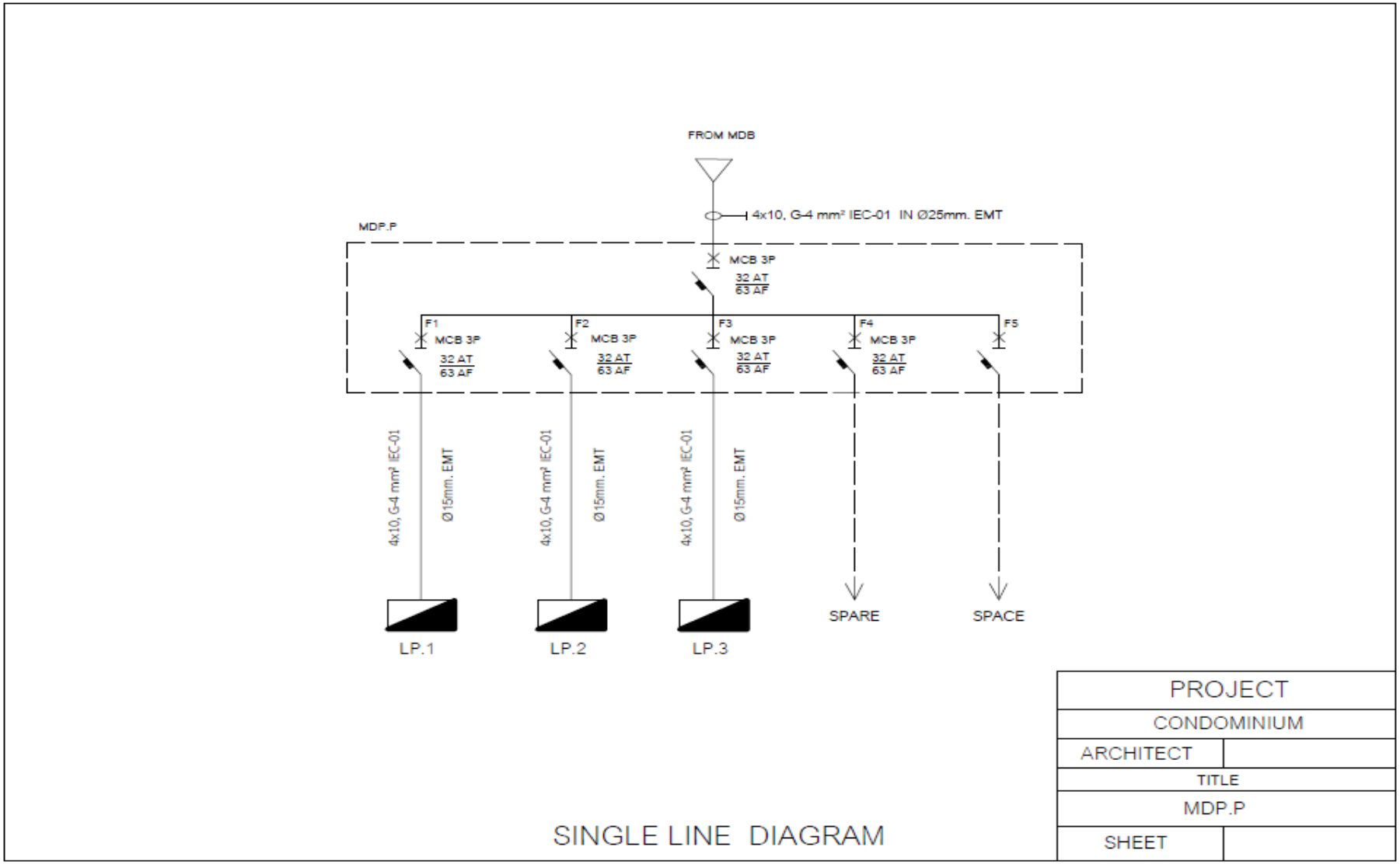
FEEDER NO.	TO	CONNECTED LOAD (VA)				CIRCUIT BREAKER			CONDUCTOR		RACE WAY	
		R	Y	B	TOTAL	POLE	AT	IC	SIZE (mm^2)	TYPE	Ø (inch)	TYPE
F1	LPN.1	1343	3665	1470	6478	3	32 AT		4 x 10 , G – 4	IEC-01	1/2"	EMT
F2	LPN.2	1545	1456	1100	4101	3	32 AT		4 x 10 , G – 4	IEC-01	1/2"	EMT
F3	LPN.3	1154	1100	1100	3354	3	32 AT		4 x 10 , G - 4	IEC-01	1/2"	EMT
F4	SPARE	-	-	-	-	3	32 AT		-	-	-	-
F5	SPACE	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-
TOTAL CONNECTED LOAD (VA)		4042	6221	3670	13933	MAIN CB			MAIN FEEDER		RACEWAY	
						MCCB 3P 32 AT / 63 AF			4 x 10 , G – 4 IEC - 01 CONDUIT 25 mm EMT			
80% DEMAND LOAD (VA)		11147										

ตารางที่ 4.15 ตารางแสดงแผงจ่ายไฟประธาน

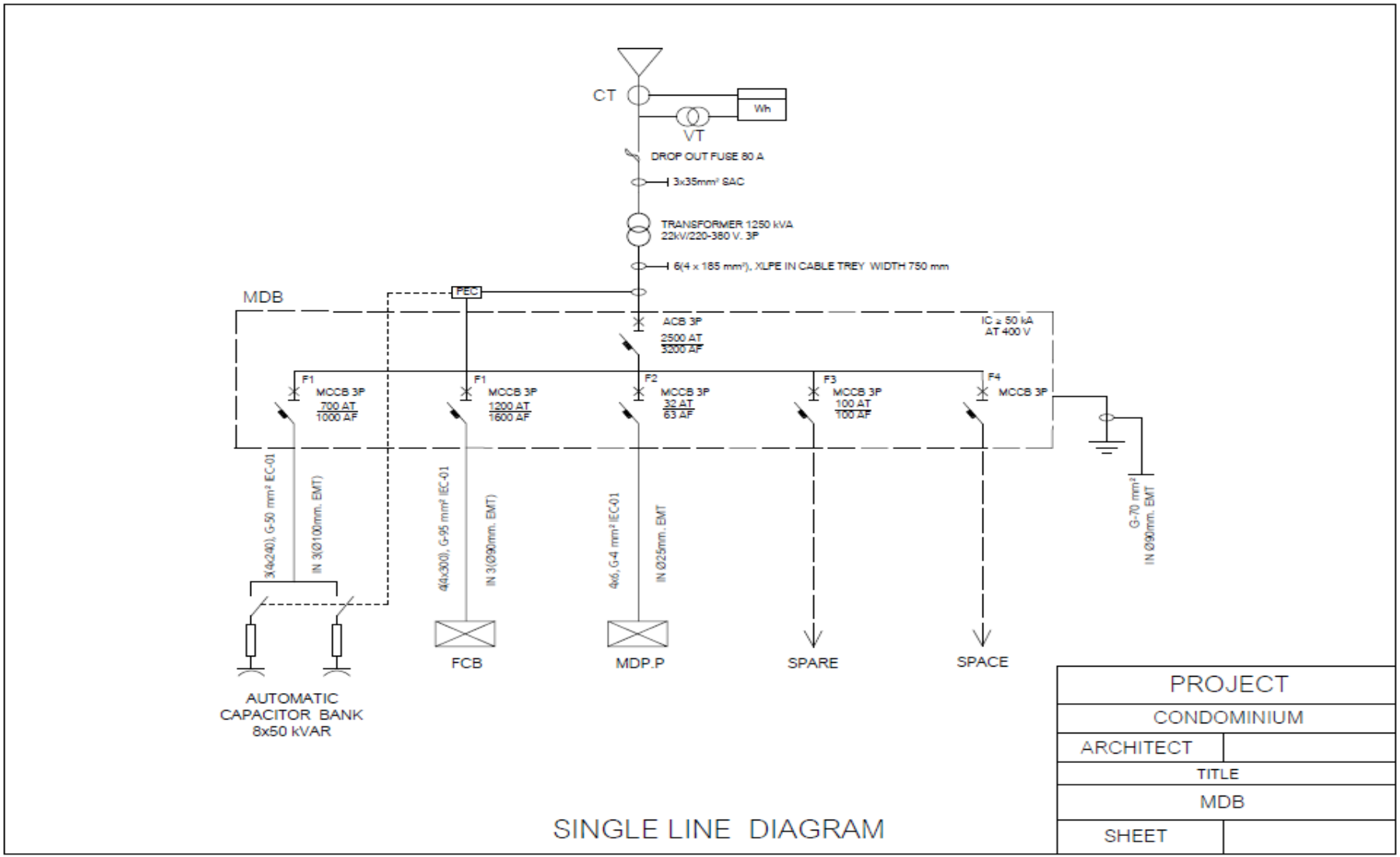
LOAD SCHEDUL :				**MAIN DISTRIBUTION BOARD**						
NAME :	MDB						LOCATION :	MDB ROOM		
CAPACITY (CCT) :	12						MAIN BAR :	3200		
CONNECTED TO :	TRANFORMER						NEUTRAL :	100 %		
FEEDER NO.	DESCRIPTION	CONNECTED LOAD (kVA)				CIRCUIT BREAKER		CONDUCTOR		RACE WAY
		R	Y	B	TOTAL	POLE	AT	SIZE (mm^2)	TYPE	
F1	CAP	-	-	-	400	3	700AT	3 (4 x 240 , G-50)	IEC-01	3(100) mm EMT
F2	FCB	317	309	298	924	3	1200 AT	4 (4 x 300 , G-95)	IEC-01	90 mm EMT
F3	MDP.P	4.05	6.23	3.67	13.95	3	32 AT	4 x 6 , G – 4	IEC-01	25 mm EMT
F4	SPARE	-	-	-	-	3	100 AT	-	-	-
F5	SPACE	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL CONNECTED LOAD (kVA)		321.05	315.23	301.67	937.95	MAIN CB		MAIN FEEDER		RACEWAY
		937.95				MCCB 3P 2500AT / 3200 AF		6 set of { 4 x 300 , G – 70 XLPE in 750 mm CABLE TREY }		



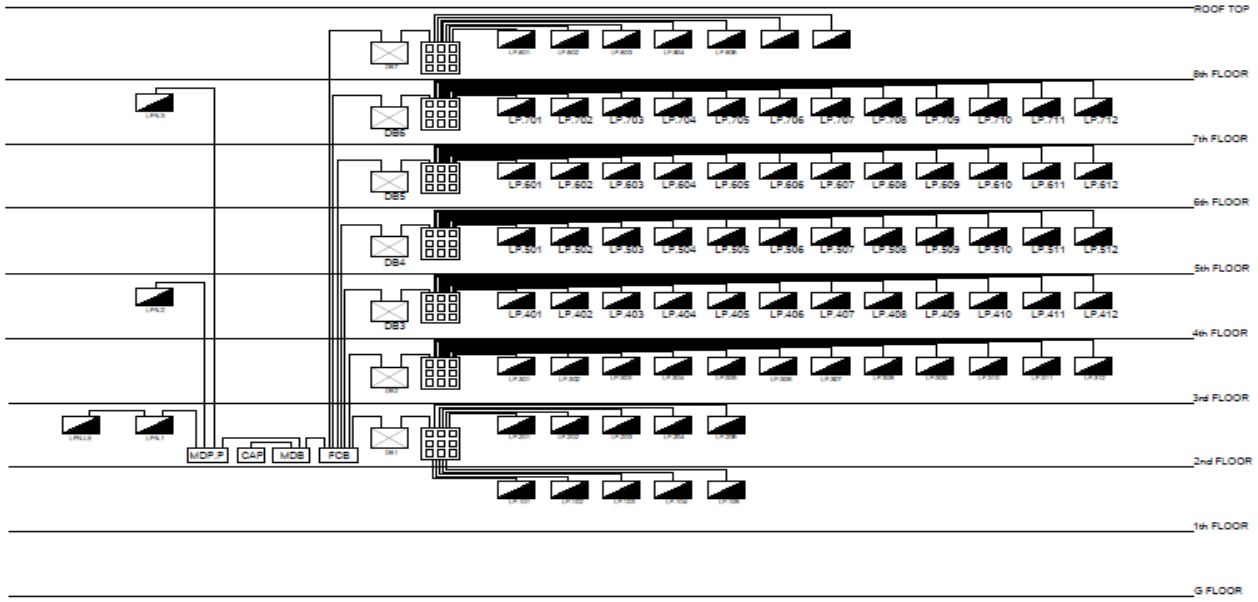
รูปที่ 4.1 แผนภาพเส้นเดียวของแผงจ่ายไฟรวมของห้องพัก



รูปที่ 4.2 แผนภาพเส้นเดียวของแผงจ่ายไฟรวมของส่วนกลาง



รูปที่ 4.3 แผนภาพเส้นเดียวของแผงจ่ายไฟประธาน



RISER DIAGRAM

PROJECT	
CONDOMINIUM	
ARCHITECT	
TITLE	
SHEET	

รูปที่ 4.4 แผนภาพแนวตั้งของระบบไฟฟ้าภายในอาคาร

4.2.ระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ (Fire Alarm System)

4.2.1การออกแบบอุปกรณ์ตรวจจับ

4.2.1.1 ห้องนอน ห้องนั่งเล่น ต้องติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับควัน (S)

4.2.1.2 ช่องทางเดิน บันได ต้องติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับควัน (S)

4.2.1.3 ห้องน้ำ ห้องครัว ต้องติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับความร้อน (H)

4.2.1.4 ห้องเครื่องปั๊ม ห้องขยะ ต้องติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับความร้อน (H)

4.2.1.5 ที่จอดรถ ต้องติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับความร้อน (H)

4.2.1.6 ห้องไฟฟ้า ต้องติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับความร้อน (H) หรือติดตั้งทั้งอุปกรณ์ตรวจจับความร้อน (H) และอุปกรณ์ตรวจจับควัน (S)

4.2.2 อุปกรณ์แจ้งเหตุด้วยมือ

ต้องติดต้องครอบคลุมทุกพื้นที่ทางเข้าออกของอาคารและที่แต่ละชั้นของทางหนีไฟของอาคารและระยะห่างระหว่างอุปกรณ์แจ้งเหตุไม่เกิน 60 เมตร

4.2.3 อุปกรณ์แจ้งเหตุด้วยเสียง

ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์แจ้งเหตุไม่เกิน 30 เมตร

4.2.4 การแบ่งโซน

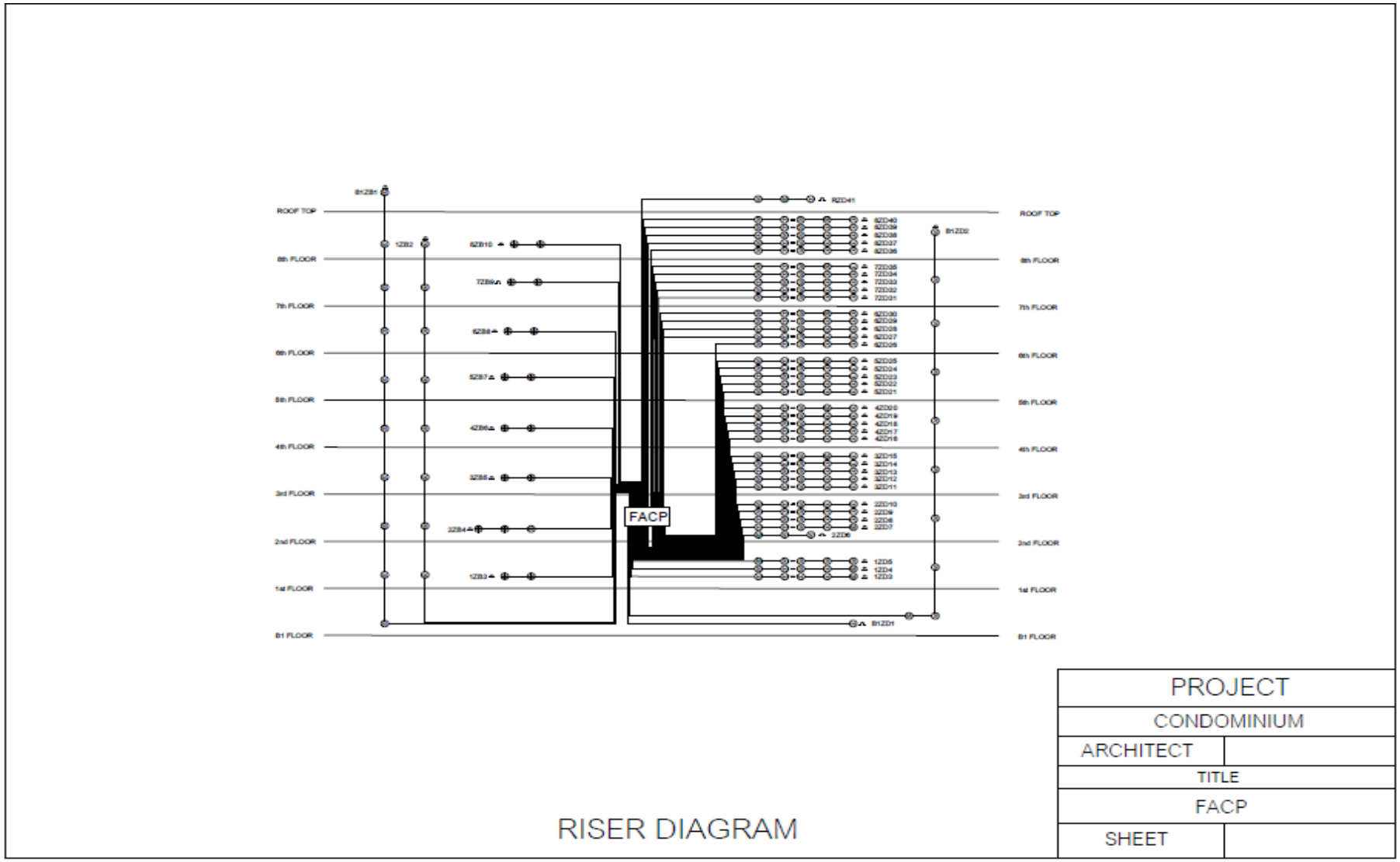
ทุกชั้นจะแบ่งเป็น 4 โซน ยกเว้นชั้นที่ 1 จะแบ่งเป็น 2 โซน เนื่องจากมีพื้นที่ที่จอดรถโดยพื้นที่แบ่งโซนทั้งหมดจะมีโซนอุปกรณ์ตรวจจับทั้งหมด 41 โซน โดยชั้นใต้ดินมี 2 โซน ชั้นที่ 1 มี 3 โซน ชั้น 2 ถึง 8 มีชั้นละ 5 โซน และชั้นดาดฟ้ามี 1 โซน และโซนอุปกรณ์แจ้งเหตุด้วยเสียงทั้งหมด 10 โซน โดยมีโซนอุปกรณ์แจ้งเหตุด้วยเสียงทุกชั้นชั้น 1 ถึง 8 ชั้นละ 1 โซน และบันได 2 ที่ที่ละ 1 โซน

4.2.5 การเลือกใช้อุปกรณ์ตรวจจับควัน (Smoke Detector, S)

เลือกใช้รุ่น 100 Series Low-Profile Plug-in Smoke Detectors ครอบคลุมพื้นที่ 900 ตารางฟุต เท่ากับ 83.61 ตารางเมตร, ระยะห่าง 30 ฟุต เท่ากับ 9.14 เมตร

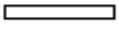
4.2.6 การเลือกใช้อุปกรณ์ตรวจจับความร้อน (Heat Detector, H)

เลือกใช้รุ่น 100 Series Plug-in Thermal Detectors ครอบคลุมพื้นที่ 2500 ตารางฟุต = 232.26 ตารางเมตร, ระยะห่าง 50 ฟุต = 15.24 เมตร



รูปที่ 4.5 แผนภาพแนวตั้งของระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ภายในอาคาร

สัญลักษณ์และความหมายในงานไฟฟ้า

Symbol	Description
	LED Downlight 7 W
	LED Fluorescent 20 W
	Load Panel
	Distribution Board
	Transformer
S	Single Switch
	Junction Box For...
	Simplex Receptacle with Ground
	Duplex Receptacle with Ground
	Circuit Breaker
	Ground
	Smoke Detector
	Heat Detector
	Manual Station
	Alarm Bell
	EOL Resistor

รูปที่ 4.6 แสดงสัญลักษณ์และคำอธิบายในแบบทางไฟฟ้า

บทที่ 5
สรุปผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

โครงงานนี้เป็นการออกแบบระบบไฟฟ้าและระบบสัญญาณแจ้งเหตุเพลิงไหม้สำหรับคอนโดมิเนียม โดยใช้โปรแกรม Auto CAD เข้ามาช่วยในการเขียนแบบ เช่น การเดินสายของหลอดไฟ การเดินสายของเต้ารับ จากนั้นก็จะทำการออกแบบสายไฟฟ้า ขนาดท่อร้อยสาย เซอร์กิตเบรกเกอร์ ขนาดหม้อแปลงที่เหมาะสมกับโหลดและออกแบบระบบสัญญาณแจ้งเหตุเพลิงไหม้ให้เหมาะสมกับสถานที่ ในการออกแบบครั้งนี้จะคำนึงถึงเรื่องการประหยัดพลังงานด้วย โดยเลือกใช้หลอดไฟ LED ที่มีค่า PF สูงและให้ค่าความสว่างที่สูงทั้งยังกินไฟต่ำ และการเลือกติดตั้งเครื่องปรับอากาศที่มีความเหมาะสมกับขนาดของห้องรวมถึงเลือกประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ ก็น่าจะเป็นผลทำให้สามารถประหยัดพลังงานได้ระดับหนึ่ง โดยรวมทั้งหมดของโครงงานนี้ได้ทำการออกแบบโดยคำนึงถึงความปลอดภัยและการประหยัดพลังงานเป็นหลักและทั้งหมดก็จะอ้างอิงตามมาตรฐานทุกประการ

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 การออกแบบครั้งนี้ควรจะออกแบบให้มีความสวยงามควบคู่ไปกับการประหยัดพลังงาน

5.2.2 ควรศึกษาเรื่องระบบสัญญาณแจ้งเหตุเพลิงไหม้ให้ลึกซึ้งกว่านี้

5.2.3 ขาดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการใช้โปรแกรม Auto CAD ในการออกแบบ ควรใช้เวลาในการทำความเข้าใจให้มากขึ้นกว่านี้

เอกสารอ้างอิง

คณะกรรมการสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า. (2545). *มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้า สำหรับประเทศไทย* กรุงเทพฯ.

ชำนาญ ห่อเกียรติ. (2540). *เทคนิคการส่องสว่าง.* พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ทัศน์ระวี ประไพพงษ์. (2550). *AutoCAD ฉบับ Workshop for Home Design*. พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพฯ: วิตตี้กรุ๊ป.

ธนบูรณ์ ศศิภานุเดช. (2548). *การออกแบบระบบแสงสว่าง*. กรุงเทพมหานคร: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์. (2548). *การออกแบบระบบไฟฟ้า.* พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: จี.บี.พี. เซนเตอร์.

พิชญ์ อภิรติมัย; และคนอื่นๆ. (2554). *การออกแบบระบบส่องสว่างภายนอกอาคาร สำหรับรีสอร์ท.*

อภิรัตน์ บางศิริ. (2552). *เขียนแบบทางวิศวกรรมไฟฟ้า และสถาปัตยกรรมด้วย AutoCAD 2010.* พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: ซัคเซส มีเดีย.

อินทรชิต หอวิจิตร. (2549). *เขียนแบบด้วย AutoCAD2007*. กรุงเทพฯ: โปรวิชั่น.

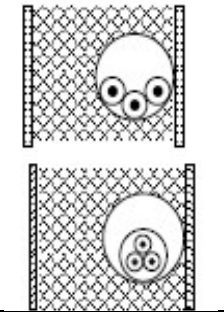
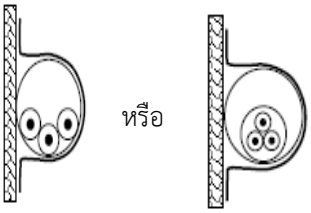
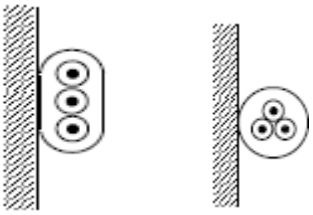
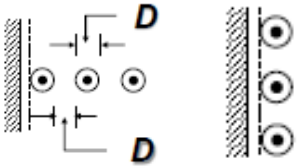
ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์. (2556). *การออกแบบระบบไฟฟ้า*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: ทีซีจี พริ้นติ้ง.

ภาคผนวก

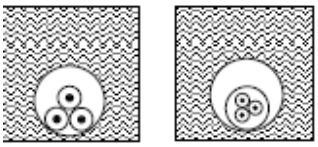
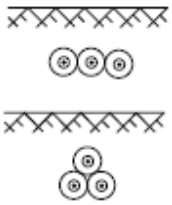
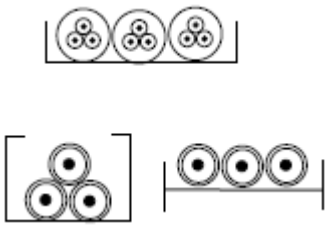
ภาคผนวก

(มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2556)

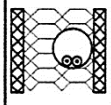
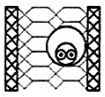
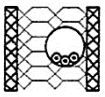
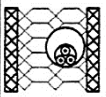
ตารางที่ ก1 รูปแบบการติดตั้งอ้างอิง

วิธีการเดินสาย	รูปแบบการติดตั้ง	ลักษณะการติดตั้ง	หมายเหตุ
สายแกนเดี่ยวหรือหลายแกนหุ้มฉนวน มี/ไม่มีเปลือกนอก เดินในท่อโลหะหรืออโลหะภายในฝ้าเพดานที่เป็นฉนวนความร้อน หรือผนังกันไฟ	หรือ 	กลุ่มที่ 1	ฝ้าเพดาน หรือผนังกันไฟที่เป็นฉนวนความร้อนคือวัสดุที่มีค่าการนำทางความร้อน(thermal conductance)อย่างน้อย 10 $W/m^2 \cdot K$*
สายแกนเดี่ยวหรือหลายแกนหุ้มฉนวน มี/ไม่มีเปลือกนอก เดินในท่อโลหะหรืออโลหะเดินเกาะผนังหรือเพดาน หรือฝังในผนังคอนกรีต หรือที่คล้ายกัน	 หรือ	กลุ่มที่ 2	กรณีฝังในผนังคอนกรีตหรือที่คล้ายกันผนังนั้นจะต้องมีค่าความต้านทานความร้อน (thermal resistivity) ไม่เกิน 2 $K \cdot W/m^2$
สายแกนเดี่ยวหรือหลายแกนหุ้มฉนวนมีเปลือกนอก เดินเกาะผนัง หรือเพดาน ที่ไม่มีสิ่งปิดหุ้มที่คล้ายกัน		กลุ่มที่ 3	-
สายเคเบิลแกนเดี่ยวหุ้มฉนวน มี/ไม่มีเปลือกนอก วางเรียงกันแบบมีระยะห่าง เดินบนฉนวนลูกถ้วยในอากาศ		กลุ่มที่ 4	ระยะห่างถึงผนังและระหว่างเคเบิลไม่น้อยกว่าเส้นผ่านศูนย์กลางเคเบิล

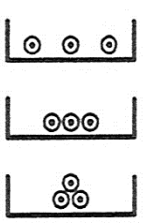
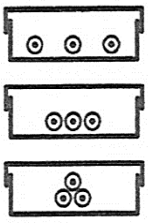
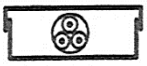
ตารางที่ ก1 รูปแบบการติดตั้งอ้างอิง(ต่อ)

สายแกนเดี่ยวหรือหลายแกนหุ้มฉนวนมีเปลือกนอก เดินในท่อโลหะหรืออโลหะฝังดิน		กลุ่มที่ 5	-
สายแกนเดี่ยว หรือหลายแกน หุ้มฉนวน มีเปลือกนอก ฝังดินโดยตรง		กลุ่มที่ 6	-
สายเคเบิลแกนเดี่ยวหรือหลายแกนหุ้มฉนวนมีเปลือกนอก วางบนรางเคเบิลแบบด้านล่างทึบ, รางเคเบิลแบบระบายอากาศ หรือรางเคเบิลแบบบันได		กลุ่มที่ 7	รางเคเบิลแบบระบายอากาศจะต้องมีพื้นที่รูระบายอากาศไม่น้อยกว่าร้อยละ 30 ของพื้นผิวรางเคเบิลทั้งหมด

ตารางที่ ก2 ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าทองแดงหุ้มฉนวนพีวีซี มี/ไม่มีเปลือกนอก สำหรับขนาดแรงดัน (U_0/U) ไม่เกิน 0.6/1 กิโลโวลต์ อุณหภูมิตัวนำ $70°C$ อุณหภูมิโดยรอบ $40°C$ เดินในช่องเดินสาย

ลักษณะการติดตั้ง	กลุ่มที่ 1				กลุ่มที่ 2			
จำนวนตัวนำกระแส	2		3		2		3	
ลักษณะตัวนำกระแส	แกนเดียว	หลายแกน	แกนเดียว	หลายแกน	แกนเดียว	หลายแกน	แกนเดียว	หลายแกน
รูปแบบการติดตั้ง								
รหัสชนิดเคเบิลที่ใช้งาน	60227 IEC 01, 60227 IEC 02, 60227 IEC 05, 60227 IEC 06, 60227 IEC 10, NYY, NYY-G, VCT, VCT-G, IEC 60502-1 และสายที่มีคุณสมบัติพิเศษต่างๆ เช่น สายทนไฟ, สายไร้ฮาโลเจน, สายควันน้อย เป็นต้น							
ขนาดสาย(ตร.มม.)	ขนาดกระแส (แอมแปร์)							
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
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 ก3 ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าตัวนำทองแดงหุ้มฉนวนคลอสลิงกด์พอลิเอทิลีน มีเปลือกนอก สำหรับขนาดแรงดัน (U_0/U) ไม่เกิน 0.6/1 กิโลโวลต์ อุณหภูมิตัวนำ $90°C$ อุณหภูมิโดยรอบ $40°C$ วางบนรางเคเบิลชนิดด้านล่างทึบ มี/ไม่มี ฝาปิด

ลักษณะการติดตั้ง	กลุ่มที่ 7			
ลักษณะตัวนำ	แกนเดียว		หลายแกน	
รูปแบบการติดตั้ง				
รหัสชนิดเคเบิลที่ใช้งาน	IEC 60502-1 และสายที่มีคุณสมบัติพิเศษต่างๆ เช่น สายทนไฟ, สายไร้ฮาโลเจน, สายควันน้อย เป็นต้น			
ขนาดสาย (ตร.มม.)	ขนาดกระแส (แอมแปร์)			
1	-	-	15	14
1.5	-	-	20	18
2.5	-	-	27	24
4	-	-	36	32
6	-	-	47	40
10	-	-	65	55
16	-	-	87	73
25	118	106	108	96
35	147	131	134	116
50	190	159	163	140
70	244	202	208	177
95	297	245	253	212
120	345	284	293	244
150	397	311	338	273
185	455	349	386	309
240	537	410	455	362
300	620	468	524	414
400	722	531	-	-
500	823	606	-	-

ตารางที่ ก4 ขนาดพื้นที่หน้าตัดของท่อร้อยสาย

ขนาด mm. (นิ้ว)	**พ.ท.หน้าตัด 100 % (mm^2)**	**สาย 1 เส้น 53 % (mm^2)**	**สาย 2 เส้น 31 % (mm^2)**	**สาย 3 เส้นขึ้นไป 40 % (mm^2)**
15 (1/2)	177	94	55	71
20 (3/4)	314	166	97	126
25 (1)	491	260	152	196
32 (1 1/4)	804	426	249	322
40 (1 1/2)	1257	666	390	503
50 (2)	1963	1041	609	785
65 (2 1/2)	3318	1759	1029	1327
80 (3)	5027	2664	1558	2011
90 (3 1/2)	6362	3372	1972	2545
100 (4)	7854	4163	2435	3142
125 (5)	12272	6504	3804	4909
150 (6)	17671	9366	5478	7069

หมายเหตุ

พื้นที่หน้าตัดท่อร้อยสาย คิดจากสูตร

$$A = (\pi / 4)\, d^2$$

โดย A = พื้นทีหน้าตัด (mm^2)

d = เส้นผ่านศูนย์กลาง (mm)

ตารางที่ ก5 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและพื้นที่หน้าตัดของสายไฟฟ้า

ขนาดสาย (mm^2)	สาย IEC 01		สาย NYY 1/C		สาย NYY 3/C		สาย NYY 4/C		สาย XLPE 1/C	
	เส้นผ่านศูนย์กลาง (mm)	พื้นที่หน้าตัด (mm^2)	เส้นผ่านศูนย์กลาง (mm)	พื้นที่หน้าตัด (mm^2)	เส้นผ่านศูนย์กลาง (mm)	พื้นที่หน้าตัด (mm^2)	เส้นผ่านศูนย์กลาง (mm)	พื้นที่หน้าตัด (mm^2)	เส้นผ่านศูนย์กลาง (mm)	พื้นที่หน้าตัด (mm^2)
1	-	-	8.8	60.8	-	-	-	-	-	-
1.5	3.3	8.5	9.2	66.5	-	-	-	-	6.5	33.1
2.5	4.0	12.5	9.8	75.4	-	-	-	-	7.0	38.4
4	4.6	16.6	10.5	86.6	-	-	-	-	7.5	44.1
6	5.2	21.2	11.0	95.0	-	-	-	-	8.0	50.2
10	6.7	35.2	12.0	113	-	-	-	-	8.5	56.7
16	7.8	47.7	13.0	133	-	-	-	-	9.5	70.8
25	9.7	73.8	14.5	165	-	-	-	-	11.5	104
35	10.9	93.9	16.0	201	-	-	-	-	12.5	123
50	12.8	129	17.0	227	36.0	1018	39.5	1225	14.0	154
70	14.6	167	19.0	284	40.5	1288	44.5	1555	15.5	189
95	17.1	230	21.5	363	46.0	1662	51.5	2083	17.5	241
120	18.8	278	23.0	416	50.5	2003	56.0	2463	19.5	299
150	20.9	343	26.0	531	56.0	2463	62.0	3019	21.5	363
185	23.3	426	28.0	616	61.5	2971	68.0	3632	23.8	434
240	26.6	556	31.5	779	69.0	3739	76.5	4596	26.5	552
300	29.6	668	35.0	962	76.0	4537	85.0	5675	29.0	661
400	33.2	866	38.5	1164	-	-	-	-	32.5	830
500	-	-	43.0	1452	-	-	-	-	36.5	1046

หมายเหตุ

- ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใช้ค่าใน มอก. 11-2533
- ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของสาย XLPE ใช้ค่าตามบริษัท Bangkok Cable

ตารางที่ ก6 ขนาดต่ำสุดของสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า

พิกัดหรือขนาดปรับตั้งของเครื่องป้องกันกระแส ไม่เกิน (A)	**ขนาดต่ำสุดของสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า (ตัวนำทองแดง) (mm^2)**
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

1. ขนาดต่ำสุดของสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้าใช้สำหรับที่อยู่อาศัย หรืออาคารของผู้ใช้ไฟที่อยู่ใกล้หม้อแปลงของระบบจำหน่ายภายในระยะ 100 m
2. กรณีที่ผู้ใช้ไฟอยู่ห่างจากหม้อแปลงระบบจำหน่ายเกิน 100 m ให้ดูภาคผนวก ณ ของมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทยของ ว.ส.ท

ประวัติย่อผู้ทำโครงงาน

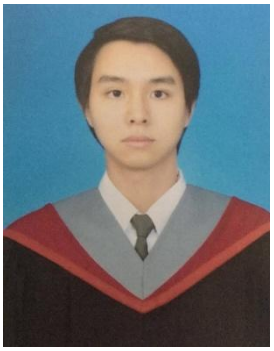
ประวัติย่อผู้ทำโครงงาน

ชื่อ ชื่อสกุล	นายบุญชัย บัวขม
วันเดือนปีเกิด	4 มีนาคม 2536
สถานที่เกิด	อำเภอวิเศษชัยชาญ จังหวัดอ่างทอง
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	20 หมู่ 10 ต.ศาลเจ้าโรงทอง
	อ.วิเศษชัยชาญ จ.อ่างทอง 14110
หมายเลขโทรศัพท์ติดต่อ	091-201-1420

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2554	มัธยมศึกษาปีที่ 6
	จากโรงเรียนวิเศษไชยชาญ “ตันติวิทยาภูมิ”
พ.ศ. 2560	กำลังศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ประวัติย่อผู้ทำโครงงาน



ชื่อ ชื่อสกุล	นายอภิสิทธิ์ จรรยาพาณิชกุล
วันเดือนปีเกิด	26 ธันวาคม 2537
สถานที่เกิด	เขตคันนายาว จังหวัดกรุงเทพฯ
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	11/85 แฟลตคลองจั่นที่ 11 ถนนเสรีไทย
	แขวงคลองจั่น เขตบางกะปิ จ.กรุงเทพฯ 10240
หมายเลขโทรศัพท์ติดต่อ	081-922-1218

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2556	มัธยมศึกษาปีที่ 6
	จากโรงเรียนบางกะปิ
พ.ศ. 2560	กำลังศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ประวัติย่อผู้ทำโครงงาน

ชื่อ ชื่อสกุล	นายสิทธิโชค หาญมนตรี
วันเดือนปีเกิด	24 ธันวาคม 2536
สถานที่เกิด	อำเภอเมืองพิจิตร จังหวัดพิจิตร
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	82/1 หมู่ 8 หมู่บ้านเนินสมอ ต.ป่ามะคาบ
	อ.เมือง จ.พิจิตร 66000
หมายเลขโทรศัพท์ติดต่อ	091-009-3881

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2555	มัธยมศึกษาปีที่ 6
	จากโรงเรียนพิจิตรพิทยาคม
พ.ศ. 2560	กำลังศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ