การออกแบบระบบไฟฟ้า และระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้สำหรับคอนโดมิเนียม

ELECTRICAL SYSTEM DESIGN AND FIRE ALARM SYSTEM DESIGN FOR CONDOMINIUM

นางสาวนทีกานต์ ยีทองภา

นางสาววิรัญญา วีขำ

นางสาวอรพรรณ บุญเพ็ง

โครงงานวิศวกรรมนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ปีการศึกษา 2559

การออกแบบระบบไฟฟ้า และระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้สำหรับคอนโดมิเนียม

ELECTRICAL SYSTEM DESIGN AND FIRE ALARM SYSTEM DESIGN FOR CONDOMINIUM

นางสาวนทีกานต์ ยีทองภา

นางสาววิรัญญา วีขำ

นางสาวอรพรรณ บุญเพ็ง

โครงงานวิศวกรรมนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ปีการศึกษา 2559

ลิขสิทธิ์เป็นของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

โครงงานวิศวกรรม

เรื่อง

การออกแบบระบบไฟฟ้า และระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้สำหรับคอนโดมิเนียม

ของ

นางสาวนทีกานต์ ยีทองภา

นางสาววิรัญญา วีขำ

นางสาวอรพรรณ บุญเพ็ง

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)

การออกแบบระบบไฟฟ้า และระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้สำหรับคอนโดมิเนียม
ปีการศึกษา 2559

โดย

นางสาวนทีกานต์ ยีทองภา

นางสาววิรัญญา วีขำ

นางสาวอรพรรณ บุญเพ็ง

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปฐมทัศน์ จิระเดชะ

บทคัดย่อ

โครงงานวิศวกรรมนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบระบบไฟฟ้า ให้สามารถจ่ายไฟฟ้า ได้เพียงพอต่อความต้องการของผู้ใช้ไฟฟ้า โดยการคำนวณโหลดหาขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์ สายป้อน ท่อร้อยสาย ไปจนถึงหาขนาดหม้อแปลง และออกแบบระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ ให้สามารถตรวจจับและแจ้งเหตุเพลิงไหม้ได้อย่างรวดเร็ว โดยมีการเลือกชนิดของอุปกรณ์ และกำหนดระยะติดตั้งให้เหมาะสมกับพื้นที่ใช้งาน เพื่อให้เป็นการออกแบบระบบที่มีคุณภาพ และมีความปลอดภัยในการใช้งาน นอกจากนี้ยังเพื่อให้สถานที่ใช้งานมีความน่าเชื่อถือ และมีความปลอดภัยในชีวิตทรัพย์สินของผู้ใช้งานหรือผู้อยู่อาศัย ซึ่งการออกแบบระบบไฟฟ้า และระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้เป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐาน

คำสำคัญ: การออกแบบระบบไฟฟ้า ระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้

ELECTRICAL SYSTEM DESIGN AND FIRE ALARM SYSTEM DESIGN FOR CONDOMINIUM

Academic Year 2016

By

Miss Nateekarn Yeethongpha

Miss Wirunya Weekham

Miss Orapan Boonpeng

Advisor

Assoc. Prof. Pathomthat Chiradeja

Abstract

This project aims use the computer programming to design the electrical system and the fire alarm system for high rise residential building. Starting from the required load, the load schedule for branch circuit can be determined. The feeder circuit and main feeder circuit are also presented in this project. The safety in primary concern under this design as well as the standard for electrical system design and fire alarm system design.

Keywords: electrical system design, fire alarm system design.

กิตติกรรมประกาศ

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

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอน มอบความรู้ ให้ความช่วยเหลือ และข้อเสนอแนะต่าง ๆ กับคณะผู้จัดทำโครงงาน ทางคณะผู้จัดทำโครงงานขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ท้ายที่สุดนี้ ทางคณะผู้จัดทำโครงงานขอขอบพระคุณบิดา มารดา และทุกคนในครอบครัวที่ให้การสนับสนุน ให้กำลังใจในการศึกษาตลอดมา และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าโครงงานวิศวกรรมนี้ จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจนำไปศึกษาไม่มากก็น้อยต่อไป ความดีและประโยชน์ใด ๆ จากโครงงานวิศวกรรมนี้ ขอมอบให้กับ ผู้มีพระคุณทุกท่านที่ได้กล่าวมาทั้งหมด

คณะผู้จัดทำโครงงาน

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย		ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		ข
กิตติกรรมประกาศ		ค
สารบัญ		ง
สารบัญตาราง		ฉ
สารบัญรูป		ช
รายการสัญลักษณ์		ฐ
ประมวลคำย่อ		ฒ
บทที่ 1	บทนำ	1
	1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน	1
	1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	2
	1.3 ขอบเขตของโครงงาน	2
	1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2	ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	3
	2.1 การออกแบบระบบไฟฟ้า	3
	2.1.1 หลักการเบื้องต้นของการออกแบบระบบไฟฟ้า	3
	2.1.2 สายไฟฟ้า	8
	2.1.3 ท่อสาย	16
	2.1.4 บริภัณฑ์ไฟฟ้า	26
	2.1.5 การต่อลงดิน	37
	2.1.6 วงจรย่อยและสายป้อนไฟฟ้าแสงสว่างหรือบริภัณฑ์ไฟฟ้า	47
	2.1.7 การคำนวณโหลด	51
	2.1.8 วงจรประธาน	57
	2.1.9 สรุปการวางแผนการออกแบบระบบการจ่ายไฟฟ้า	61
	2.2 การออกแบบระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้	62
	2.2.1 ส่วนประกอบของระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้	62

สารบัญ(ต่อ)

		หน้า
	2.2.2 การแบ่งโซนอุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้	67
	2.2.3 ข้อกำหนดทั่วไป	74
	2.2.4 อุปกรณ์ตรวจจับความร้อน	88
	2.2.5 อุปกรณ์ตรวจจับควัน	96
	2.2.6 อุปกรณ์แจ้งเหตุเพลิงไหม้	104
	2.2.7 แผงควบคุมและแจ้งเหตุเพลิงไหม้	115
	2.2.8 สายไฟฟ้าและการเดินสาย	122
บทที่ 3	วิธีการดำเนินงาน	133
	3.1 แผนการดำเนินงาน	133
	3.2 ขั้นตอนการออกแบบ	135
	3.3 แผนผังระยะเวลาทำโครงงาน	137
บทที่ 4	ผลการดำเนินงาน	138
	4.1 สูตรที่ใช้ในการคำนวณ	138
	4.2 การคำนวณโหลดของห้องพัก	140
	4.3 การคำนวณโหลดส่วนกลาง	163
	4.4 โหลดรวมของส่วนกลางทั้งอาคาร	175
	4.5 การออกแบบระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้	178
	4.5.1 การเลือกใช้อุปกรณ์ตรวจจับสถานที่ใช้งานและระยะการติดตั้ง	179
บทที่ 5	สรุปผล และข้อเสนอแนะ	201
	5.1 สรุปผลการดำเนินงาน	201
	5.2 ปัญหาในการดำเนินงาน	201
	5.3 ข้อเสนอแนะ	202
เอกสารอ้างอิง		203
ภาคผนวก		205
ประวัติย่อผู้ทำโครงงาน		213

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ตารางเปรียบเทียบข้อแตกต่างของระบบไฟฟ้าระหว่างประเทศไทยกับประเทศสหรัฐอเมริกา	6
2.2 ตารางเปรียบเทียบคุณสมบัติของทองแดงและอะลูมิเนียม	8
2.3 ตารางคุณสมบัติของฉนวน PVC และ XLPE	9
2.4 ตารางแสดงขนาดต่ำสุดของสายต่อหลักดินของระบบไฟฟ้ากระแสสลับ	43
2.5 ตารางแสดงขนาดต่ำสุดของสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า	46
2.6 ขนาดตัวนำและเครื่องป้องกันกระแสเกินของวงจรย่อย	49
2.7 ค่า Demand Factor	53
2.8 ค่าโคอินซิเดนท์แฟกเตอร์ สำหรับห้องชุดประเภทอยู่อาศัย	56
2.9 ค่าโคอินซิเดนท์แฟกเตอร์ สำหรับห้องชุดประเภทสำนักงานหรือร้านค้าทั่วไป และประเภทอุตสาหกรรม	56
2.10 ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับควัน	99
2.11 ค่าความเข้มแสงของอุปกรณ์แจ้งเหตุชนิดติดผนังที่ระดับความสูงไม่เกิน 2.4 เมตร	110
2.12 ค่าความเข้มแสงของอุปกรณ์แจ้งเหตุชนิดติดเพดาน	111
2.13 การทนไฟของสายไฟฟ้าตามมาตรฐาน BS 6387	124
2.14 แสดงการทนแรงทางกล	124
2.15 การทนไฟของสายไฟฟ้าตามมาตรฐาน AS 3013	125
2.16 แสดงการทนแรงทางกล	125
2.17 ความต้านทานของสายไฟฟ้าทองแดง	129
2.18 พื้นที่หน้าตัดสูงสุดในท่อร้อยสายไฟฟ้า	130
3.1 ตารางแสดงระยะเวลาที่ทำโครงงาน	137
4.1 ตารางแสดงการติดตั้งอุปกรณ์พื้นที่ห้อง Type A	180
4.2 ตารางแสดงการติดตั้งอุปกรณ์ห้อง Type B	181
4.3 ตารางแสดงการติดตั้งอุปกรณ์ห้อง Duplex	181
4.4 ตารางแสดงการติดตั้งอุปกรณ์พื้นที่ห้องนิติบุคคล	181
4.5 ตารางแสดงการติดตั้งอุปกรณ์พื้นที่ช่องบันได	182
4.6 ตารางแสดงการติดตั้งอุปกรณ์พื้นที่ห้องเครื่องปั๊ม	182

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.7 ตารางแสดงการติดตั้งอุปกรณ์พื้นที่ห้องไฟฟ้า	183
4.8 ตารางแสดงการติดตั้งอุปกรณ์พื้นที่ห้องขยะ	183
4.9 ตารางแสดงการจัดทำโหลดไฟฟ้าของห้องพัก TYPE-A	184
4.10 ตารางแสดงการจัดทำโหลดไฟฟ้าของห้องพัก TYPE-B	185
4.11 ตารางแสดงการจัดทำโหลดไฟฟ้าของห้องพัก DUPLEX	186
4.12 ตารางแสดงวงจรสายป้อนของตู้ DB.2	187
4.13 ตารางแสดงวงจรสายป้อนของตู้ DB.3	188
4.14 ตารางแสดงวงจรสายป้อนของตู้ DB.4	189
4.15 ตารางแสดงวงจรสายป้อนของตู้ DB.5	190
4.16 ตารางแสดงวงจรสายป้อนของตู้ DB.6	191
4.17 ตารางแสดงวงจรสายป้อนของตู้ DB.7	192
4.18 ตารางแสดงวงจรสายป้อนของตู้ DB.8	193
4.19 ตารางแสดงวงจรสายป้อนของตู้ FCB	194
4.20 ตารางแสดงการจัดทำโหลดไฟฟ้าของห้องนิติบุคคล	195
4.21 ตารางแสดงการจัดทำโหลดไฟฟ้าของส่วนกลาง ของตู้ LP.2 (ชั้นใต้ดิน ชั้น 1 และชั้น 2)	196
4.22 ตารางแสดงการจัดทำโหลดไฟฟ้าของส่วนกลาง ของตู้ LP.5 (ชั้น 3-5)	197
4.23 ตารางแสดงการจัดทำโหลดไฟฟ้าของส่วนกลาง ของตู้ LP.8 (ชั้น 6-8)	198
4.24 ตารางแสดงวงจรสายป้อนของตู้ MDP.P	199
4.25 ตารางแสดงวงจรสายป้อนของตู้ MDB	200

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ตัวอย่างสาย ACC	10
2.2 ตัวอย่างสาย ACSR	11
2.3 ตัวอย่างสาย PIC	11
2.4 ตัวอย่างสาย SAC	12
2.5 ตัวอย่างสาย XLPE	13
2.6 ตัวอย่างสาย CV	14
2.7 ตัวอย่างสาย THW	15
2.8 ตัวอย่างสาย THW	15
2.9 ตัวอย่างสาย NYY	16
2.10 ตัวอย่างท่อ RSC	17
2.11 ตัวอย่างการติดตั้งท่อในที่มีการผุกร่อน	17
2.12 ตัวอย่างบุชชิ่ง (Bushing)	18
2.13 ตัวอย่างมุมดัดโค้งท่อระหว่างจุดดึงสาย	18
2.14 ตัวอย่างการติดตั้งท่อ RMC	19
2.15 ตัวอย่างการต่อสาย	19
2.16 ตัวอย่างการต่อท่อ EMT	20
2.17 ตัวอย่างท่อโลหะอ่อน	21
2.18 ตัวอย่างการติดตั้งท่อโลหะอ่อน	21
2.19 ตัวอย่าง Duct Bank	22
2.20 ตัวอย่างรางเดินสาย	23
2.21 ตัวอย่างรางเคเบิลแบบบันได	24
2.22 ตัวอย่างรางเคเบิลแบบระบายอากาศ	25
2.23 ตัวอย่างรางเคเบิลแบบด้านล่างทึบ	25
2.24 ตัวอย่าง Circuit Breaker ชนิด MCB	28
2.25 ตัวอย่าง Circuit Breaker ชนิด MCCB	29
2.26 ตัวอย่าง Circuit Breaker ชนิด ACB	30
2.27 ตัวอย่างโครงสร้างและส่วนประกอบต่าง ๆ ของแผงย่อยแบบ Main Lugs	31
2.28 ตัวอย่างลักษณะของแผงสวิตช์	33

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.29 ตัวอย่าง Feeder Busway	36
2.30 ตัวอย่าง Plug-in Busway	36
2.31 ตัวอย่างส่วนประกอบต่าง ๆ ของระบบการต่อลงดิน	38
2.32 ตัวอย่างการต่อลงดินของระบบไฟฟ้ากระแสสลับที่มีแรงดันตั้งแต่50V–1000V	39
2.33 ตัวอย่างสายต่อหลักดิน	40
2.34 ตัวอย่างการต่อสาย (Raceway) และสายต่อหลักดินเข้ากับหลักดิน	41
2.35 ตัวอย่าง Grounding Pit	41
2.36 ตัวอย่าง Exothermic Welding	42
2.37 ตัวอย่างสายที่มีการต่อลงดิน (สายนิวทรัล)	43
2.38 ตัวอย่างหม้อแปลงที่มีการต่อลงดินต้องเดินสายที่มีการต่อลงดินมายังบริภัณฑ์ประธานด้วย	44
2.39 ตัวอย่างแผงย่อยขนาด 12 วงจร	50
2.40 ตัวอย่างตัวนำประธานอากาศ และตัวนำประธานใต้ดิน	58
2.41 ตัวอย่างบริภัณฑ์ประธาน	58
2.42 ส่วนประกอบที่สำคัญของระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้	62
2.43 ตัวอย่างวงจรแบบ 2 สาย	65
2.44 ไดอะแกรมการต่อสายที่ถูกต้อง	65
2.45 ไดอะแกรมการต่อสายที่ไม่ถูกต้อง	65
2.46 วงจรแบบ 2 สายเมื่อเกิดการขัดข้อง	66
2.47 ตัวอย่างวงจรแบบ 4 สาย	66
2.48 ตัวอย่างการแบ่งโซนโดยใช้ผนังทนไฟเป็นเขตแบ่งโซน	68
2.49 ตัวอย่างโซนเดียวกันครอบคลุมพื้นที่สองส่วนปิดล้อมทนไฟได้	68
2.50 ตัวอย่างพื้นที่เดียวกันสามารถแบ่งเป็นหลายโซนได้	69
2.51 ตัวอย่างการแบ่งโซนที่ไม่ถูกต้องเพราะแบ่งโซนคร่อมผนังทนไฟ	69
2.52 ตัวอย่างช่องบันไดและโถงปลอดควันไฟในอาคารสูง	70
2.53 การกำหนดระยะค้นหา	71
2.54 แสดงระยะค้นหาลดลงเมื่อติดตั้งอุปกรณ์แสดงผลระยะไกล	72

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.55 เมื่อเปลี่ยนแปลงการแบ่งโซน ระยะค้นหาจะเปลี่ยน	72
2.56 แบบตัวอย่างไดอะแกรมการเดินสายตามการแบ่งโซน	74
2.57 ไดอะแกรมของรูปที่ 2.56	74
2.58 ลักษณะพื้นที่โล่งโดยรอบอุปกรณ์ตรวจจับ	75
2.59 ตัวอย่างการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับที่ผิดมาตรฐาน	76
2.60 ตัวอย่างตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับควันในท่อลม	77
2.61 บริเวณที่ควรติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับควันในระบบท่อลมกลับ	77
2.62 บริเวณที่ควรติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับควันในระบบท่อลมกลับ	78
2.63 การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับควันแบบใช้ท่อลมรับลมในท่อลม	78
2.64 การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับควันแขวนในท่อลม	78
2.65 การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับในพื้นที่ปิดเมื่อมีบริภัณฑ์ไฟฟ้า	79
2.66 พื้นที่ปิดที่ไม่ต้องติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับ	80
2.67 การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับควันในพื้นที่ห้องคอมพิวเตอร์ที่ถูกต้อง	80
2.68 การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับควันในพื้นที่ห้องคอมพิวเตอร์ที่ไม่ถูกต้อง	80
2.69 การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับที่พื้นผิวแนวราบคั่นกลาง	81
2.70 ตำแหน่งที่ไม่ควรติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับ	81
2.71 ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับสำหรับเพดานทรงหยัก	82
2.72 ตำแหน่งติดตั้งสำหรับอุปกรณ์ตรวจจับสำหรับเพดานทรงฟันเลื่อย	82
2.73 ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับควันสำหรับเพดานทรงจั่ว	82
2.74 ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนสำหรับเพดานทรงจั่ว	82
2.75 การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับภายในช่องบันได	84
2.76 การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับสำหรับช่องเปิดแนวดิ่ง	85
2.77 การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับรอบช่องเปิดแนวดิ่ง	85
2.78 อุปกรณ์ตรวจจับติดตั้งใกล้หัวจ่ายลมเกินไป	86
2.79 อุปกรณ์ตรวจจับติดตั้งตำแหน่งที่เหมาะสม	86
2.80 การไหลของควันบริเวณท่อลมกลับ	86
2.81 การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับใต้เพดาน หลังคาหรือแป	90

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่		หน้า
2.82	การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนใต้คานที่มีความลึกไม่น้อยกว่า 300 มิลลิเมตร	90
2.83	ระยะห่างในการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนสำหรับพื้นผิวแนวราบ	91
2.84	ระยะห่างในการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนสำหรับช่องทางเดิน	91
2.85	ตัวอย่างการกำหนดตำแหน่งติดตั้ง สำหรับพื้นที่รูปสี่เหลี่ยมใด ๆ	92
2.86	ตัวอย่างการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนชนิดจุดสำหรับเพดานหรือพื้นผิวเอียง	93
2.87	การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนพื้นที่ทั่วไป	94
2.88	การปรับตำแหน่งอุปกรณ์ตรวจจับ เมื่อกั้นห้องใหม่	94
2.89	ระยะห่างลดลงเมื่อมีคานหรือท่อลมปรับอากาศคั่น	95
2.90	ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับลดลงเมื่อมีคานคั่น	95
2.91	การหาระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดจุดสำหรับพื้นที่ทั่วไป	100
2.92	การหาระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับควันสำหรับช่องทางเดินกว้างไม่เกิน 3.6 เมตร	100
2.93	การติดตั้งและระยะห่างของอุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดจุดสำหรับพื้นผิวเอียง	101
2.94	ความสูงในการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดจุด	101
2.95	เพดานสูงระหว่าง 2.0-4.0 เมตร พื้นที่ระหว่างคาน 4.0 ตารางเมตร ขึ้นไป	103
2.96	การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับที่ใต้คานสำหรับเพดานสูงเกิน 4.0 เมตร	103
2.97	ระยะห่างระหว่างคานเกิน 9.0 เมตร ต้องติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับเพิ่มเติมที่เพดาน	104
2.98	ตัวอย่างแพตเทิร์นเสียง	107
2.99	แนวทางการกำหนดระยะห่างระหว่างลำโพงชนิดติดเพดาน	108
2.100	การติดตั้งลำโพงในหอประชุม	108
2.101	การติดตั้งลำโพงในช่องบันได	109
2.102	พื้นที่ครอบคลุมของอุปกรณ์แจ้งเหตุด้วยแสงที่ความเข้มแสงต่าง ๆ	109
2.103	การแบ่งพื้นที่ครอบคลุมของอุปกรณ์แจ้งเหตุด้วยแสงแต่ละตัว	112
2.104	การแบ่งพื้นที่ครอบคลุมที่ไม่ดีไม่ครอบคลุมทุกพื้นที่	112

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.105 ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์แจ้งเหตุด้วยแสงให้ครอบคลุมทั่วทั้งพื้นที่	113
2.106 การติดตั้งในช่องทางเดินทั่วไป	113
2.107 การติดตั้งในช่องทางเดินรูปทรงต่าง ๆ	113
2.108 การติดตั้งอุปกรณ์แจ้งเหตุด้วยแสงที่มีความเข้มแสงต่างกัน	114
2.109 การติดตั้งอุปกรณ์แจ้งเหตุด้วยแสงในสถานที่หลับนอน	115
2.110 การติดตั้งอุปกรณ์แจ้งเหตุด้วยแสงสำหรับห้องนอนขนาดใหญ่	115
2.111 พื้นที่ว่างสำหรับแผงควบคุมและแจ้งเหตุเพลิงไหม้	120
2.112 การต่อสายเข้าอุปกรณ์ที่ถูกต้อง	132
2.113 การต่อสายเข้าอุปกรณ์ที่ไม่ถูกต้อง	132
4.1 แสดงระยะติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับควัน	179
4.2 แสดงระยะติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับความร้อน	180

รายการสัญลักษณ์

สัญลักษณ์	คำอธิบาย	หน่วย
Ah_{REQ}	พิกัดของแบตเตอรี่	แอมป์- ชั่วโมง
BTU	ขนาดทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ	บีทียูต่อชั่วโมง
$CB_{\max}$	พิกัดที่มากที่สุดที่ของเครื่องป้องกันกระแส	แอมป์
$D.F.$	ดีมานด์แฟกเตอร์	%
EER	ประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ	บีทียูต่อวัตต์
I	กะแสไฟฟ้า	แอมป์
I_A	ผลรวมกระแสไฟฟ้าของโหลดในสภาวะแจ้งเหตุ	แอมป์
I_{BC}	พิกัดตัวนำวงจรย่อย	แอมป์
I_C	ขนาดพิกัดกระแสของตัวนำ	แอมป์
I_{CB}	พิกัดเครื่องป้องกันกระแสเกิน	แอมป์
I_F	พิกัดกระแสสายป้อน	แอมป์
I_L	กระแสโหลด	แอมป์
I_{LF}	โหลดของสายป้อน	แอมป์
$IL_{\max}$	โหลดสูงสุด	แอมป์
I_M	พิกัดกระแสของบริภัณฑ์ประธาน	แอมป์
I_Q	ผลรวมกระแสไฟฟ้าของโหลดในสภาวะใช้งานปกติ	แอมป์
I_T	กระแสของหม้อแปลง	แอมป์
L	โหลด	กิโลโวลต์แอมป์
L_{BC}	โหลดวงจรย่อย	แอมป์,โวลต์แอมป์
L_{BS}	พิกัดเครื่องปลดวงจร	แอมป์
R	ความต้านทาน	โอห์ม
S	กำลังไฟฟ้าปรากฏ	โวลต์แอมป์
$SEER$	ค่าที่ใช้วัดประสิทธิภาพในการใช้พลังงานตามฤดูกาลของเครื่องปรับอากาศ	บีทียูต่อวัตต์-ชั่วโมง
T_Q	จำนวนชั่วโมงสำรองที่ต้องการ	ชั่วโมง

รายการสัญลักษณ์(ต่อ)

สัญลักษณ์	คำอธิบาย	หน่วย
TR	พิกัดหม้อแปลงซึ่งเป็นพิกัดที่ยังไม่ใช้ลมพัด	กิโลโวลต์แอมป์
V	แรงดันไฟฟ้า	โวลต์
VD	แรงดันตก	โวลต์

ประมวลคำย่อ

คำย่อ	คำอธิบาย
กฟน.	การไฟฟ้านครหลวง
กฟภ.	การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค
มอก.	มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
วสท.	วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์
AAAC	สายไฟอะลูมิเนียมผสม
AC	Armored Cable
ACB	Air Circuit Breaker
ACC	สายไฟฟ้าอะลูมิเนียมตีเกลียวเปลือย
ACSR	สายไฟอะลูมิเนียมแกนเหล็ก
AF	ขนาดพิกัดกระแสสูงสุดที่สามารถใช้ได้กับขนาดของ CB
AT	ขนาดพิกัดกระแสที่ปรับตั้งให้ CB ใช้งานได้
CB	เซอร์กิตเบรกเกอร์
CLCB	Current Limiting Circuit Breaker
ELCB	Earth Leakage Circuit Breaker
EMT	ท่อโลหะบาง
FMC	ท่อโลหะอ่อน
FR-PVC	Flame Retardant Polyvinyl Chloride
GFCI	Ground Fault Circuit Interrupter
IC	พิกัดการตัดกระแสลัดวงจร
IEC	คณะกรรมาธิการระหว่างประเทศว่าด้วยมาตรฐานสาขาอิเล็กทรอเทคนิกส์
I_{cs}	Rated Service Short-Circuit Breaker Capacity
I_{cu}	Rated Ultimate Short-Circuit Breaker Capacity
I_{cw}	Rated Short-time Current Withstand
IMC	ท่อโลหะหนาปานกลาง
LSHF	Low Smoke Halogen Free
MC	Metal-Clad Cable

ประมวลคำย่อ(ต่อ)

คำย่อ	คำอธิบาย
MCB	Miniature Circuit Breaker
MCCB	Molded Case Circuit Breaker
MDB	Main Distribution Board
MDP	Main Distribution Panel
MI	Mineral-Insulated
NEC	National Electrical Code
NFPA	National Fire Protection Association
NYY	สายไฟฟ้าหุ้มฉนวนมีเปลือกในและเปลือกนอก
PE	Polyethylene
PIC	Partial Insulated Cable
PVC	Polyvinyl Chloride
RCCB	Residual Current Circuit Breaker
RCD	Residual Current Device
RNC	ท่อโลหะแข็ง
RSC	ท่อโลหะหนา
SAC	Space Aerial Cable
THW	สายแกนเดี่ยว
UPS	เครื่องสำรองไฟฟ้าและปรับแรงดันไฟฟ้าอัตโนมัติ
VAF	สายไฟฟ้าหุ้มด้วยฉนวนและเปลือก
XLPE	Cross linked Polyethylene

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน

ในปัจจุบันเทคโนโลยีส่องสว่างมีความเจริญก้าวหน้า และมีการพัฒนาขึ้นอย่างต่อเนื่องเพื่อให้ตอบสนองต่อความต้องการใช้งานด้านต่าง ๆ ของมนุษย์ แสงสว่างไม่เพียงแต่ทำให้มองเห็น ยังมีอิทธิพลต่ออารมณ์ความรู้สึก และชีวิตความเป็นอยู่ ดังนั้นการออกแบบระบบแสงสว่าง จึงมีความสำคัญ ซึ่งต้องคำนึงถึง ความต้องการในการใช้งาน สถานที่ ความสว่างที่เพียงพอต่อพื้นที่การใช้งาน ตำแหน่งที่ติดตั้ง รวมถึงชนิดของหลอดไฟ และประเภทของดวงโคมที่เหมาะสม เนื่องจากผู้จัดทำมีความรู้ในรายวิชาการออกแบบระบบไฟฟ้า และรายวิชาวิศวกรรมส่องสว่าง จึงได้จัดทำโครงการนี้ขึ้นโดยคำนึงถึงระบบไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพ เทคโนโลยีที่ทันสมัย และความปลอดภัยเป็นสำคัญ ผู้จัดทำจึงได้มีการศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมในเรื่องของการออกแบบระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้

ดังนั้นการออกแบบระบบไฟฟ้า ระบบแสงสว่างและระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ จึงมุ่งเน้นการออกแบบที่สอดคล้องกับความต้องการใช้งานของมนุษย์ โดยคำนึงถึงการประหยัดพลังงานและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมุ่งเน้นคุณภาพชีวิตที่ดีให้กับผู้อยู่อาศัย ในการออกแบบระบบไฟฟ้าจะต้องคำนึงถึงความปลอดภัย ควรเลือกใช้อุปกรณ์ที่มีมาตรฐานและสามารถป้องกันระบบไฟฟ้าได้ดี ระบบไฟฟ้าควรจะมีความแน่นอนในการใช้งาน และสามารถใช้งานได้อย่างต่อเนื่อง สามารถดัดแปลง ปรับปรุง และขยายได้ ในอนาคต ซึ่งค่าใช้จ่ายเริ่มต้นนับเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับความปลอดภัย ความเชื่อถือได้ การดูแลรักษา ดังนั้นจะต้องพิจารณาเลือกแบบที่ดีที่สุดเพื่อลดต้นทุน ในส่วนของระบบการให้แสงสว่าง คือออกแบบให้มีความส่องสว่างเพียงพอตามมาตรฐานเพื่อการใช้งานในแต่ละพื้นที่นั้น ๆ และอีกหนึ่งระบบที่สำคัญ ที่ทำให้คนเราเลือกที่พักอาศัยนั้น ๆ คือระบบรักษาความปลอดภัย ในที่นี้คือระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ เพราะระบบนี้เป็นระบบที่แจ้งเหตุเพลิงไหม้ในระยะแรกของการเกิดไฟ ซึ่งก็คือหน้าที่ของชุดอุปกรณ์ตรวจจับทั้งหมด โดยกฎหมายกำหนดไว้ว่าอาคารขนาดใหญ่และอาคารสูง ต้องมีข้อกำหนดสำหรับการป้องกันอัคคีภัยที่หลีกเลี่ยงมิได้เด็ดขาด แต่ในอาคารพักอาศัยทั่วไปไม่ว่าจะเป็นขนาดเล็กหรือขนาดใหญ่ เช่น คอนโดมิเนียม อพาร์ทเมนท์ ก็จำเป็นต้องมีระบบป้องกันอัคคีภัยตามสมควรไว้ด้วย ทั้งนี้เพื่อประโยชน์และความปลอดภัยแก่ชีวิตและทรัพย์สินของผู้อยู่อาศัย

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 สามารถนำความรู้ไปใช้ในการออกแบบงานได้จริง

1.2.2 เพื่อศึกษาการใช้โปรแกรม AutoCAD ในการออกแบบระบบไฟฟ้า ระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้

1.2.3 เพื่อศึกษามาตรฐานและทฤษฎีการออกแบบระบบไฟฟ้า

1.2.4 เพื่อศึกษาทฤษฎีการคำนวณหาความต้องการของโหลดต่าง ๆ

1.2.5 เพื่อศึกษาระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1.3.1 ออกแบบระบบไฟฟ้า และระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ภายในคอนโดมิเนียมสูง 8 ชั้น

1.3.2 จัดทำตารางความต้องการของโหลดแสงสว่างและอุปกรณ์ทางไฟฟ้า รวมถึงขนาดของสายไฟฟ้าขนาดของท่อร้อยสาย ขนาดของเซอร์กิตเบรกเกอร์ ขนาดสายดิน รวมไปถึงขนาดของหม้อแปลง

1.3.3 แสดงการออกแบบระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้และเลือกใช้อุปกรณ์ที่เหมาะสม

1.3.4 ออกแบบเป็นรูปภาพ ในเชิงของภาพกราฟฟิคของการจัดวางอุปกรณ์ต่าง ๆ โดยใช้โปรแกรม AutoCAD

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 เข้าใจหลักการและวิธีการออกแบบระบบไฟฟ้า ระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ได้ดียิ่งขึ้น

1.4.2 ทำให้เกิดความรู้ความเข้าใจการใช้งานจากโปรแกรม AutoCAD ในการออกแบบ การเขียนแบบชิ้นงานในระบบไฟฟ้า และระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้

1.4.3 เพื่อนำความรู้ และประสบการณ์ที่ได้รับจากการทำโครงงาน ไปประยุกต์ใช้ในการทำงานจริงในอนาคต

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การออกแบบระบบไฟฟ้า

การออกแบบระบบไฟฟ้า หมายถึง การออกแบบวิเคราะห์คำนวณและกำหนดการติดตั้งระบบไฟฟ้าต่าง ๆ เพื่อสามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าหรือสัญญาณไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟไปยังบริภัณฑ์ไฟฟ้า (Electric Equipment) ต่าง ๆ ให้ทำงานได้ตามวัตถุประสงค์และปลอดภัยกับผู้ใช้ และบริภัณฑ์ไฟฟ้า

การออกแบบระบบไฟฟ้าเป็นงานที่กว้างขวาง ประกอบด้วยองค์ประกอบต่าง ๆ ที่ออกแบบแล้วมาร่วมกันทำงาน ผู้ออกแบบหรือวิศวกรไฟฟ้าจึงต้องใช้ความรู้หลายด้าน เช่น ด้านระบบไฟฟ้ากำลัง ระบบควบคุม ระบบส่องสว่าง ระบบเหล่านี้จะแตกต่างกันบ้างซึ่งขึ้นอยู่กับประเภทของอาคารหรือโครงการนั้น ๆ หลักในการออกแบบ จึงประกอบด้วยความเข้าใจทางเทคนิคของระบบต่าง ๆ การคำนึงถึงด้านเศรษฐกิจ

ความเข้าใจทางเทคนิค การออกแบบระบบไฟฟ้าจะต้องเป็นไปตามความต้องการของโครงการหรือลูกค้า โดยเป็นไปตามมาตรฐานของประเทศนั้น ๆ และมาตรฐานความปลอดภัย

การคำนึงถึงด้านเศรษฐกิจ การเลือกใช้วัสดุ-บริภัณฑ์ จะต้องคำนึงถึงค่าติดตั้ง ค่าดำเนินการ สภาพแวดล้อม ภูมิอากาศและอายุการใช้งานเป็นต้น

ผู้ออกแบบระบบไฟฟ้า จะต้องศึกษาใฝ่รู้ในวิชาการต่าง ๆ ให้กว้างขวางสม่ำเสมอตลอด เพราะจะต้องรับผิดชอบต่องานที่ตนเองกระทำเพื่อให้ได้ระบบไฟฟ้าที่ทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ ถูกต้อง เชื่อถือได้และปลอดภัย ซึ่งผู้ออกแบบระบบไฟฟ้ามีหน้าที่ที่ต้องกระทำ ได้แก่

1. วิเคราะห์ระบบไฟฟ้าให้สามารถจ่ายไฟฟ้าได้เพียงพอและปลอดภัยต่อการใช้งาน
2. ออกแบบระบบไฟฟ้าให้เป็นไปตามข้อกำหนดหรือกฎเกณฑ์มาตรฐานต่าง ๆ
3. ออกแบบให้ได้ตามวัตถุประสงค์ของเจ้าของโครงการ
4. ติดต่อประสานงาน และให้ความร่วมมือกับผู้ออกแบบงานระบบอื่น ๆ เพื่อให้อาคารสามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์
5. เขียนรายละเอียดข้อกำหนดต่าง ๆ ของระบบไฟฟ้า
6. ทำการประมาณราคา

2.1.1 หลักการเบื้องต้นของการออกแบบระบบไฟฟ้า

2.1.1.1 แบบระบบไฟฟ้าที่ดี แบบระบบไฟฟ้าที่ดีนั้นจะต้องได้ตามข้อกำหนดดังต่อไปนี้

(1) ความปลอดภัย (Safety) ระบบไฟฟ้ากำลังที่ออกแบบต้องให้ความปลอดภัยอย่างสูงต่อผู้ปฏิบัติงาน ต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าและต่อสถานที่ การที่ระบบไฟฟ้าจะสามารถให้ความปลอดภัยอย่างสูงได้นั้น ผู้ออกแบบจะต้องปฏิบัติตามมาตรฐานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง มาตรฐานที่ใช้กันมากคือ

National Electrical Code (NEC) ของประเทศสหรัฐอเมริกา และต้องปฏิบัติตามมาตรฐานของประเทศและข้อกำหนดของทางการไฟฟ้าท้องถิ่นด้วย ในด้านการออกแบบ การติดตั้งวัสดุ การเลือกอุปกรณ์ที่ใช้และการจัดอุปกรณ์ป้องกัน วิศวกรไฟฟ้าผู้ออกแบบจะต้องเข้าใจในรายละเอียดของข้อกำหนดต่าง ๆ เป็นอย่างดีและรู้ถึงสถานประกอบการที่จะออกแบบ กระบวนการผลิต ขั้นตอนการปฏิบัติงาน เพื่อที่จะสามารถออกแบบระบบไฟฟ้าให้มีความปลอดภัยได้

(2) ค่าลงทุนเริ่มแรกที่ต่ำที่สุด (Minimum Initial Investment) งบประมาณของเจ้าของโครงการจะเป็นตัวกำหนดที่สำคัญของโครงการว่าผู้ออกแบบควรจะเลือกระบบใด อย่างไรก็ดีจะต้องคำนึงความปลอดภัยเป็นสำคัญ การที่จะสามารถลดค่าการลงทุนเริ่มแรกได้นั้นจะต้องพิจารณาถึงอุปกรณ์ไฟฟ้า การติดตั้ง พื้นที่ว่างที่ต้องใช้ ค่าเริ่มต้นของการใช้จ่ายต่าง ๆ และอื่น ๆ

(3) ระบบไฟฟ้าต้องสามารถจ่ายไฟฟ้าต่อเนื่อง (Maximum Service Continuity) ระดับของความต้องการไฟฟ้าอย่างต่อเนื่องและความเชื่อถือได้ (Reliability) ของระบบนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของโหลด สถานประกอบการ และกระบวนการผลิต เช่น สำนักงานขนาดเล็กอาจจะยอมให้ไฟฟ้าดับได้หลายชั่วโมงส่วนสำนักงานขนาดใหญ่หรือโรงงานขนาดใหญ่อาจจะยอมให้ไฟดับได้ในช่วงเวลาสั้นๆ เท่านั้น แต่โรงพยาบาลมีโหลดสำคัญอยู่มาก ยอมให้ไฟฟ้าดับได้เพียงไม่เกิน 10 วินาที สำหรับโหลดคอมพิวเตอร์นั้นไม่ยอมให้ไฟฟ้าขาดหายไปเลย เป็นต้น

เราสามารถทำให้มีการจ่ายไฟฟ้าอย่างต่อเนื่องได้ดีขึ้นและมีความเชื่อถือได้สูงขึ้นโดย

3.1) จัดให้มีแหล่งจ่ายไฟฟ้ากำลังจากหลายแหล่ง

3.2) จัดให้มีเส้นทางไปยังโหลดไฟฟ้าได้หลายเส้นทางมากขึ้น

3.3) จัดหาแหล่งที่มีแหล่งกำเนิดไฟฟ้าของตนเอง เช่น มีชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรอง แบตเตอรี่สำหรับจ่ายระบบไฟฟ้า ระบบ UPS

3.4) เลือกอุปกรณ์ไฟฟ้าและตัวนำไฟฟ้าที่มีคุณภาพสูง

3.5) เลือกใช้วิธีการติดตั้งที่ดีที่สุด เช่น สายไฟฟ้าควรอยู่ในท่อสาย (Raceway)

(4) ระบบไฟฟ้าจะต้องมีความคล่องตัวสูงและสามารถขยายโหลดได้ (Maximum Flexibility and Expandability) เนื่องจากสถานที่ประกอบการส่วนมากจะมีการเปลี่ยนแปลงการใช้โหลดไฟฟ้าไปเรื่อย ๆ ระบบการจ่ายโหลดไฟฟ้าจะต้องสามารถรองรับการเปลี่ยนแปลงนี้ได้ นอกจากนี้ผู้ออกแบบระบบไฟฟ้าจะต้องเผื่อระบบการจ่ายกำลังไฟฟ้าสำหรับรองรับการขยายโหลดในอนาคต โดยอาจจะเพิ่มขนาดของหม้อแปลงและสายป้อนต่าง ๆ รวมทั้งเพิ่มอุปกรณ์ป้องกันด้วย

(5) ประสิทธิภาพทางไฟฟ้าสูงสุด (ค่าปฏิบัติทางการไฟฟ้าต่ำสุด) Maximum Electrical Efficiency (Minimum Operating Cost) ระบบไฟฟ้าที่ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพนั้น อุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ ในระบบจะต้องมีกำลังสูญเสียน้อย ดังนั้นวิศวกรผู้ออกแบบจะต้องพิจารณาเลือกใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ดี เช่น หม้อแปลงกำลังสูญเสียต่ำ มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง บัลลัสต์กำลังสูญเสียต่ำ เป็นต้น แม้ว่าอุปกรณ์

ดังกล่าวจะมีค่าเริ่มต้นสูง แต่ค่าปฏิบัติการจะต่ำซึ่งจะคุ้มทุนเมื่อเวลาผ่านไปช่วงหนึ่ง นอกจากนี้ระบบไฟฟ้าจะต้องปฏิบัติงานอย่างมีประสิทธิภาพ เช่น มีตัวประกอบกำลังสูง เป็นต้น

(6) ค่าบำรุงรักษาที่ต่ำสุด (Minimum Maintenance Cost) ในระบบไฟฟ้านั้นยิ่งระบบมีการจ่ายไฟฟ้าอย่างต่อเนื่อง และสามารถปรับสภาพต่าง ๆ ได้มากเท่าไหร่ ราคาในการบำรุงรักษาก็จะยิ่งมากตามไปด้วย ดังนั้นในระบบไฟฟ้าควรออกแบบให้มีวงจรไฟฟ้าหมุนเวียนกันที่จะจ่ายกำลังให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ เพื่อที่จะสามารถทำการบำรุงรักษาเครื่องหนึ่งในขณะที่ใช้งานอีกเครื่องหนึ่งได้ ทั้งนี้ควรเลือกระบบที่ต้องใช้ค่าการบำรุงรักษาน้อย แต่ถ้าระบบซับซ้อนขึ้นก็อาจจะมีค่าการบำรุงรักษามากขึ้นตามไปด้วย

(7) คุณภาพกำลังไฟฟ้าสูงสุด (Maximum Power Quality) ในอดีตการมีไฟฟ้าใช้อย่างต่อเนื่องเป็นเรื่องที่สำคัญที่สุด ปัจจุบันการมีไฟฟ้าใช้อย่างต่อเนื่องก็ยังสำคัญอยู่ แต่ไฟฟ้าที่ใช้นั้นจะต้องมีคุณภาพที่ดี เช่น แรงดันไฟฟ้าต้องมีค่าสม่ำเสมอ กระแสและแรงดันไฟฟ้ามีฮาร์โมนิกน้อย เป็นต้น
วัตถุประสงค์ต่าง ๆ เหล่านี้อาจจะมีความสัมพันธ์กันหรืออาจจะมีความขัดแย้งกันในบางหัวข้อ ยิ่งเราออกแบบให้มีอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีคุณภาพ การจ่ายโหลดอย่างต่อเนื่องสามารถปรับสภาพต่าง ๆ หรือการเผื่อการขยายได้มากเท่าไร ค่าการลงทุนเริ่มแรกหรือค่าการบำรุงรักษาก็จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ดังนั้นผู้ออกแบบควรมีการพิจารณาถึงปัจจัยพื้นฐาน ชนิดของอุปกรณ์ที่ใช้และโหลดต่าง ๆ ว่าควรจะใช้ขนาดเท่าไหร่ ชนิดใดจึงจะเหมาะสม

2.1.1.2 มาตรฐานในการออกแบบระบบไฟฟ้า จะต้องออกแบบตามมาตรฐานและข้อกำหนดต่าง ๆ ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 2 อย่างคือ

(1) มาตรฐานอุปกรณ์ไฟฟ้า อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ในระบบไฟฟ้ามีอยู่มากมายหลายชนิด ส่วนมากจะมีมาตรฐานควบคุมคุณภาพอยู่แล้ว โดยมาตรฐานอุปกรณ์ไฟฟ้าที่นิยมใช้กันมากคือ มาตรฐานของ IEC จะสังเกตได้จากแคตตาล็อกของอุปกรณ์ไฟฟ้าจะอ้างถึงมาตรฐานนี้อยู่เสมอ เช่น เซอร์กิตเบรกเกอร์ จะอ้างมาตรฐาน IEC 60947-2 “Low Voltage Switchgear and control Gear Part2” ดังนั้นผู้ออกแบบระบบไฟฟ้าในประเทศไทย ในการเขียนรายละเอียดข้อกำหนด (Specification) ของอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ ควรใช้มาตรฐานไทย (มอก.) และมาตรฐาน IEC เป็นหลัก ไม่ควรใช้มาตรฐานประจำชาติของประเทศอื่น ยกเว้นอุปกรณ์ดังกล่าวไม่มีในมาตรฐานไทยและมาตรฐาน IEC

(2) มาตรฐานการติดตั้งระบบและอุปกรณ์ไฟฟ้า

2.1) มาตรฐานต่างประเทศในการติดตั้งระบบและอุปกรณ์ไฟฟ้า ที่นิยมใช้กันมากในประเทศไทยคือ NEC (Nation Electrical Code) ซึ่งเป็นมาตรฐานการออกแบบติดตั้งระบบ และอุปกรณ์ไฟฟ้าของประเทศสหรัฐอเมริกา เริ่มมีมาครั้งแรกตั้งแต่ปี 1897 และมีการแก้ไขปรับปรุงทุก ๆ 3 ปี จึงนับได้ว่าเป็นมาตรฐานการออกแบบและติดตั้งที่สมบูรณ์มาก มาตรฐาน NEC ได้แพร่เข้ามาในประเทศไทย

อย่างมากในช่วงที่อเมริกามีฐานทัพในประเทศไทย วิศวกรไฟฟ้าของไทยส่วนมากจึงนิยมใช้ NEC เป็นพื้นฐานในการออกแบบและติดตั้งระบบไฟฟ้า

แม้ว่า NEC จะเป็นมาตรฐานที่ดีมาก ทำจากประสบการณ์ซึ่งมีอยู่มากมายในประเทศสหรัฐอเมริกา แต่ก็มีข้อกำหนดที่วิศวกรไฟฟ้าไทยต้องอ่านและทำความเข้าใจอย่างระมัดระวัง เพื่อให้เกิดการประยุกต์ใช้เป็นไปอย่างถูกต้องเนื่องจากระบบต่าง ๆ ที่ใช้ในประเทศสหรัฐอเมริกาตาม NEC นั้น มีข้อแตกต่างจากระบบที่ใช้ภายในประเทศไทยหลายอย่างด้วยกัน ดังนี้

ตารางที่ 2.1 ตารางเปรียบเทียบข้อแตกต่างของระบบไฟฟ้าระหว่างประเทศไทยกับประเทศสหรัฐอเมริกา

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

แม้ว่า NEC (รวมทั้งมาตรฐานอย่างอื่นของสหรัฐอเมริกา เช่น ANSI) จะเป็นมาตรฐานที่ดีมาก แต่เนื่องจากระบบ และมิติต่าง ๆ ดังที่กล่าวมาแล้วมีใช้เฉพาะในสหรัฐอเมริกาเท่านั้น จึงทำให้มาตรฐาน NEC เสื่อมความนิยมไปอย่างช้า ๆ และในที่สุดก็อาจมีใช้อยู่ในประเทศสหรัฐอเมริกาเท่านั้น หรืออีกกรณีหนึ่งก็คือประเทศสหรัฐอเมริกาต้องปรับปรุงมาตรฐาน NEC ของตนให้สอดคล้องกับมาตรฐานสากล

2.2) มาตรฐานสากลในการติดตั้งระบบและอุปกรณ์ไฟฟ้า เนื่องจากหลาย ๆ ประเทศ โดยเฉพาะประเทศในทวีปยุโรปมีมาตรฐานการติดตั้งระบบ และอุปกรณ์ไฟฟ้าเป็นของตนเองซึ่งจะมีความแตกต่างในรายละเอียดต่าง ๆ เป็นอย่างมาก ดังนั้น International Electrotechnical Commission (IEC) จึงได้จัดทำมาตรฐานเกี่ยวกับการติดตั้งระบบและอุปกรณ์ไฟฟ้าขึ้นในปี 1972 คือ IEC 60364 “Electrical Installation of buildings” ซึ่งมีหลายฉบับ ได้แก่

2.2.1) IEC 60364-1 “Scope, Object and Definitions”

2.2.2) IEC 60364-2 “Fundamental Principles”

2.2.3) IEC 60364-3 “Assessment of General Characteristics”

2.2.4) IEC 60364-4 “Protection for Safety”

2.2.5) IEC 60364-5 “Selection and Erection of Electrical Equipment”

2.2.6) IEC 60364-7 “Requirement for special installations or Locations”

ในการจัดทำมาตรฐาน IEC 60364 นี้ คณะกรรมการฝ่ายเทคนิคผู้ร่างได้ใช้มาตรฐานการติดตั้งระบบและอุปกรณ์ไฟฟ้าของหลายประเทศเป็นตัวอย่างรวมทั้ง NEC ด้วยเพื่อให้มาตรฐานที่ได้เป็นสากลและสามารถปฏิบัติได้

มาตรฐาน IEC 60364 นี้ได้รับการแก้ไขและปรับปรุงอยู่ตลอดเวลาเพื่อให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ในขณะนี้ประเทศในทวีปยุโรปหลายประเทศ ได้นำมาตรฐานนี้มาใช้แล้วโดยเฉพาะประเทศสหราชอาณาจักร (United Kingdom) ได้เลิกใช้มาตรฐานของตนเอง ซึ่งมีมานับร้อยปี โดยหันมาใช้ IEC 60364 แทน ตั้งแต่ปี 1983 คือ Regulation for Electrical Installation ของ The Institute of Electrical Engineers (IEE)

2.3) มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย การติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทยนั้น ในอดีตการไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) และการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) ต่างมีมาตรฐานของตัวเอง ข้อกำหนดส่วนมากจะเหมือนกัน แต่ก็มีบางส่วนที่ต่างกันทำให้ผู้ออกแบบระบบไฟฟ้าและผู้ติดตั้งระบบและอุปกรณ์ไฟฟ้าเกิดความสับสน ด้วยเหตุนี้สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (วสท.) ได้รับความร่วมมือจากการไฟฟ้าทั้ง 2 แห่งดังกล่าวได้จัดทำ “มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย” ขึ้นเพื่อให้ทั้งประเทศมีมาตรฐานเรื่องการติดตั้งทางไฟฟ้าแค่ฉบับเดียว

มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทยฉบับใหม่นี้ เนื้อหาส่วนมากจะแปลและเรียบเรียงจาก National Electrical Code (NEC) และก็มีความพยายามที่จะนำมาตรฐานของ IEC มาใช้ด้วย โดยเฉพาะส่วนที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์ไฟฟ้า เช่น เซอร์กิตเบรกเกอร์ที่ใช้จะต้องได้มาตรฐาน IEC 60898 และ IEC 60947-2 เป็นต้น

2.1.1.3 มาตรฐานแรงดันต่ำ

สำหรับระบบแรงดันต่ำของประเทศไทยนั้น ระบบแรงดันถูกกำหนดโดย 2 หน่วยงาน ซึ่งมีระบบแรงดันต่ำไม่เหมือนกันคือ

การไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) ใช้พิกัดแรงดันต่ำของหม้อแปลงจำหน่ายคือ $230/400V$ 3 เฟส 4 สาย และให้ใช้แรงดันพิกัดของด้านแรงดันต่ำเป็น $220/380V$ 3 เฟส 4 สาย

การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) ใช้พิกัดแรงดันต่ำของหม้อแปลงจำหน่ายคือ $230/400V$ 3 เฟส 4 สาย และให้ใช้แรงดันพิกัดของด้านแรงดันต่ำเป็น $220/380V$ 3 เฟส 4 สาย ตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ.2556 ของ วสท. ได้กำหนดให้แรงดันไฟฟ้าระบุเป็น $230/400V$ เพื่อใช้อ้างอิงในการออกแบบ และคำนวณค่าต่าง ๆ ทางไฟฟ้า

2.1.2 สายไฟฟ้า

สายไฟฟ้ามีหน้าที่สำหรับนำพลังงานไฟฟ้า จากแหล่งจ่ายไฟฟ้าไปยังบริภัณฑ์ไฟฟ้าต่าง ๆ ในปัจจุบันได้มีผู้ผลิตสายไฟฟ้าขึ้นมากมายหลายชนิด ตามความต้องการสำหรับการติดตั้งในรูปแบบต่าง ๆ ดังนั้นการเลือกใช้สายไฟฟ้า เพื่อให้มีความเหมาะสมปลอดภัย ประหยัดและเชื่อถือได้ จะต้องพิจารณาถึงปัจจัยหลายประการด้วยกัน ได้แก่ ความเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมที่ติดตั้ง ความสามารถในการนำกระแสของตัวนำ ขนาดแรงดันตกที่เกิดขึ้น ความสามารถในการทนต่อความร้อนที่เกิดขึ้นทั้งในขณะใช้งานปกติและขณะเกิดการลัดวงจร

2.1.2.1 ส่วนประกอบ สายไฟฟ้าประกอบด้วยส่วนประกอบที่สำคัญ 3 ส่วน ได้แก่ ตัวนำ ฉนวนและเปลือก

(1) ตัวนำ ตัวนำของสายไฟฟ้าทำมาจากโลหะที่มีความนำไฟฟ้าสูง อาจจะอยู่ในรูปของตัวนำเดี่ยว (Solid) หรือตัวนำตีเกลียว (Strand) ซึ่งประกอบไปด้วยตัวนำเล็ก ๆ ตีเข้าด้วยกันเป็นเกลียว ซึ่งมีข้อดีคือ การนำกระแสต่อพื้นที่สูงขึ้น เนื่องจากผลของ Skin Effect ลดลง และการเดินสายไฟทำได้ง่าย เพราะมีความอ่อนตัวกว่า โลหะที่นิยมใช้เป็นตัวนำได้แก่ ทองแดง และอะลูมิเนียม โดยโลหะทั้งสองชนิดมีข้อดีข้อเสียแตกต่างกันไปตามแต่ลักษณะของงาน ตารางที่ 2.2 จะเปรียบเทียบคุณสมบัติของทองแดง และอะลูมิเนียม

ทองแดง เป็นโลหะที่มีความนำไฟฟ้าสูงมาก มีความแข็งแรง เหนียว ทนต่อการกัดกร่อนได้ดี แต่มีข้อเสียอยู่คือ มีน้ำหนักมากและราคาสูง จึงไม่เหมาะสำหรับงานด้านแรงดันสูง แต่จะเหมาะกับการใช้งานโดยทั่วไป โดยเฉพาะงานในอาคาร

อะลูมิเนียม เป็นโลหะมีความนำไฟฟ้าสูงรองจากทองแดง แต่เมื่อเปรียบเทียบในกรณีกระแสเท่ากันแล้ว พบว่าอะลูมิเนียมจะมีน้ำหนักเบาและราคาถูกกว่า จึงเหมาะกับงานเดินสายไฟนอกอาคารและแรงดันสูง ถ้าทิ้งอะลูมิเนียมไว้ในอากาศจะเกิดออกไซด์ของอะลูมิเนียม ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นฉนวนฟิล์มบาง ๆ เกาะตามผิวช่วยป้องกันการสึกกร่อน แต่จะมีข้อเสียคือ ทำให้การเชื่อมต่อทำได้ยาก

ตารางที่ 2.2 ตารางเปรียบเทียบคุณสมบัติของทองแดงและอะลูมิเนียม

คุณสมบัติ	ทองแดง	อะลูมิเนียม
การนำไฟฟ้าสัมพัทธ์ (ทองแดง = 100)	100	61
สภาพความต้านทานไฟฟ้าที่ 20°C ($\Omega m \times 10^8$)	1.724	2.803
สัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อน (per °C $\times 10^6$)	17	23
จุดหลอมเหลว (°C)	1083	659
ความนำความร้อน (W/cm°C)	3.8	2.4
ความหนาแน่นที่ 20°C (g/cm^3)	8.89	2.7

(2) ฉนวน ทำหน้าที่ห่อหุ้มตัวนำ เพื่อป้องกันการสัมผัสกันโดยตรงระหว่างตัวนำ หรือระหว่างตัวนำกับส่วนที่ต่อลงดิน และเพื่อป้องกันตัวนำจากผลกระทบทางกลและทางเคมีต่าง ๆ ในระหว่างที่ตัวนำ นำกระแสไฟฟ้าจะเกิดพลังงานสูญเสียในรูปของความร้อน ความร้อนที่เกิดขึ้นจะถ่ายเทไปยังเนื้อฉนวน ความสามารถในการทนต่อความร้อนของฉนวนจะเป็นตัวกำหนดความสามารถในการทนต่อความร้อนของสายไฟฟ้านั้นเอง การเลือกใช้ชนิดของฉนวนจะขึ้นกับอุณหภูมิการใช้งาน ระดับแรงดันของระบบ และสภาพแวดล้อมในการติดตั้ง วัสดุที่นิยมใช้เป็นฉนวนมากที่สุดในขณะนี้คือ Polyvinyl Chloride (PVC) และ Cross linked Polyethylene (XLPE) ตารางที่ 2.3 แสดงคุณสมบัติของฉนวน PVC และ XLPE

ตารางที่ 2.3 ตารางคุณสมบัติของฉนวน PVC และ XLPE

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

จะเห็นว่าฉนวน XLPE มีความแข็งแรง ทนต่อความร้อน และถ่ายเทความร้อนได้ดีกว่าฉนวน PVC ปัจจุบันจึงมีการใช้ฉนวน XLPE เพิ่มมากขึ้น

(3) เปลือก ทำหน้าที่หุ้มแกนหรือหุ้มสายชั้นนอกสุด อาจจะมี 1 หรือ 2 ชั้นก็ได้ เพื่อป้องกันความเสียหายทางกายภาพที่อาจเกิดขึ้นในขณะติดตั้งหรือใช้งาน การเลือกใช้ชนิดของเปลือกจะขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมในการติดตั้งวัสดุที่นิยมใช้ทำเป็นเปลือกมากที่สุด คือ Polyvinyl Chloride (PVC) และ Polyethylene (PE) ส่วนกรณีสายที่ต้องการคุณสมบัติพิเศษก็อาจใช้วัสดุเช่น Flame Retardant Polyvinyl Chloride (FR-PVC) หรือ Low smoke Halogen Free (LSHF) ก็ได้

2.1.2.2 สายไฟฟ้าแรงดันสูง สายไฟฟ้าที่ใช้กับระบบไฟฟ้าแรงดันสูงเป็นสายที่มีขนาดใหญ่ในลักษณะตัวนำตีเกลียว สายไฟฟ้าแรงดันสูงสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ สายเปลือย (Bare Wires) และสายหุ้มฉนวน (Insulated Wires)

(1) สายเปลือย (Bar Wires) สายเปลือยคือ สายที่ไม่มีเปลือกฉนวนหุ้มสาย ถ้าหากนำไปใช้กับระบบจำหน่ายแรงดันต่ำจะไม่ปลอดภัย จึงใช้สายชนิดนี้กับงานแรงดันสูง สายเปลือยที่นิยมใช้ในงานแรงดันสูงมักจะทำมาจากอะลูมิเนียม เพราะมีน้ำหนักเบาและราคาถูก แต่สายอะลูมิเนียมล้วนจะ

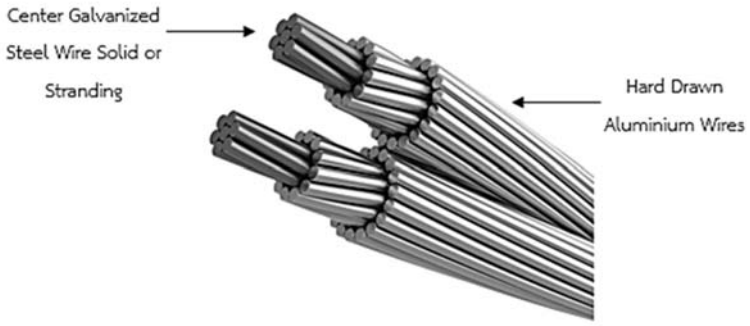
สามารถรับแรงดึงได้ต่ำ จึงมีการพัฒนาเพื่อให้สามารถรับแรงดึงได้สูงขึ้น โดยการเสริมแกนเหล็ก หรือใช้โลหะอื่นผสม สายเปลือยที่นิยมใช้ในปัจจุบัน ได้แก่

1.1) สายไฟฟ้าอะลูมิเนียมตีเกลียวเปลือย (ACC : All Aluminium Conductor) เป็นตัวนำอะลูมิเนียมพันเกลียวเป็นชั้น ๆ สายชนิดนี้รับแรงดึงได้ต่ำ จึงไม่สามารถขึงสายให้มีระยะห่างช่วงเสา (Span) มาก ๆ ได้ โดยปกติความยาวช่วงเสาต้องไม่เกิน $50m$ ยกเว้นเสาที่มีขนาด $95mm^2$ ขึ้นไปนั้น สามารถที่จะมีระยะห่างช่วงเสาได้ไม่เกิน $100m$ มาตรฐานสำหรับสายไฟฟ้าอะลูมิเนียมตีเกลียวเปลือยคือ มอก.85-2548 ลักษณะของสายชนิดนี้จะแสดงในรูปที่ 2.1

รูปที่ 2.1 ตัวอย่างสาย ACC
ที่มา: http://www.thaiyazaki-electricwire.co.th/product.php?id=58

1.2) สายไฟฟ้าอะลูมิเนียมผสม (AAAC: All Aluminium Alloy Conductor) สายชนิดนี้มีส่วนผสมของอลูมิเนียม แมกนีเซียม และซิลิกอน สายไฟฟ้าอะลูมิเนียมผสมจะมีความเหนียวและรับแรงดึงได้สูงกว่าสายไฟฟ้าอะลูมิเนียมล้วน จึงสามารถขึงสายให้มีระยะห่างช่วงเสาได้มากขึ้น นิยมใช้เดินสายบริเวณชายทะเล เพราะสามารถทนต่อการกัดกร่อนของไอเกลือบริเวณชายทะเลได้ดี มาตรฐานสำหรับสายไฟฟ้าอะลูมิเนียมเจือตีเกลียวเปลือย คือ มอก.85-2548

1.3) สายไฟฟ้าอะลูมิเนียมแกนเหล็ก (ACSR: Aluminium Conductor Steel Reinforced) เป็นสายไฟฟ้าอะลูมิเนียมตีเกลียว และมีสายเหล็กอยู่ตรงกลาง เพื่อให้สามารถรับแรงดึงได้สูงขึ้น ทำให้สามารถขยายระยะห่างช่วงเสาได้มากขึ้น แต่จะไม่ใช้สายชนิดนี้ในบริเวณชายทะเล เพราะว่าจะเกิดการกัดกร่อนจากไอของเกลือ ทำให้อายุการใช้งานสั้นลง มาตรฐานสำหรับสายไฟฟ้าอะลูมิเนียมแกนเหล็ก คือ มอก.86-2548 ลักษณะของสายชนิดนี้จะแสดงอยู่ในรูป 2.2



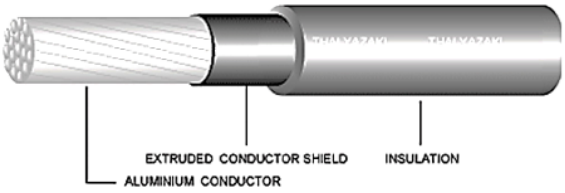
รูปที่ 2.2 ตัวอย่างสาย ACSR

ที่มา: http://www.cmewire.com/catalog/sec03-bac/bac-08-acsrtp.php

สายเปลือยทั้ง 3 ชนิด มีใช้ทั่วไปในระบบส่งของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตฯ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค สำหรับสาย ACC นั้นยังมีใช้ในระบบจำหน่ายของการไฟฟ้านครหลวงด้วย แต่ในปัจจุบันทางการไฟฟ้าฯ ได้มีนโยบายที่จะเลิกใช้สายชนิดนี้แล้วเนื่องจากมีการลัดวงจรจากสัตว์และกิ่งไม้บ่อยครั้ง และได้หันมาใช้สายหุ้มฉนวนประเภท PIC และ SAC แทน

(2) สายหุ้มฉนวน (Insulated Wires) ในการเดินสายไฟฟ้าแรงดันสูงผ่านบริเวณที่มีผู้คนอาศัย เพื่อความปลอดภัยจะต้องใช้สายไฟฟ้าแรงดันสูงที่มีฉนวนหุ้มและการใช้สายหุ้มฉนวนยังช่วยลดการเกิดลัดวงจรจากสัตว์หรือกิ่งไม้แตะถูกสายไฟอีกด้วย ทำให้ระบบไฟฟ้ามีความเชื่อถือได้สูงขึ้น สายไฟฟ้าแรงดันสูงหุ้มฉนวนที่นิยมใช้มีดังนี้

2.1) สาย Partial Insulated Cable (PIC) การใช้สายเปลือยจะมีโอกาสเกิดลัดวงจรขึ้นได้ง่าย เพื่อลดปัญหานี้ จึงได้มีการนำสาย PIC มาใช้แทนสายเปลือย โดยโครงสร้างของสาย PIC นี้จะประกอบไปด้วย ตัวนำอะลูมิเนียมตีเกลียว หุ้มด้วยฉนวน XLPE 1 ชั้น ดังรูปที่ 2.3

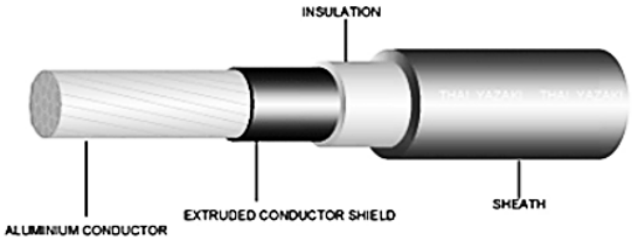


รูปที่ 2.3 ตัวอย่างสาย PIC

ที่มา: http://sahasang.com/product-24KVOC-1166-1.html

แม้ว่าสายชนิดนี้จะมีฉนวน XLPE หุ้ม แต่ก็ไม่สามารถที่จะแตะต้องโดยตรงได้ เนื่องจากฉนวนเป็นเพียงฉนวนบางซึ่งจะช่วยลดการเกิดลัดวงจรของสายเปลือยเท่านั้น การไฟฟ้าฯ ได้นำสายชนิดนี้มาใช้งานโดยเดินในอากาศผ่านลูกถ้วยบนเสาไฟฟ้าแทนสายเปลือย

2.2) สาย Space Aerial Cable (SAC) โครงสร้างเป็นตัวนำอะลูมิเนียมตีเกลียว มีฉนวน XLPE หุ้ม เช่นเดียวกับสาย PIC แต่จะมีเปลือก (Sheath) ที่ทำจาก XLPE หุ้มฉนวนอีกชั้นหนึ่ง ทำให้มีความทนทานมากกว่าสาย PIC สาย SAC มีลักษณะดังรูปที่ 2.4

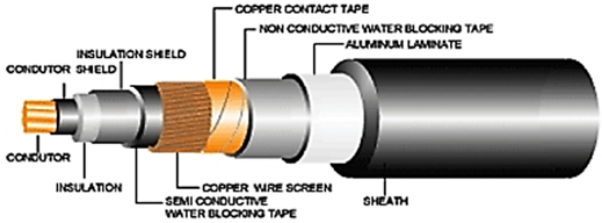


รูปที่ 2.4 ตัวอย่างสาย SAC
ที่มา: http://sahasang.com/product-25KVCC-1167-1.html

แม้ว่าสายชนิดนี้จะมีเปลือก (Sheath) หุ้มฉนวนอีกชั้นหนึ่ง แต่ก็ไม่ควรสัมผัสสายโดยตรง เพราะจะเป็นอันตรายได้ ในการใช้งานสายชนิดนี้ การไฟฟ้าฯ ใช้เป็นวงจรเสริมสำหรับวงจรที่ใช้สาย PIC โดยในการเดินสายจะต้องใช้ Spacer เพื่อจำกัดระยะห่างระหว่างสาย สายชนิดนี้แม้ว่าจะสามารถวางใกล้กันได้มากกว่าสาย PIC แต่ก็ต้องไม่เกินระยะจำกัดค่าหนึ่ง นอกจากนี้จะต้องใช้ Messenger Wire ช่วยดึงสายไว้โดย Messenger Wire จะต่อลงดินทำหน้าที่เป็น สาย Overhead Ground Wire

2.3) สาย Preassembly Aerial Cable สายชนิดนี้จัดเป็นสาย Fully Insulated มีโครงสร้างคล้ายสาย XLPE เนื่องจากสายชนิดนี้สามารถวางใกล้กันได้จึงใช้สายชนิดนี้เมื่อสายไฟฟ้าผ่านในบริเวณที่มีระยะห่าง (Clearance) กับอาคารจำกัดหรือผ่านบริเวณที่มีคนอาศัยอยู่ สายชนิดนี้ยังสามารถวางพาดไปกับมุมตึกได้ เนื่องจากมีความแข็งแรงทนทานมาก

2.4) สาย Cross-linked Polyethylene (XLPE) โครงสร้างของสายแบ่งเป็นชั้น ๆ คือ ตัวนำ (Conductor) จะอยู่ด้านในสุด ถ้าเป็นสายแรงดันต่ำจะทำจากทองแดง ตัวนำจะถูกหุ้มด้วยชีลด์ (Shield) เพื่อที่จะช่วยให้สนามไฟฟ้ากระจายตัวออก และลดการเกิด Breakdown ชั้นถัดไปคือ ฉนวน (Insulation) และฉนวนถูกพันทับด้วยชีลด์ (Shield) อีกที และชั้นนอกสุดคือเปลือก (Jacket) ที่ทำจาก Polyvinyl Chloride หรือ Polyethylene สายชนิดนี้สามารถเดินลอยในอากาศหรือฝังใต้ดินก็ได้ แต่นิยมใช้ฝังใต้ดิน เนื่องจากมีความแข็งแรงทนทานสามารถทนต่อความชื้นได้ดี มีลักษณะดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 ตัวอย่างสาย XLPE

ที่มา: http://www.valvedee.com/airvalvethailand-item-product-pid1020975.html

2.1.2.3 สายไฟฟ้าแรงดันต่ำ เป็นสายไฟฟ้าที่ใช้ได้กับแรงดันไม่เกิน $1000V$ มีลักษณะเป็นสายไฟฟ้าหุ้มด้วยฉนวน โดยที่ตัวนำสำหรับสายไฟฟ้าชนิดนี้ อาจจะใช้ทองแดงหรืออะลูมิเนียม แต่ที่นิยมใช้สำหรับสายไฟฟ้าแรงดันต่ำ คือสายทองแดงสายไฟฟ้าขนาดใหญ่ มีลักษณะเป็นตัวนำตีเกลียว แต่ถ้าเป็นสายไฟฟ้าขนาดเล็ก ตัวนำก็จะเป็นตัวนำเดี่ยว วัสดุฉนวนที่นิยมใช้กับสายไฟฟ้าแรงดันต่ำ ได้แก่ Polyvinyl Chloride (PVC) และ Cross-linked Polyethylene (XLPE)

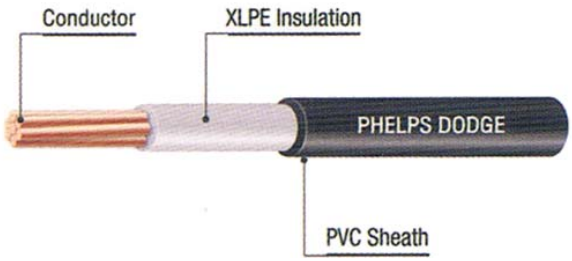
(1) สายไฟฟ้าอะลูมิเนียมหุ้มด้วยฉนวน PVC สายไฟฟ้าชนิดนี้จะมีตัวนำอะลูมิเนียมแบบตีเกลียวไม่อัดแน่นหรือแบบตีเกลียวอัดแน่น และหุ้มด้วยฉนวน PVC โดยอาจจะเป็น PVC ธรรมดา หรือเป็นแบบ Heat Resisting PVC ก็ได้ สามารถใช้ได้กับแรงดันไม่เกิน $750V$ สายไฟฟ้าชนิดนี้จะเป็นไปตามมาตรฐาน มอก.293-2541

สายไฟฟ้าอะลูมิเนียมหุ้มด้วยฉนวน PVC สามารถใช้งานในระบบจำหน่ายแรงดันต่ำเดินภายนอกอาคารเป็นสายประธาน (Main) หรือสายป้อน (Feeder) โดยจะใช้เดินในอากาศเหนือพื้นดิน ทางการไฟฟ้านครหลวงและการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ใช้สายชนิดนี้เป็นสายประธานแรงต่ำ เดินมาจากหม้อแปลงจำหน่าย (Distribution Transformers) พาดบนลูกถ้วยตามเสาไฟฟ้าหรือใต้ชายคาบ้าน หรือตึกแถว เพื่อจ่ายไฟฟ้าให้กับผู้ใช้ สายชนิดนี้มีราคาถูก และรับแรงดึงได้พอควร

(2) สายไฟฟ้าทองแดงหุ้มด้วยฉนวน PVC เนื่องจากทองแดงมีคุณสมบัติข้อดีที่เหนือกว่าอะลูมิเนียมหลายประการด้วยกัน ไม่ว่าจะเป็นโลหะที่มีความนำไฟฟ้าสูงกว่า การตัดต่อก็ทำได้ง่ายกว่า จึงนิยมใช้สายไฟฟ้าชนิดนี้กันมาก สายไฟฟ้าทองแดงหุ้มด้วยฉนวน PVC มีมากมายหลายชนิด แต่ละชนิดก็เหมาะกับงานแต่ละแบบ ทำให้สามารถใช้สายไฟฟ้าชนิดนี้กับงานได้กว้างขวางมาก ตั้งแต่เป็นสายเชื่อมต่อวงจรเล็ก ๆ จนกระทั่งเป็นสายประธานหรือสายป้อน ในที่นี้กล่าวถึงสายไฟฟ้าตาม มอก.11-2553 โดยกล่าวถึงสายไฟฟ้าที่ใช้งานในการเดินสายถาวรที่ใช้กันโดยทั่ว ๆ ไป

(3) สายไฟฟ้าทองแดงหุ้มด้วยฉนวน XLPE เนื่องจากคุณสมบัติของฉนวน XLPE ที่สามารถทนต่อความร้อนได้สูง มีความแข็งแรง ทนต่อแรงทางกลและการกัดกร่อนทางเคมีได้ดี ในปัจจุบันจึงมีการใช้สายไฟฟ้าที่หุ้มด้วยฉนวน XLPE มากขึ้น โดยสายชนิดนี้มีชื่อเรียกว่าสาย CV หรือ CVV ซึ่งไม่

อยู่ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม แต่จะใช้มาตรฐานอื่นเช่น IEC 60502 โดยทั่วไปสายชนิดนี้จะสามารถใช้งานได้เหมือนกันสาย NYY จึงนิยมใช้เป็นสายป้อนหรือสายประธาน



รูปที่ 2.6 ตัวอย่างสาย CV

ที่มา:http://tkmultiply.com

แรงดันใช้งาน : $0.6/1kV$

อุณหภูมิใช้งาน : $90^{\circ}C$

สถานที่ใช้งาน : สถานที่แห้งและสถานที่เปียก

ลักษณะการติดตั้ง : ใช้งานได้ทั่วไป ฝังดินโดยตรง

2.1.2.4 สายไฟฟ้าตาม มอก. 11-2553 สายไฟฟ้าแรงดันต่ำหุ้มฉนวนพอลิไวนิลคลอไรด์ มีใช้อยู่มากมายและมีมาตรฐานบังคับมานานแล้ว ฉบับแรกคือ มอก. 11-2518 ต่อมาได้ปรับปรุงเป็น มอก. 11-2531 ฉบับล่าสุดคือ มอก. 11-2553

สายไฟฟ้าตาม มอก. 11-2553 ที่นิยมใช้งานคือ

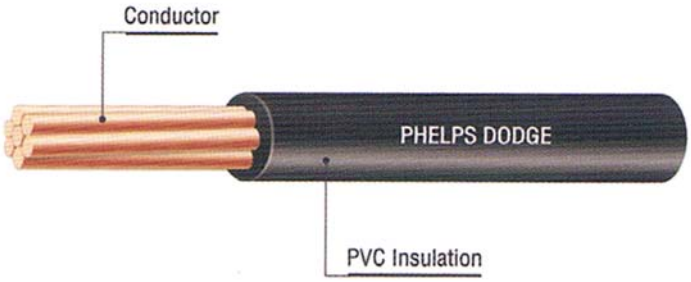
(1) สาย THW รหัสสายคือ 60221 IEC 01 คือสายไฟฟ้าแกนเดียว ไม่มีเปลือก ชนิดตัวนำสายแข็งสำหรับงานทั่วไป แรงดันที่กำหนดสำหรับสายชนิดนี้คือ $450/750V$ และสายมีขนาด $1.5mm^2$ ถึง $400mm^2$

การใช้งาน

ใช้งานทั่วไป

เดินในช่องเดินสาย และป้องกันน้ำเข้าช่องเดินสาย

- ห้ามร้อยท่อฝังดินหรือฝังดินโดยตรง
- ห้ามเดินบน Cable Trays



รูปที่ 2.7 ตัวอย่างสาย THW
ที่มา: http://tkmultiply.com/thw-a/

(2) สาย VAF คือสายไฟฟ้าหุ้มด้วยฉนวนและเปลือก มี 2 แบบ คือสายแบน 2 แกน และ 2 แกนมีสายดิน รหัสกรณีไม่มีสายดินคือ VAF และรหัสกรณีมีสายดินคือ VAF-G หรือ VAF/G แรงดันไฟฟ้าที่กำหนดสำหรับสายไฟฟ้าชนิดนี้คือ $300/500V$ และสายมีขนาด $1mm^2$ ถึง $16mm^2$

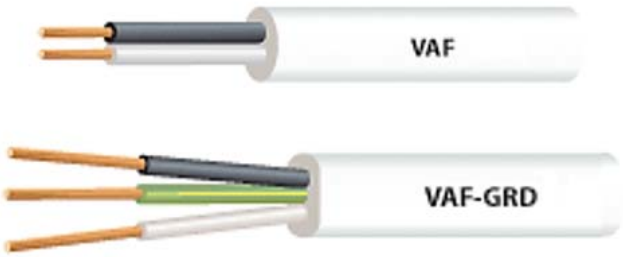
การใช้งาน

ใช้เดินเกาะผนัง

เดินในช่องเดินสาย

ห้ามร้อยท่อ

ห้ามฝังดิน



รูปที่ 2.8 ตัวอย่างสาย THW
ที่มา: http://benzelectrical.tarad.com/product_943837_th

(3) สาย NYY คือสายไฟฟ้าหุ้มด้วยฉนวน มีเปลือกในและแปลือกนอก รหัสกรณีไม่มีสายดินคือ NYY และรหัสกรณีมีสายดินคือ NYY-G แรงดันไฟฟ้าที่กำหนดสำหรับสายไฟฟ้าชนิดนี้คือ $450/750V$

NYY แกนเดี่ยว มีขนาด $1mm^2 - 500mm^2$

NYY หลายแกน มีขนาด $50mm^2 - 300mm^2$

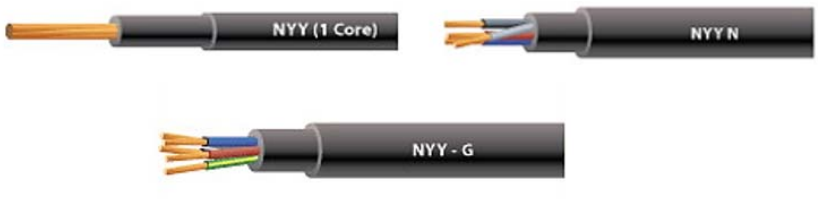
NYY หลายแกนมีสายดิน มีขนาด $25mm^2 - 300mm^2$

การใช้งาน

ใช้งานทั่วไป

ร้อยท่อฝังดินหรือฝังดินโดยตรง

เดินบน Cable Trays



รูปที่ 2.9 ตัวอย่างสาย NYY

ที่มา: http://www.ksv.ac.th/tb/cai/science2007/chap7_1.htm

2.1.3 ท่อสาย (Raceways)

ในการเดินสายไฟฟ้านั้น ถึงแม้ว่าฉนวนที่หุ้มสายไฟฟ้าจะมีความทนทานแข็งแรงพอสมควร แต่ว่าก็ยังไม่แข็งแรงพอที่จะทนต่อแรงกระแทกต่าง ๆ จากภายนอกได้ ดังนั้นเพื่อเป็นการป้องกันสายไฟฟ้าไม่ให้รับความเสียหายและสามารถใช้งานได้ยาวนาน ในปัจจุบันจึงนิยมที่จะเดินสายไฟฟ้าในท่อสาย (Raceways) ท่อสายเป็นอุปกรณ์ซึ่งมีลักษณะเป็นท่อกลมหรือช่องสี่เหลี่ยมผิวด้านในเรียบ ใช้ในการเดินสายไฟฟ้าโดยเฉพาะ

ประโยชน์ของการใช้ท่อสายมีดังนี้

1. ป้องกันสายไฟฟ้าจากความเสียหายทางกายภาพ เช่น การถูกกระทบกระแทกจากของมีคม หรือถูกสารเคมีต่าง ๆ

2. ป้องกันอันตรายกับคนที่อาจจะไปสัมผัสถูกสายไฟฟ้า เมื่อฉนวนของมันเสียหาย หรือมีการเสื่อมสภาพ

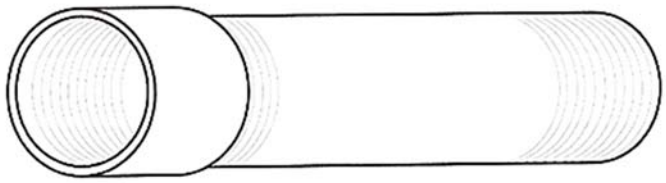
3. สะดวกต่อการร้อยสาย และเปลี่ยนสายไฟฟ้าสายใหม่ เมื่อสายหมดอายุการใช้งาน

4. ท่อสายที่เป็นโลหะ จะต้องมีการต่อลงดิน ดังนั้นจะเป็นการป้องกันไฟฟ้าช๊อตได้

5. สามารถป้องกันการเกิดไฟไหม้ได้ เนื่องจากถ้าเกิดการลัดวงจรภายในท่อ ประกายไฟหรือความร้อนจะถูกจำกัดอยู่ภายในท่อ

2.1.3.1 ชนิดของท่อสาย ท่อสายที่นิยมใช้กันในปัจจุบันมีดังนี้

(1) ท่อโลหะหนา (Rigid Steel Conduit, RSC) เป็นท่อที่มีความแข็งแรงที่สุด สามารถทนต่อสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ได้ดี ท่อชนิดนี้ถ้าทำมาจากเหล็กกล้า และส่วนใหญ่จะผ่านขบวนการชุบด้วยสังกะสี (Galvanized) ซึ่งจะช่วยป้องกันสนิมได้ดี



รูปที่ 2.10 ตัวอย่างท่อ RSC

ที่มา: จากหนังสือการออกแบบระบบไฟฟ้า จัดทำโดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์

สถานที่ใช้งาน

ใช้งานได้ทุกสถานที่และสภาพอากาศ โดยสามารถใช้ทั้งภายนอก ภายในอาคาร และสามารถฝังใต้ดินได้

ขนาดมาตรฐาน

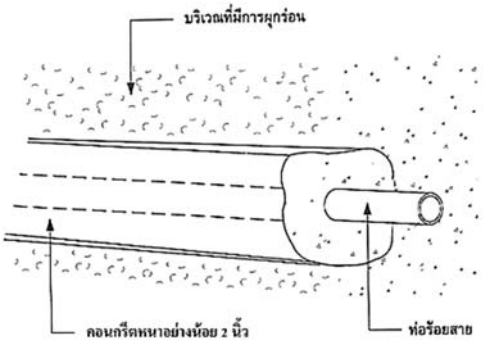
มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (ขนาดทางการค้า) $15mm^2(1/2") - 150mm(6")$

ความยาวท่อนละ $3m$

การติดตั้ง

ในสถานที่เปียก (Wet Location) ส่วนประกอบที่ใช้ยึดท่อ เช่น Bolt , Strap และ Screw เป็นต้น ต้องเป็นชนิดที่ทนต่อการผุกร่อนได้

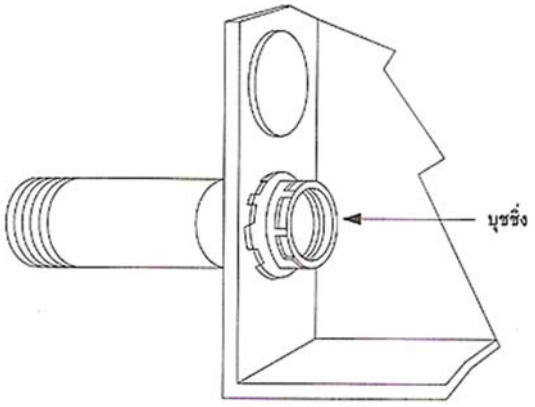
ในที่ที่มีการผุกร่อน (Cinder Fill) ท่อจะต้องเป็นชนิดที่ทนต่อการผุกร่อนได้หรือหุ้มท่อด้วยคอนกรีตหนาอย่างน้อย 2 นิ้ว



รูปที่ 2.11 ตัวอย่างการติดตั้งท่อในที่มีการผุกร่อน

ที่มา: จากหนังสือการออกแบบระบบไฟฟ้า จัดทำโดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์

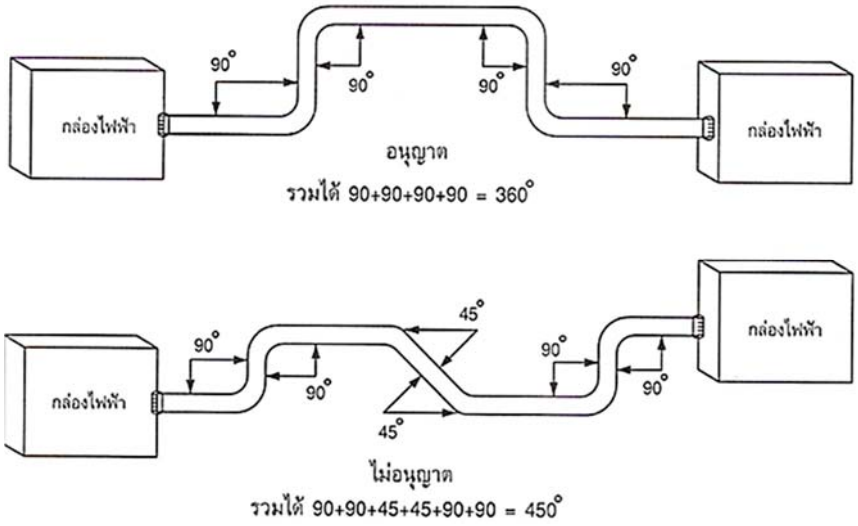
การต่อท่อเข้ากับเครื่องประกอบ จะต้องใช้บุชชิ่ง (Bushing) เพื่อป้องกันฉนวนของสายไฟฟ้าเสียหาย



รูปที่ 2.12 ตัวอย่างบุชชิ่ง (Bushing)

ที่มา: จากหนังสือการออกแบบระบบไฟฟ้า จัดทำโดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์

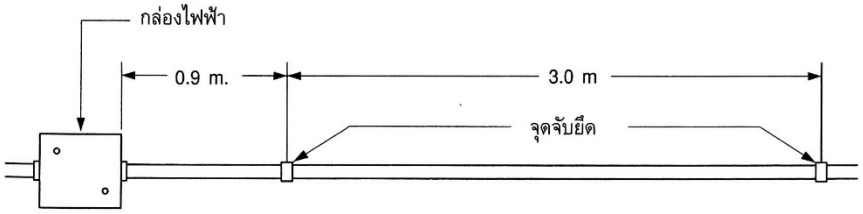
มุมดัดโค้งของท่อระหว่างจุดดึงสาย รวมกันจะต้องไม่เกิน 360 องศา



รูปที่ 2.13 ตัวอย่างมุมดัดโค้งท่อระหว่างจุดดึงสาย

ที่มา: จากหนังสือการออกแบบระบบไฟฟ้า จัดทำโดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์

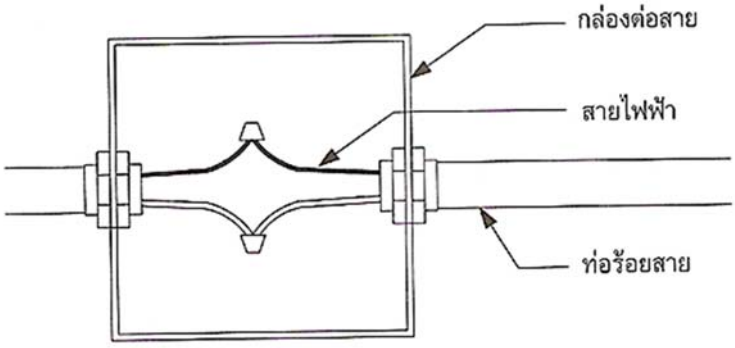
การเดินท่อจะต้องมีการจับยึดที่มั่นคงแข็งแรงทุกระยะไม่เกิน $3.0m$ และห่างจากกล่องไฟฟ้าหรือจุดต่อไฟ ไม่เกิน $0.9m$



รูปที่ 2.14 ตัวอย่างการติดตั้งท่อ RMC
ที่มา: จากหนังสือการออกแบบระบบไฟฟ้า จัดทำโดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์

การต่อสาย และการต่อแยก

จะต้องทำในกล่องไฟฟ้า (Boxes) ที่สามารถเปิดได้เท่านั้น โดยปริมาตรของสาย ฉนวน และหัวต่อสาย รวมกันจะต้องไม่เกิน 75% ของปริมาตรกล่องไฟฟ้า



รูปที่ 2.15 ตัวอย่างการต่อสาย
ที่มา: จากหนังสือการออกแบบระบบไฟฟ้า จัดทำโดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์

การต่อท่อ

ท่อ RMC สามารถต่อให้ยาวขึ้นได้ โดยทำเกลียวที่ปลายท่อ แล้วขันต่อกันด้วยข้อต่อ (Coupling) โดยการทำเกลียว จะต้องใช้เครื่องทำเกลียวชนิดปลายเรียว

ปลายท่อที่ถูกตัดจะต้องมีการลับคมเพื่อป้องกันไม่ให้บาดฉนวนของสายไฟ

(2) ท่อโลหะหนาปานกลาง (Intermediate Metal Conduit, IMC) ท่อโลหะหนาปานกลาง หรือเรียกอีกอย่างว่าท่อ IMC เป็นท่อที่มีความหนา น้อยกว่าท่อ RMC แต่จะสามารถใช้งานแทนท่อ RMC ได้และมีราคาถูกกว่า

สถานที่ใช้งาน ทุกสถานที่เช่นเดียวกับท่อ RMC

ขนาดมาตรฐาน

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง $15mm(1/2'') - 100mm(4'')$

ความยาวท่อนล่ะ $3m$

การติดตั้ง เช่นเดียวกับท่อ RMC

การต่อสายและการต่อแยก เช่นเดียวกับท่อ RMC

การต่อท่อ เช่นเดียวกับท่อ RMC

(3) ท่อโลหะบาง (Electrical Metallic Tubing, EMT) ท่อโลหะบาง หรือเรียกอีกอย่างว่า EMT เป็นท่อที่มีผนังบางกว่าท่อ RMC และ IMC จึงมีความแข็งแรงน้อยกว่า และมีราคาถูกกว่า

สถานที่ใช้งาน

ใช้ได้เฉพาะภายในอาคารเท่านั้น ทั้งในที่เปิดโล่ง (Exposed) และที่ซ่อน (Conceal) เช่น เดินลอยตามผนัง เดินในฝ้าเพดาน หรือฝังในผนังคอนกรีตได้ ไม่ควรใช้ท่อ EMT ในที่ที่มีการกระทบกระแทกทางกล ไม่ใช้ฝังใต้ดินและไม่ใช้ในระบบแรงสูง

ขนาดมาตรฐาน

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง $15mm(1/2") - 50mm(2")$

ความยาวท่อนละ $3m$

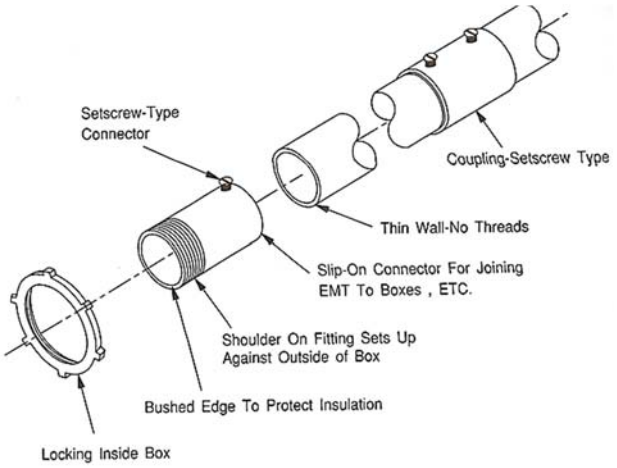
การติดตั้ง

เช่นเดียวกับท่อRMC แต่ไม่อนุญาตให้ใช้ท่อ EMT เป็นตัวนำสำหรับต่อลงดิน

การต่อสาย และการต่อแยก เช่นเดียวกับท่อ RMC

การต่อท่อ

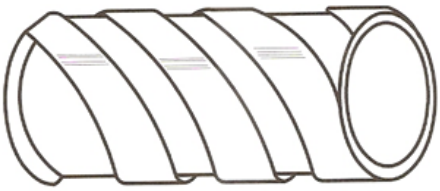
ท่อ EMT ห้ามทำเกลียว การต่อท่อจะใช้ข้อต่อชนิดไม่มีเกลียว เช่น แบบใช้สกรูไขดังรูป



รูปที่ 2.16 ตัวอย่างการต่อท่อ EMT

ที่มา: จากหนังสือการออกแบบระบบไฟฟ้า จัดทำโดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์

(4) ท่อโลหะอ่อน (Flexible Metal Conduit, FMC) ท่อโลหะอ่อนทำมาจากเหล็กกล้าชุบสังกะสี มีความอ่อนตัวสูง สามารถโค้งงอได้



รูปที่ 2.17 ตัวอย่างท่อโลหะอ่อน

ที่มา: จากหนังสือการออกแบบระบบไฟฟ้า จัดทำโดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์

สถานที่ใช้งาน ท่อโลหะอ่อนเหมาะสำหรับใช้งานกับอุปกรณ์ที่มีการสั่นสะเทือนขณะใช้งาน เช่น มอเตอร์เครื่องจักรต่าง ๆ หรือใช้กับงานที่ต้องการความโค้งงอด้วยมุมหักสูงๆ เช่น จุดต่อดวงโคม ท่อโลหะอ่อนไม่อนุญาตให้ใช้ในบางกรณี ดังนี้

ในปล่องลิฟต์ หรือปล่องขนของ

ในห้องแบตเตอรี่

ในสถานที่อันตราย

ในสถานที่เปียก ยกเว้นเมื่อมีการป้องกันไม่ให้น้ำเข้าไปในท่อ และใช้สายไฟฟ้าที่เหมาะสม

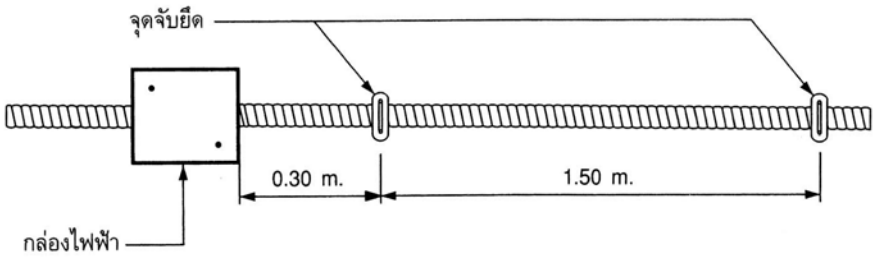
ฝังในดินหรือฝังในคอนกรีต

ขนาดมาตรฐาน

มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง $15mm(1/2'') - 80mm(3'')$

การติดตั้ง

จะต้องมีการจับยึดที่มั่นคงแข็งแรง ทุกระยะไม่เกิน $1.50m$ และห่างจากกล่องไฟฟ้า หรือจากจุดต่อไฟไม่เกิน $0.30m$



รูปที่ 2.18 ตัวอย่างการติดตั้งท่อโลหะอ่อน

ที่มา: จากหนังสือการออกแบบระบบไฟฟ้า จัดทำโดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์

มุมดัดโค้งระหว่างจุดดึงสาย รวมกันไม่เกิน 360 องศา

สามารถใช้ท่อโลหะอ่อนเป็นตัวนำสำหรับต่อลงดินได้ เมื่อท่อโลหะอ่อนมีความยาวไม่เกิน $1.80m$ และสายไฟภายในต่อกับเครื่องป้อนกันกระแสเกินขนาดไม่เกิน $20A$

(5) ท่ออโลหะแข็ง (Rigid Nonmetallic Conduit, RNC) ท่อและอุปกรณ์ของท่อชนิดนี้จะทำมาจากสารอโลหะ ซึ่งมีคุณสมบัติเหมาะสมทางกายภาพ ท่ออโลหะแข็งจะมีความทนทานต่อการกัดกร่อน และการกระทบกระแทกได้ดี ท่อชนิดนี้แม้ว่าความแข็งแรงจะน้อยกว่าท่อโลหะ แต่จะสามารถทนต่อความชื้นได้ดีกว่า และป้องกันการกัดกร่อนจากสารเคมีในอากาศได้ดีกว่า

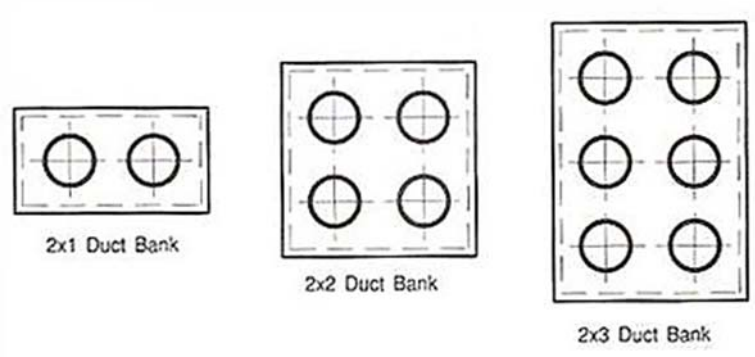
สถานที่ใช้งาน

ในพื้นที่เปิดโล่ง (Exposed) ที่ป้องกันความเสียหายทางกายภาพ

ในที่ซ่อน (Conceal) เช่น เดินซ่อนในผนัง พื้น และ เพดาน

ในที่เปียก และ ชื้น โดยมีการป้องกันน้ำเข้าไปในท่อ

สามารถฝังใต้ดินได้ เพราะมันทนต่อความชื้นและการผุกร่อน แต่เพื่อความแข็งแรง ส่วนมากจะหุ้มด้วยคอนกรีตที่เรียกว่า Duct Bank



รูปที่ 2.19 ตัวอย่าง Duct Bank

ที่มา: จากหนังสือการออกแบบระบบไฟฟ้า จัดทำโดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์

ท่ออโลหะแข็งไม่อนุญาตให้ใช้ในบางกรณีดังนี้

ใช้เป็นเครื่องแขวน และจับยึดดวงโคม

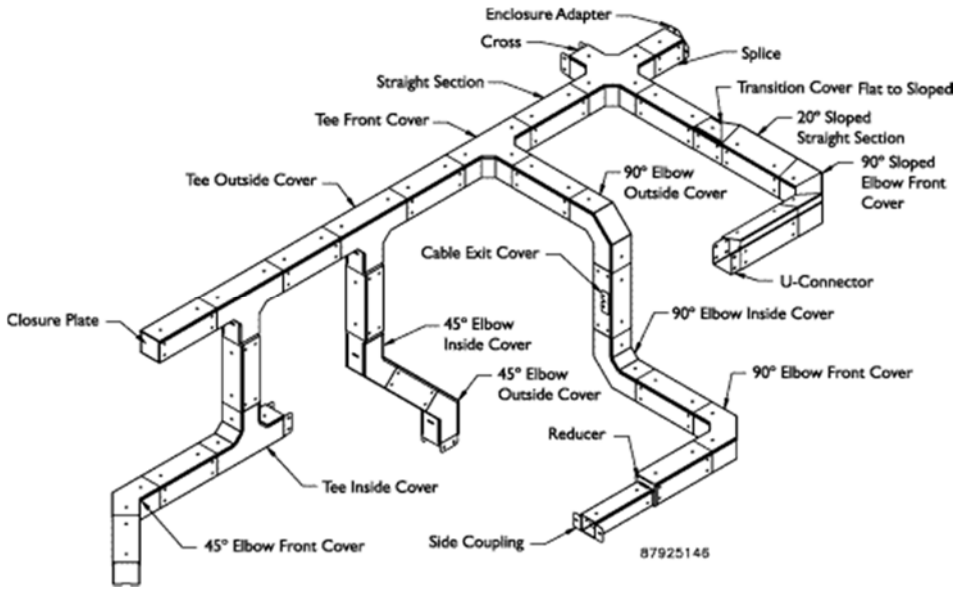
ในที่ที่มีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิของท่อที่ระบุ

2.1.3.2 จำนวนสายไฟฟ้าสูงสุดในท่อร้อยสาย การเดินสายไฟฟ้าในท่อร้อยสาย เป็นแบบการติดตั้งที่มีการใช้มากที่สุด จำนวนสายไฟฟ้าในท่อร้อยสายจะต้องมีจำนวนไม่มากเกินไป ด้วยเหตุผล 2 ประการ คือ

(1) เมื่อมีกระแสไหลผ่านสายไฟฟ้าในท่อร้อยสาย จะทำให้เกิดความร้อนขึ้น จึงจำเป็นต้องมีที่ว่างสำหรับการระบายความร้อน

(2) พื้นที่หน้าตัดรวมของสายไฟฟ้า ต้องเล็กกว่าพื้นที่หน้าตัดภายในของท่อร้อยสายพอสมควร เพื่อให้การดึงสายไฟฟ้าทำได้สะดวก และไม่ทำลายฉนวนของสายไฟฟ้า

2.1.3.3 รางเดินสาย (Wireways) รางเดินสายเป็นรางที่ใช้เดินสายไฟฟ้า ทำจากเหล็กแผ่นพับเป็นสี่เหลี่ยม มีฝาเปิดปิด เป็นแบบบานพับ หรือแบบถอดออกได้ แผ่นเหล็กที่ใช้ทำรางเดินสายจะต้องผ่านขบวนการต่าง ๆ เพื่อกันสนิมก่อน ที่นิยมใช้มี 3 วิธีด้วยกัน คือ ใช้วิธีพ่นสีฝุ่น Epoxy/Polyester เคลือบด้วยฟอสเฟตหรือสังกะสี (Galvanized Steel) และวิธีอลูซิงค์ (Aluzinc) วิธีนี้เป็นวิธีที่ป้องกันการเกิดสนิมได้ดีกว่าวิธีอื่นโดยแผ่นเหล็กจะถูกเคลือบด้วยสารโลหะที่ประกอบด้วย อะลูมิเนียม สังกะสี และซิลิคอน โดยผสมเนื้อเดียวในลักษณะอัลลอยด์



รูปที่ 2.20 ตัวอย่างรางเดินสาย

ที่มา: จากหนังสือการออกแบบระบบไฟฟ้า จัดทำโดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์

การต่อรางเดินสายเข้าด้วยกันหรือจะเป็นทางโค้ง สามารถใช้อุปกรณ์สำเร็จรูปต่อเข้ากับรางเดินสายได้เลยเพื่อความสะดวก เช่น ข้องอ (Elbow) จุดเชื่อมต่อตัวที (Tee) และตัวลดขนาด (Reducer) เป็นต้น

การใช้งาน

อนุญาตให้ใช้ในที่เปิดโล่งซึ่งเข้าถึงได้

ห้ามใช้ในฝ้าเพดาน

รางเดินสายขนาดใหญ่ที่สุดที่ให้ใช้ $150 \times 300mm$

สายแกนเดี่ยวของวงจรเดียวกันรวมทั้งสายดินต้องวางเป็นกลุ่มเดียวกัน แล้วมัดรวมเข้าด้วยกัน

พื้นที่หน้าตัดรวมของสายไฟฟ้า ต้องไม่เกิน 20% ของพื้นที่หน้าตัดรางเดินสาย

ถ้าตัวนำกระแสไม่เกิน 30 เส้น พิกัดกระแสคิดตัวนำกระแส 3 เส้นในท่อไม่ต้องใช้ตัวคูณปรับค่า

2.1.3.4 รางเดินสายประกอบ (Auxiliary Gutters) รางเดินสายประกอบจะมีลักษณะเช่นเดียวกับรางเดินสาย (Wireways) แต่มีจุดประสงค์การใช้งานที่ต่างกันคือ รางเดินสายประกอบจะเป็นที่ต่อสายรวมก่อนที่จะแยกเข้าแผงมิเตอร์ แผงจ่ายไฟย่อย หรือแผงสวิตช์ช่วยให้การต่อสายและการบำรุงรักษาจุดต่อไฟทำได้สะดวก มีความเป็นระเบียบมากขึ้น มีลักษณะการติดตั้ง และการใช้งานเช่นเดียวกับรางเดินสาย แต่รางเดินสายประกอบจะต้องมีความยาวไม่เกิน $9m$

2.1.3.5 รางเคเบิล (Cable Trays) รางเคเบิล หรือที่เรียกโดยทั่วไปว่าเคเบิลเทรย์ เป็นโครงสร้างสำหรับรองรับสายเคเบิล รางเคเบิลจะต้องมีความแข็งแรงมากพอที่จะรับน้ำหนักของสายทั้งหมดได้ และจะต้องไม่มีส่วนที่เป็นคมที่อาจทำให้ปลอกสายหรือฉนวนฉีกขาด รางเคเบิลไม่ถือว่าเป็นท่อสาย (Raceways) แต่ได้รับความนิยมใช้กันมากในโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ เนื่องจากสามารถติดตั้งได้ง่าย และมีราคาถูก รางเคเบิลบ่างออกเป็นลักษณะต่าง ๆ ได้ดังนี้

(1) รางเคเบิลแบบบันได (Ladder Type) รางเคเบิลชนิดนี้จะมีลักษณะเป็นโครงสร้างตามแนวยาว 2 ชุด ยึดติดกันด้วยขั้นบันได (Rung) จึงมีลักษณะคล้ายบันได จะใช้กับสายเคเบิลกำลัง

รูปที่ 2.21 ตัวอย่างรางเคเบิลแบบบันได
ที่มา: https://indonesian.alibaba.com/g/wire-mesh-cable-tray-and-cable-ladder.html

(2) รางเคเบิลแบบระบายอากาศ (Perforated Type) รางเคเบิลชนิดนี้จะเป็นชิ้นส่วยเดียวตลอด มีรูระบายอากาศด้านล่าง ใช้จับยึดสายชนิดใหญ่เส้นเดียว หรือสายควบคุมชนิดหลายตัวนำ

รูปที่ 2.22 ตัวอย่างรางเคเบิลแบบระบายอากาศ
ที่มา: https://thai.alibaba.com/product-detail/ventilated-hdg-perforated-cable-tray

(3) รางเคเบิลแบบด้านล่างทึบ (Solid – Bottom Type) รางเคเบิลชนิดนี้เป็นชิ้นส่วนเดียวกันโดยตลอด ด้านล่างจะเป็นแผ่นโลหะทึบมักจะใช้กับสายตัวนำทั่วไปที่มีขนาดเล็ก ข้อดีประการหนึ่งของการใช้รางเคเบิลคือ สามารถเพิ่ม เคลื่อนย้าย เปลี่ยนแปลง สายไฟฟ้าได้โดยสะดวก ในการวางสายไฟฟ้ามักจะเผื่อที่เอาไว้สำหรับการขยายในอนาคตด้วย

รูปที่ 2.23 ตัวอย่างรางเคเบิลแบบด้านล่างทึบ
ที่มา: https://indonesian.alibaba.com

การเดินสายในรางเคเบิล (Cable Trays) สายไฟฟ้าและอุปกรณ์ต่อไปนี้ อนุญาตให้ติดตั้งในรางเคเบิลได้

สายเคเบิลชนิด MI (Mineral-Insulated, Metal-Sheathed Cable) ชนิด MC (Metal-Clad Cable) และชนิด AC (Armored Cable)

สายเคเบิลแกนเดียวชนิดมีเปลือกนอกทั้งในระบบแรงสูงและแรงต่ำ และขนาดไม่เล็กกว่า 50 mm2

สายเคเบิลหลายแกนในระบบแรงสูง และระบบแรงต่ำทุกขนาด

ท่อร้อยสายชนิดต่าง ๆ

สายชนิดหลายแกนสำหรับควบคุมสัญญาณและไฟฟ้ากำลัง

ความกว้าง (W) ของ Cable Tray รางมาตรฐาน 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000 มิลลิเมตร

Cable Tray มีความกว้างไม่น้อยกว่า ผลรวมของเส้นผ่านศูนย์กลางของสาย Cable Tray สำหรับการออกแบบควรเผื่อไว้เล็กน้อย โดยทั่วไปจะเผื่อไว้ประมาณ 25% และเลือกขนาดทั่วไป

2.1.3.6 เครื่องประกอบ (Fittings) หมายถึง อุปกรณ์ที่ใช้ประกอบในการเดินสาย โดยใช้ร่วมกับท่อสายต่าง ๆ เช่น ท่อร้อยสาย รางเดินสาย และรางเคเบิลเป็นต้น การใช้เครื่องประกอบในการเดินสายจะมีวัตถุประสงค์เพื่องานทางกลมากกว่างานทางไฟฟ้า ซึ่งจะพอสรุปได้ดังนี้

เพื่อช่วยในการจับยึดท่อสายให้มีความมั่นคงแข็งแรง

เพื่อการเปลี่ยนทิศทางในการเดินสาย

เพื่อความสะดวกในการดึงสาย

เพื่อการตัดต่อสาย

เครื่องประกอบสามารถแบ่งตามหน้าที่การใช้งานได้ 3 ประเภท ดังนี้

(1) กล่องไฟฟ้า (Boxes)

(2) กล่องดึงสาย (Pull Boxes)

(3) เครื่องประกอบท่อร้อยสาย

2.1.4 บริภัณฑ์ไฟฟ้า

ในการออกแบบระบบไฟฟ้านั้น วิศวกรผู้ออกแบบจะต้องทราบคุณสมบัติต่าง ๆ ของบริภัณฑ์ไฟฟ้า เพื่อให้สามารถเลือกบริภัณฑ์เหล่านั้นได้ถูกต้องและเหมาะสมต่อการใช้งาน การศึกษาข้อมูลต่าง ๆ จากแคตตาล็อกที่มีอยู่มากมายของบริษัทผู้ผลิตจะช่วยให้เข้าใจถึงคุณสมบัติและการใช้งานของบริภัณฑ์ต่าง ๆ ได้อย่างดี

บริภัณฑ์ไฟฟ้าที่ใช้สำหรับการนำ การจ่าย และการป้องกันในระบบไฟฟ้าของสถานประกอบการต่าง ๆ มีอยู่มากมายหลายชนิด อาจแบ่งตามระดับแรงดันไฟฟ้าได้เป็น

บริภัณฑ์ไฟฟ้าแรงดันสูง (HV Equipment) แรงดันสูงกว่า $36kV$

บริภัณฑ์ไฟฟ้าแรงดันปานกลาง (MV Equipment) แรงดัน $1kV$ ถึง $36kV$

บริภัณฑ์ไฟฟ้าแรงดันต่ำ (LV Equipment) แรงดันน้อยกว่า $1kV$

2.1.4.1 บริภัณฑ์ไฟฟ้าแรงดันต่ำ (LV Equipment) บริภัณฑ์ไฟฟ้าแรงดันต่ำที่สำคัญได้แก่

(1) เซอร์กิตเบรกเกอร์แรงดันต่ำ (Low Voltage Circuit Breakers) เซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit Breaker: CB) เป็นบริภัณฑ์ไฟฟ้าที่ทำหน้าที่เป็นสวิตช์สำหรับเปิดปิดวงจร ไฟฟ้าแรงดันต่ำในภาวะปกติและจะเปิดวงจรโดยอัตโนมัติ เมื่อเกิดภาวะผิดปกติขึ้นอันเนื่องมาจากการใช้กำลังเกิน (Overload) หรือการลัดวงจร (Short Circuit) หลังจากทำการแก้ไขสิ่งผิดปกติบกพร่องเรียบร้อยแล้ว ก็สามารถสับไฟฟ้าเข้าให้ใช้งานงานต่ออีกได้

มาตรฐานของ CB ที่สำคัญคือ

IEC 60947-2 “Part 2 Circuit Breaker”

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

พิกัดที่สำคัญตามมาตรฐาน IEC 60947-2 มีดังต่อไปนี้

พิกัดกระแสต่อเนื่องของ CB คือ ค่ากระแส RMS ที่ CB สามารถทนได้ที่อุณหภูมิไม่เพิ่มเกินค่าที่กำหนดให้ของอุณหภูมิโดยรอบ (Ambient Temperature) ค่าหนึ่ง

บริษัทผู้ผลิตส่วนมากจะทำ CB ที่มีขนาดโครงเป็นช่วงกว้างๆ แล้วปรับตั้งกระแสพิกัดในระหว่างช่วงให้ละเอียดขึ้น ดังนั้นจึงเกิดมีคำว่า Ampere Frame (AF) และ Ampere Trip (AT) ขึ้น

Ampere Frame (AF) คือ ขนาดพิกัดกระแสสูงสุดที่สามารถใช้ได้กับขนาดของ CB

Ampere Trip (AT) คือ ขนาดพิกัดกระแสที่ปรับตั้งให้ CB ใช้งาน

พิกัดการตัดกระแสลัดวงจร (Interrupting Capacity = IC, Breaking Capacity) คือ กระแสลัดวงจรสูงสุดที่ CB สามารถตัดได้โดยที่ตัว CB ไม่ได้รับความเสียหาย

ค่า IC ของ CB ได้จากการทดสอบ และขึ้นกับตัวแปรหลายตัว เช่น แรงดัน ตัวประกอบกำลัง เป็นต้น ดังนั้น CB ที่สามารถใช้ได้กับหลายแรงดัน จะต้องมีค่า IC ที่แต่ละแรงดันด้วย ค่า IC ของ CB เป็นพิกัดที่สำคัญมากอย่างหนึ่ง ในการเลือก CB เพื่อใช้สำหรับงานหนึ่งงานใดนั้นจะต้องให้มี IC เท่ากับหรือมากกว่ากระแสลัดวงจรสูงสุดที่จุดติดตั้ง ตาม IC 60947-2 ได้ให้นิยามพิกัดการตัดกระแสลัดวงจรได้ดังนี้

I_{cu} = Rated Ultimate Short-Circuit Breaking Capacity
(Switching Sequence O-t-CO)

I_{cs} = Rated Service Short-Circuit Breaking Capacity
(Switching Sequence O-t-CO-t-CO)

I_{cw} = Rated Short-time Current Withstand

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

Utilization Category A

ไม่เหมาะที่จะทำ Coordination (Selectivity) เนื่องจากไม่มี I_{cw}

Utilization Category B

CB เหมาะที่จะทำ Coordination และ มี I_{cw}

ค่า AF ขนาดมาตรฐานและ AT บริษัทผู้ผลิตต่าง ๆจะผลิต CB ที่มี AF ตามมาตรฐานที่กำหนด มาตรฐาน IEC ได้กำหนด AF ไว้ดังนี้คือ 63, 100, 125, 160, 200, 250, 320, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000, 2500, 3150(3200), 4000, 5000, 6300 บริษัทบางแห่งอาจจะไม่ผลิตค่า AF บางค่าได้

ค่า AT ที่บริษัทต่าง ๆ จะผลิตออกมานั้นมีหลายค่า แล้วแต่ความต้องการของบริษัทนั้น ๆ เช่น บริษัทผลิต CB

ที่ AF = 250 A อาจตั้ง AT ไว้ ดังนี้คือ 100, 125, 150, 175, 200, 225 A และ 250 A

ที่ AF = 1600 A มี AT ค่าต่าง ๆ คือ 800, 1000,1250, 1600 A

1.1) ประเภทของ CB แบ่งตามลักษณะภายนอก และการใช้งานได้เป็น 3 ชนิด คือ

1.1.1) Miniature Circuit Breaker (MCB) มีไว้ใช้สำหรับติดตั้งในแผงจ่ายไฟ (Panelboard) หรือแผงจ่ายไฟของที่อยู่อาศัย (Consumer Unit) เพื่อป้องกันระบบไฟฟ้าของบ้าน สำนักงาน หรืออุตสาหกรรม และสำหรับมาตรฐานที่ใช้ส่วนมากสำหรับ MCB จะเป็นมาตรฐาน IEC 60898

คุณสมบัติของ MCB มีดังนี้

มีทั้ง 1, 2 หรือ 3 ขั้ว

มี AF คือ $50AF$ หรือ $63AF$

มี IC ตั้งแต่ $3kA$ ถึง $10kA$

MCB ที่มีการป้องกันการลัดวงจรลงดิน (Ground Fault) เรียกว่า Residual Current Circuit Breaker (RCCB) หรือ Earth Leakage Circuit Breaker (ELCB) มีความไว $10mA, 30mA$ สำหรับป้องกันไฟดูด

รูปที่ 2.24 ตัวอย่าง Circuit Breaker ชนิด MCB

ที่มา: http://www.electricalclassroom.com

1.1.2) Molded Case Circuit Breaker (MCCB) เป็น CB ที่บริภัณฑ์ตรวจจับและบริภัณฑ์ตัดต่ออยู่ภายในวัสดุฉนวน ซึ่งทำด้วยสารประเภทพลาสติกแข็ง มีตั้งแต่ขนาดเล็กจนถึงขนาดใหญ่ใช้สำหรับป้องกันระบบไฟฟ้าตั้งแต่วงจรย่อย สายป้อนถึงสายประธาน และบริภัณฑ์ไฟฟ้าด้วย

โครงกรอบของ MCCB ส่วนมากทำด้วยโพลีเอสเตอร์พลาสติก (Polyester Plastic) วัสดุชนิดนี้จะทำหน้าที่ในการป้องกันอาร์ค ความร้อนและแก๊สได้ เป็นฉนวนและเป็นที่กั้นภายในระหว่างขั้วไฟฟ้ามีความแข็งแรงทางกล

รูปที่ 2.25 ตัวอย่าง Circuit Breaker ชนิด MCCB
ที่มา: http://www.clrwtr.com/ABB-Molded-Case-Circuit-Breakers.htm

MCCB ที่มีใช้กันอยู่ในขณะนี้อาจแบ่งตามการใช้งานได้เป็น

MCCB ขนาดมาตรฐาน (Standard CB) ชนิดนี้มีขนาดตั้งแต่ $100AF$ ถึง 25 $2500AF$ และมี IC ให้เลือกใช้อยู่หลายระดับเป็น MCCB ที่มี IC ไม่สูงนัก เช่น $18kA, 25kA$ และ $30kA$ เหมาะสำหรับงานระบบไฟฟ้าขนาดเล็ก

MCCB แบบ IC สูง (High Interrupting Capacity Circuit Breaker) เป็น MCCB ที่มี IC สูงกว่า Standard CB มีขนาดของ IC หลายระดับได้แก่ $25kA, 35kA, 50kA, 65kA$ และ $100kA$ MCCB แบบนี้ใช้ในที่ซึ่งมีกระแสลัดวงจรสูงเกินกว่าที่จะใช้ CB แบบมาตรฐานได้

MCCB แบบจำกัดกระแสลัดวงจร (Current Limiting Circuit Breaker: CLCB) เป็น CB ที่มี IC สูงมากคือ $100kA$ ถึง $200kA$ ที่ $400/415V$ การที่มี IC สูงเนื่องจากมันสามารถตัดกระแสลัดวงจรได้เร็วมาก คือภายในเวลา $5ms$ การที่ CLCB สามารถลดกระแสยอดและพลังงานผ่านได้นั้น ทำให้เราสามารถใช้ CB ขนาดเล็กที่มี IC ต่ำในวงจรไฟฟ้าซึ่งมีกระแสลัดวงจรสูงกว่า IC ของ CB ได้ โดยมี CLCB คุมอยู่ต้นทาง (Upstream) การทำงานประสานงานกันระหว่าง CLCB กับ CB ในลักษณะนี้เรียกว่า Cascade Protection หรือ Back up Protection

1.1.3) Air Circuit Breaker (ACB) เป็น CB แรงดันต่ำอีกชนิดหนึ่ง สามารถดับอาร์คไฟฟ้าในอากาศได้จึงเรียกว่า Air Circuit Breaker เป็น CB ขนาดใหญ่ มีพิกัดกระแสต่อเนื่องสูง คืออาจมีตั้งแต่ $600A$ ถึง $6300A$ เป็นแบบเปิดโล่ง (Open Frame) กล่าวคือมีบริภัณฑ์และกลไกอยู่เป็นจำนวนมาก และติดตั้งอย่างเปิดโล่งเห็นได้ชัดเจน

รูปที่ 2.26 ตัวอย่าง Circuit Breaker ชนิด ACB
ที่มา: http://www.satyampune.com/air-circuit-breakers.html

ACB สามารถแบ่งตามชนิดการติดตั้งได้ 2 ชนิด คือ

แบบติดตั้งอยู่กับที่ (Fixed Type) ตัวโครงของ ACB จะติดตั้งให้ติดกับ Main Circuit โดยยึดติดด้วยสกรูอย่างแข็งแรง เวลาถอดออกเพื่อซ่อมบำรุงจะต้องดับไฟและใช้เวลามาก

แบบดึงออกได้ (Draw out Type) ตัวโครงของ ACB จะติดตั้งบนโครงล้อเลื่อนไปตามรางที่เตรียมไว้ ส่วนสัมผัสของ ACB กับ Main Circuit จะต้องเป็นแบบพิเศษเพื่อให้การสัมผัสที่แนบแน่น ซึ่งจะทำให้กระแสสามารถไหลผ่านได้สะดวก การซ่อมบำรุง ACB แบบนี้ทำได้สะดวกรวดเร็วและสามารถลดเวลาการดับไฟฟ้าได้

(2) ฟิวส์แรงดันต่ำ (Low Voltage Fuses) เป็นบริภัณฑ์ป้องกันกระแสเกินโดยการตัดวงจรของส่วนหลอมละลายที่ทำให้ขาดด้วยความร้อนได้ ฟิวส์แรงต่ำตามมาตรฐาน IEC ฟิวส์แรงต่ำมี 3 แบบคือ

2.1) D-fuse Link (Diazed)

2.2) Do-fuse Link (Neozed)

2.3) NH (HRC) Fuse

Fuses แบบ D และ DO ออกแบบให้ใช้ทั้งในอาคารและอุตสาหกรรมและมีขนาดให้เลือกมาก ส่วน HRC Fuses ออกแบบไว้สำหรับใช้งานในอุตสาหกรรม

Fuses แบบ DIAZED และ NEOZED ที่สมบูรณ์ ประกอบด้วย Base, Cover, Adaptor, Fuse Link และ Screen Cap

Fuses แบบ HRC มีส่วนประกอบหลักดังนี้

Base เป็นมาตรฐานสำหรับสวมตัว Fuse Link เข้าไป

Fuse Link เป็นตัว Fuse ซึ่งจะมีขั้วเสียบกับ Fuse

Fuse Puller ใช้สำหรับถอดเปลี่ยน Fuse Link

HRC Fuses มีลักษณะสมบัติทนและไวในการตัดตอนวงจร คือที่กระแสไฟฟ้าเกินพิกัดของฟิวส์ ฟิวส์จะทนได้นาน แต่ถ้าเป็นกระแสไฟฟ้าลัดวงจร Fuse Link จะหลอมละลายได้เร็วมาก ดังนั้นใช้ฟิวส์ชนิดนี้ในการป้องกันสายตัวนำและเคเบิลได้ดี นอกจากนั้น HRC Fuses เป็นบริภัณฑ์ป้องกันสามารถจำกัดไฟลัดวงจรได้ ซึ่งค่าชั่วขณะของกระแสลัดวงจรจะเพิ่มขึ้นได้ไม่ถึงค่ายอดสูงสุดในรูปคลื่นครึ่งแรก ฟิวส์จะถูกหลอมละลายไปแล้ว

LV HRC Fuses

HRC Fuses มีใช้มากในโรงงานอุสาหกรรม

มีหลายขนาด

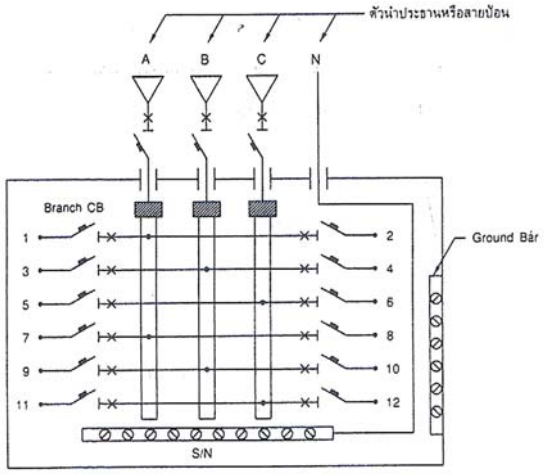
พิกัดกระแส $6A-1250A$

ขีดความสามารถในการตัดวงจรสูงถึง $100kA$

ระดับแรงดันไฟฟ้าได้สูงสุดถึง $500V$ หรือ $1000V$

(3) แผงย่อย (Panelboards) คือ บริภัณฑ์ไฟฟ้าที่รับไฟจากสายป้อนหรือสายประธาน แล้วจัดการแยกไฟฟ้าที่ได้รับออกเป็นวงจรย่อยหลายวงจรย่อยเพื่อจ่ายไฟฟ้าให้โหลดต่อไป

ส่วนประกอบ ลักษณะโครงสร้างของแผงย่อย มีส่วนประกอบต่าง ๆ ที่สำคัญดังรูป



รูปที่ 2.27 ตัวอย่างโครงสร้างและส่วนประกอบต่าง ๆของแผงย่อยแบบ Main Lugs

ที่มา: จากหนังสือการออกแบบระบบไฟฟ้า จัดทำโดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์

จากโครงสร้างภายในแผงย่อยตามรูป สามารถอธิบายส่วนประกอบต่าง ๆ ได้ดังนี้

เครื่องห่อหุ้ม (Enclosures) เป็นกล่องที่ใช้เป็นเครื่องป้องกันการกระทบกระเทือนจากภายนอก ส่วนใหญ่ทำจากวัสดุโลหะหรือพลาสติกแข็ง ส่วนประกอบทั้งหมดของแผงย่อยจะอยู่ภายในเครื่องห่อหุ้มนี้ สำหรับเครื่องห่อหุ้มที่เป็นกล่องเหล็กนั้นจะต้องต่อลงดินเสมอ

บัสบาร์ (Bus bars) มีลักษณะเป็นแท่งตัวนำทองแดงยาวอาจเคลือบด้วยสารดีบุก ใช้กับไฟ 1 เฟส 2 สาย หรือ 3 เฟส 4 สาย บัสบาร์จะถูกติดตั้งอยู่ในกล่องห่อหุ้มวัสดุที่ใช้เป็นตัวรองรับ กระแสที่ไหลมาจากสายประธานผ่านเซอร์กิตเบรกเกอร์เข้ามายังขั้วต่อ (Main Lugs) ของบัสบาร์นั้น บัสบาร์สามารถแยกไฟที่ได้รับออกไปจ่ายโหลดตามวงจรย่อยต่าง ๆ ได้โดยผ่าน Branch CB ของวงจรย่อยแต่ละวงจร โดยปกติจะกำหนดให้ วงจรย่อยทางซ้ายมือของบัสบาร์เป็นเลขคี่ ส่วนทางขวามือจะเป็นเลขคู่

เซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit Breakers) จะเป็นแบบ Plug-in CB ซึ่งเป็น CB ที่สามารถเสียบลงใช้งานได้เลยเป็นที่นิยมใช้กันทั่วไปมี Ampere Frame ที่ใช้งานคือ $50AF$ และ $63AF$ ส่วน Ampere Trip จะมีค่าได้แก่ $10AT,16AT,20AT,32AT,40AT,45AT,50AT,63AT$ สำหรับพิกัด IC ของ Branch CB นั้นจะมีค่าต่าง ๆ ให้เลือกใช้ เช่น $5kA,6kA,9kA,10kA$ เป็นต้น Branch CB บางรุ่นจะมีระบบป้องกันกระแสไฟฟ้ารั่ว (Ground Fault Circuit Interrupter : GFCI หรือ Residual Current Device : RCD) ซึ่งสามารถตัดกระแสไฟรั่วประมาณ $30mA$

แผงย่อยจะแบ่งตามประเภทการใช้งานดังนี้

แผงย่อยสำหรับที่อยู่อาศัย (Consumer Units) ส่วนใหญ่ใช้กับไฟ 1 เฟส 2 สาย มีจำนวนวงจรย่อยหลายขนาด ได้แก่ ขนาด 4, 6, 8, 12, 16 วงจรย่อย ตัวเซอร์กิตเบรกเกอร์ หรือ Main CB ที่อยู่ใน Consumer Unit จะมีขนาดของ AT ให้เลือกดังนี้ คือ $16A,20A,32A,45A,63A,$ $70A,80A$ และ $100A$ มีขนาดของ AF คือ $100A$ Main CB บางรุ่นมีการป้องกันกระแสรั่ว ประมาณ 30 mA ซึ่งราคาก็จะสูงกว่ารุ่นที่ไม่มีการป้องกัน ค่า IC ของ Main CB จะมีค่า $10kA$

แผงย่อยที่ใช้สำหรับงานทั่ว ๆ ไป (Panelboards) นิยมเรียกว่า Load Centers เนื่องจากว่าเป็นศูนย์กลางของโหลดต่าง ๆ Load Centers ที่ใช้กับไฟ 1 เฟส 2 สาย จะมีลักษณะคล้าย Consumer Units แต่โดยส่วนใหญ่แล้ว Load Centers จะใช้กับไฟ 3 เฟส 4 สาย มากกว่ามีจำนวนวงจรย่อยให้เลือกหลายขนาด มีตั้งแต่ขนาด 12, 18, 24, 30, 36 จนถึง42 วงจร Load Centers ที่ใช้งานทั่วไปจะแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

Load Centers แบบ Main Lugs เป็นแผงย่อยที่มีแต่เฉพาะขั้วต่อสายไม่มีเซอร์กิตเบรกเกอร์อยู่ด้วยภายในเครื่องห่อหุ้ม ดังนั้นเวลาใช้งานจะต้องต่อ Main CB ไว้ภายนอกเครื่องห่อหุ้ม แล้วทำการเดินสายประธานผ่าน Main CB เข้าไปในแผงจ่ายไฟ

Load Center แบบ Main Circuit Breaker แผงย่อยแบบนี้จะมี Main CB อยู่ภายในเครื่องห่อหุ้ม การเลือกแผงย่อยชนิดนี้จะต้องดูพิกัดของ Main CB คือ AT และ AF สำหรับ AT มีค่าต่าง ๆ คือ $16A,20A,32A,40A,50A,63A,70A,90A,100A,125A,160A,175A,200A,250A$ และมี AF ที่ใช้งานทั่วไปคือ $100A$ และ $250A$ ค่า IC ของ Main CB มีให้เลือกใช้หลายค่า เช่น $18A,25A,35A,65A$ จำนวนวงจรย่อยของ Load Center จะมีให้เลือกใช้ตั้งแต่ 12, 18, 24, 30, 36 จนถึง 42 วงจร

(4) แผงสวิตช์ (Switchboards) หมายถึง แผงจ่ายไฟขนาดใหญ่ที่รับไฟฟ้าหรือจากด้านแรงดันต่ำของหม้อแปลงเพื่อไปจ่ายโหลดต่าง ๆ เช่น แผงย่อย (Panel board) MCC เป็นต้น บางครั้งเรียกว่า Main Distribution Board (MDB) หรือ Main Distribution Panel (MDP)

ส่วนประกอบ เนื่องจากมีขนาดใหญ่มากเป็นแบบตั้งพื้น ปัจจุบันมีการสร้างตู้จ่ายไฟขนาดมาตรฐาน หรือเป็นแบบ Modular มีความสูงประมาณ $2000mm-2200mm$ ขนาดความกว้างและความหนาอาจแตกต่างกันตามบริษัทผู้ผลิต ซึ่งความหนาจะต้องคำนึงถึงขนาดและจำนวนของบริภัณฑ์ป้องกันแผงสวิตช์

รูปที่ 2.28 ตัวอย่างลักษณะของแผงสวิตช์
ที่มา: http://www.power-technology.com/contractors/powerplantequip/cubic/

แผงสวิตช์มีส่วนประกอบที่สำคัญดังนี้คือ

โครงห่อหุ้ม (Enclosure) โครงห่อหุ้มมักจะทำมาจากแผ่นโลหะ (Steel Sheet) ซึ่งมักจะต้องมีการปรับปรุงคุณสมบัติต่าง ๆ มาเรียบร้อยแล้ว

คุณสมบัติของโครงห่อหุ้มที่สำคัญคือ

คุณสมบัติทางกล จะต้องสามารถรับแรงจากภายนอกได้เพียงพอต่อสภาพการใช้งานจริงตลอดจนทนต่อสภาพการใช้งานในภาวะไม่ปกติได้

คุณสมบัติทางความร้อน จะต้องทนกับความร้อนที่อาจเกิดขึ้นได้ทั้งที่เกิดจากสภาพแวดล้อม ตลอดจนความร้อนจากอาร์คที่เกิดจากการลัดวงจร

คุณสมบัติต่อการกัดกร่อน เช่น การกัดกร่อนทางเคมีหรือความชื้น เป็นต้น

บัสบาร์และฉนวน บัสบาร์คือส่วนที่จะทำหน้าที่เชื่อมต่อทางไฟฟ้าระหว่างสายประธานและสายป้อน บัสบาร์ส่วนมากทำจากทองแดงที่มีความบริสุทธิ์สูงมาก เนื่องจากต้องนำกระแสปริมาณมาก ๆ เสมอ และเพื่อความปลอดภัยต้องหุ้มฉนวนที่ขั้วต่อทางไฟฟ้าด้วยเสมอ เนื่องจากบัสบาร์ต้องนำกระแสปริมาณมาก ถ้าหากเกิดการผิดพร่องขึ้นจะเกิดแรงดึงกระชากที่ตัวบัสบาร์ ดังนั้นการยึดบัสบาร์ก็มีความสำคัญมากเช่นกัน ต้องมีความแข็งแรงพอโดยผ่าน Insulator

เซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit Breaker) เซอร์กิตเบรกเกอร์ที่อยู่ในแผงสวิตช์จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ

เซอร์กิตเบรกเกอร์สำหรับสายป้อน (Feeder circuit Breaker) คือ เซอร์กิตเบรกเกอร์ที่มีหน้าที่ป้องกันสายป้อนต่าง ๆ

เซอร์กิตเบรกเกอร์สำหรับวงจรประธาน (Main Circuit Breaker) คือ เซอร์กิตเบรกเกอร์ซึ่งทำหน้าที่ป้องกันสายประธาน

CB ทั้งหมดจะต้องมีพิกัดการตัดกระแสลัดวงจร (Interrupting Capacity) เพียงพอสำหรับกระแสลัดวงจรที่แผงสวิตช์

บริภัณฑ์ตรวจวัดและบริภัณฑ์ป้องกันอื่น ๆ ในส่วนนี้จะขึ้นอยู่กับผู้ออกแบบระบบไฟฟ้าว่าต้องการบริภัณฑ์ต่าง ๆเหล่านี้อย่างไรบ้าง บริภัณฑ์ตรวจวัดมักหมายถึง Voltmeter, Ammeter, Power Factor Meter, Kilowatt-hour ตลอดจนรีเลย์ป้องกันต่าง ๆ ส่วนบริภัณฑ์ป้องกันมักหมายถึง Ground Fault Protection, Lightning Arrester หรือ Automatic Power Factor Controller เป็นต้น

มาตรฐานของแผงสวิตช์ที่สำคัญคือ มาตรฐาน IEC 61439 “Low Voltage Switchgear and Control gear Assemblies” ซึ่งมีการทดสอบที่สำคัญ 2 แบบคือ

การทดสอบประจำ (Routine Test) เป็นการทดสอบที่ต้องทำกับแผงสวิตช์ทุกตัวเมื่อผลิตเรียบร้อยแล้วเพื่อแน่ใจว่าแผงสวิตช์นี้ไม่ชำรุดเสียหายและสามารถนำไปใช้งานได้ ซึ่งมีการทดสอบ 4 อย่าง คือ

การตรวจพินิจพิจารณา Wiring และ Electrical Operation (Inspection)

การตรวจสอบไดอิเล็กตริก (Dielectric Test)

ตรวจสอบความต่อเนื่องของวงจรป้องกัน (Protective Circuit)

ทดสอบค่าความต้านทานฉนวน (Verification of the Insulator Resistance)

การทดสอบเฉพาะแบบ (Type Test) เป็นการทดสอบเพื่อแสดงว่าแผงสวิตช์มีคุณสมบัติตรงตามมาตรฐาน IEC 61439 โดยมีการทดสอบที่สำคัญเช่น

การทดสอบอุณหภูมิเพิ่ม (Temperature Rise)

การทดสอบคุณสมบัติทางไดอิเล็กตริก (Dielectric Property)

การทดสอบความทนทานต่อการลัดวงจร (Short Circuit Withstand)

การทดสอบประสิทธิภาพของวงจรป้องกัน (Protective Circuit)

การทดสอบระยะ Clearance และ Creepage (Clearance & Creepage)

การทดสอบการทำงานทางกล (Mechanic Operation)

การทดสอบ Degree of Protection (Degree of Protection)

ถ้าแผงสวิตช์สามารถผ่านการทดสอบทั้งหมดแสดงว่าเป็นบริภัณฑ์ที่มีคุณภาพดี

การเลือกใช้แผงสวิตช์

พิกัดแรงดันของแผงสวิตช์

พิกัดกระแสของแผงสวิตช์

พิกัดกระแสลัดวงจร

(5) บัสเวย์ (Busways) หรือบัสดักต์ (Busduct) คือบริภัณฑ์ไฟฟ้าที่ใช้ในการนำพลังงานไฟฟ้าปริมาณมาก ๆ จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง บัสเวย์ประกอยด้วยตัวนำบัสบาร์บรรจุภายในกล่องหุ้มพร้อมบริภัณฑ์ช่วยอีกหลายอย่าง เพื่อให้สามารถส่งพลังงานไฟฟ้าไปยังจุดที่ต้องการได้ บัสเวย์ทำหน้าที่คล้ายสายไฟฟ้าแต่มันจะมีความคล่องตัวสูงกว่าเพราะสามารถต่อแยก (Tap) ออกไปใช้งานได้ตลอดความยาวของมัน บัสเวย์อาจบ่างตามลักษณะของกล่องหุ้มได้ 2 แบบคือ

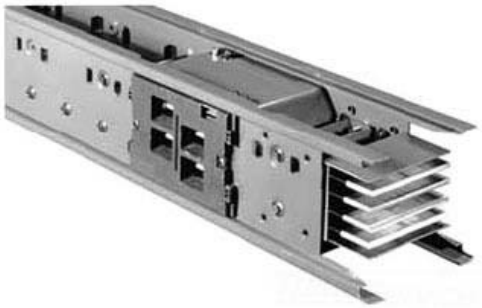
5.1) แบบมีรูระบายความร้อน (Ventilated Type) บัสเวย์แบบนี้จะต้องตีดตั้งตามลักษณะที่ผู้ผลิตกำหนดให้เท่านั้น

5.2) แบบปิดมิดชิด (Totally Enclosed Type) บัสเวย์แบบนี้สามารถติดตั้งได้ทุกลักษณะโดยไม่ต้องลดพิกัดกระแส เพราะสามารถระบายความร้อนได้ทุกลักษณะการติดตั้ง วัสดุแปลกปลอมต่าง ๆ เช่น ฝุ่นละออง น้ำ และแมลงไม่อาจเล็ดลอดเข้าไปภายในกล่องหุ้มได้ บัสเวย์แบบมิชิดจะมีขนาดเล็ก มีอิพีแดนซ์ต่ำเนื่องจากตัวนำบัสบาร์อยู่มิดชิดกันมาก

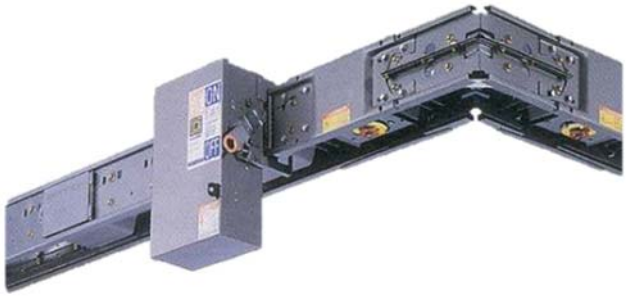
ถ้าจะแบ่งบัสเวย์ตามการใช้งานก็อาจแบ่งออกได้เป็น 2 แบบคือ

Feeder Busway คือบัสเวย์ที่ใช้ในการส่งพลังงานไฟฟ้าปริมาณมาก ๆ จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง โดยระหว่างทางวิ่งจะไม่มีการต่อแยกไฟไปใช้ บัสเวย์แบบนี้อิมพีแดนซ์ต่ำและสมดุลเพื่อควบคุมแรงดันที่จุดใช้ไฟฟ้า

Plug-in Busway คือบัสเวย์ที่ใช้ในการส่งพลังงานไฟฟ้าปริมาณมาก ๆ เหมือน Feeder Busway แต่ต่างกันที่มันมีจุดแยกตลอดความยาวซึ่งสามารถต่อไปยังโหลดได้ มันจึงดูคล้ายแผงจ่ายไฟที่ยาวออกไป Feeder Busway และ Plug-in Busway มีรูปร่างดังแสดงในรูป



รูปที่ 2.29 ตัวอย่าง Feeder Busway
ที่มา: http://www.relectric.com/Store/Busway/APH306G10



รูปที่ 2.30 ตัวอย่าง Plug-in Busway
ที่มา: http://codientht.com/busway-schneider

การเลือกแบบและพิกัดบัสเวย์ ในการเลือกใช้บัสเวย์ของแต่ละงานต้องพิจารณาความต้องการต่อไปนี้

ใช้ภายในหรือภายนอกอาคาร บัสเวย์ส่วนมากใช้ภายในอาคาร (Indoor) ใช้ในบริเวณที่ความชื้นหรือน้ำเข้าไม่ถึง ถ้าบัสเวย์ต้องเดินผ่านภายนอกอาคารหรือบริเวณที่อาจมีน้ำรั่วหรือเข้าถึงได้ต้องใช้บัสเวย์แบบภายนอกอาคาร (Outdoor) บัสเวย์แบบนี้ทำขึ้นพิเศษโดยจะมีการป้องกันน้ำตามจุดต่อต่าง ๆ

พิกัดกระแส เนื่องจากบัสเวย์เป็นที่นิยมใช้กันมาก ในการเดินไฟฟ้าของอาคารพานิชย์และโรงงานอุสาหกรรม มันจึงมีพิกัดกระแสกว้างมากคือมีขนาดตั้งแต่ $100A$ ถึง $5000A$

ค่าพิกัดกระแสงของบัสเวย์เป็นค่าต่อเนื่อง (Continuous Rating) โดยคิดที่อุณหภูมิโดยรอบ $40^{\circ}C$ และมีอุณหภูมิเพิ่มไม่เกิน $55^{\circ}C$

แรงดันตก ค่าพิกัดกระแสต่อเนื่องดังที่กล่าวมาแล้วไม่ได้คำนึงถึงค่าแรงดันตก ถ้าบัสเวย์เดินเป็นระยะไกล ๆ จำเป็นต้องคำนึงถึงแรงดันตกควบคู่ไปกับกระแสพิกัด ถ้าแรงดันตกมากเกินไปอาจต้องพิจารณาเพิ่มบัสเวย์ที่มีพิกัดกระแสสูงขึ้น

พิกัดกระแสลัดวงจร บัสเวย์จะต้องสามารถทนแรงแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Force) และความร้อนได้ เมื่อเกิดลัดวงจรปริมาณกระแสลัดวงจรจะขึ้นอยู่กับขนาดของหม้อแปลง บริษัทผู้ผลิตได้ทำบัสบาร์ที่สามารถทนต่อกระแสลัดวงจรได้หลายระดับ รุ่นที่ทนกระแสลัดวงจรสูงจะมีราคาแพง ดังนั้นผู้ออกแบบระบบไฟฟ้าจะต้องเลือกบัสเวย์ที่มีพิกัดกระแสลัดวงจรที่เหมาะสม

การลดขนาดพิกัดบัสเวย์ บัสเวย์อาจลดขนาดพิกัดกระแสลงได้โดยไม่จำเป็นต้องมีบริภัณฑ์ป้องกันถ้าบัสเวย์อันเล็กที่ต่อออกไปมีขนาดพิกัดไม่น้อยกว่าของบริภัณฑ์ป้องกันต้นทางและต่อออกไปไม่เกิน $50\,ft(15.2m)$

2.1.5 การต่อลงดิน (Grounding)

ข้อกำหนดที่สำคัญมากที่สุดอย่างหนึ่งในการออกแบบ และติดตั้งระบบไฟฟ้า คือ การต่อลงดิน (Grounding หรือ Earthing) มาตรฐานการติดตั้งระบบไฟฟ้าที่สำคัญๆ ของโลก เช่น NEC และ IEC ต่างก็ให้ความสำคัญในเรื่องนี้เป็นอย่างมาก เช่น

NEC Article 250 “Grounding”

IEC 364-5-54 “Earthing Arrangement and Protective Conductors”

สำหรับประเทศไทยนั้น วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (วสท.) ได้จัดทำข้อกำหนดเกี่ยวกับการต่อลงดินไว้ในบทที่ 4 “การต่อลงดิน” ในมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย ข้อกำหนดในการต่อลงดิน วสท. ส่วนมากแปลและเรียบเรียงจาก NEC Article 250 การต่อลงดิน มีประโยชน์อยู่ 2 ประการ คือ

เพื่อป้องกันอันตรายที่จะเกิดกับบุคคลที่บังเอิญไปสัมผัสกับส่วนที่เป็นโลหะของเครื่องบริภัณฑ์ไฟฟ้า และส่วนประกอบอื่น ๆ ที่มีแรงดันไฟฟ้า เนื่องจากการรั่วไหล หรือการเหนี่ยวนำทางไฟฟ้า

เพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดกับอุปกรณ์ หรือระบบไฟฟ้าเมื่อเกิดการลัดวงจรลงดิน

2.1.5.1 ชนิดการต่อลงดินและส่วนประกอบต่าง ๆ การต่อลงดินสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ

การต่อลงดินของระบบไฟฟ้า (System Grounding)

การต่อลงดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า (Equipment Grounding) การต่อส่วนที่เป็นโลหะที่ไม่มีกระแสไหลผ่านของอุปกรณ์ต่าง ๆ ลงดิน

การต่อลงดินมีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ

หลักดิน หรือระบบหลักดิน (Grounding Electrode or Grounding Electrode System)

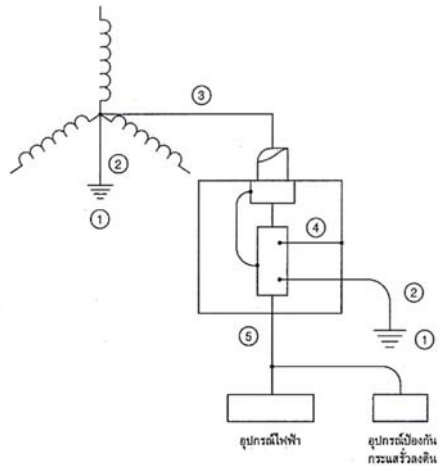
สายต่อหลักดิน (Grounding Electrode Conductor)

สายที่มีการต่อลงดิน (Grounded Conductor)

สายต่อฝากหลัก (Main Bonding Jumper)

สายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า (Equipment Grounding Conductor)

ดังแสดงในรูป



รูปที่ 2.31 ตัวอย่างส่วนประกอบต่าง ๆ ของระบบการต่อลงดิน

ที่มา: จากหนังสือการออกแบบระบบไฟฟ้า จัดทำโดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์

(1) การต่อลงดินของระบบไฟฟ้า (System Grounding) การต่อลงดินของระบบไฟฟ้า หมายถึง การต่อส่วนใดส่วนหนึ่งของระบบไฟฟ้าที่มีกระแสไหลผ่านลงดิน เช่น การต่อจุดนิวทรัล (Neutral Point) ลงดิน

จุดประสงค์ของการต่อลงดินของระบบไฟฟ้ามีดังต่อไปนี้ คือ

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

เพื่อให้ค่าแรงดันเทียบกับดินขณะระบบทำงานปกติมีค่าอยู่ตัว

เพื่อช่วยให้อุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินทำงานได้รวดเร็วขึ้น เมื่อเกิดการลัดวงจรลงดิน

1.1) การต่อลงดินของระบบไฟฟ้ากระแสสลับ (AC System Grounding) การต่อลงดินของระบบไฟฟ้ากระแสสลับอาจแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่

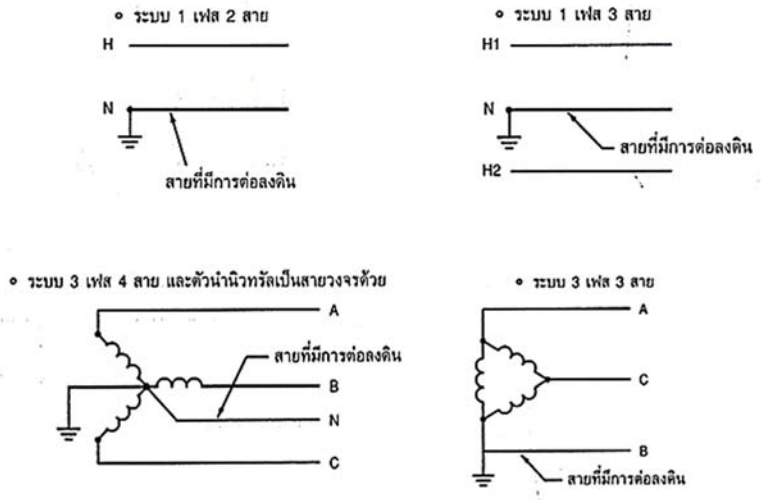
1.1.1) ระบบซึ่งทำงานที่ระดับแรงดันต่ำกว่า $50V$ การต่อลงดินของระบบไฟฟ้ากระแสสลับที่มีระดับแรงดันต่ำกว่า $50V$ (NEC) จะต้องทำการต่อลงดินเมื่อ

แรงดันที่ได้รับไฟจากหม้อแปลง ซึ่งมีแหล่งจ่ายไฟแรงดันเกิน $150V$

หม้อแปลงได้รับจากไฟแหล่งจ่ายไฟ ที่ไม่มีการต่อลงดิน (Ungrounded System)

ตัวนำแรงดันต่ำ ติดตั้งแบบสายเหนือดินนอกอาคาร

1.1.2) ระบบซึ่งทำงานที่ระดับแรงดันตั้งแต่ $50V-1000V$ การต่อลงดินของระบบไฟฟ้ากระแสสลับที่มีระดับแรงดันตั้งแต่ $50V-1000V$ การต่อลงดินของระบบไฟฟ้าแบบนี้ มีลักษณะดังรูปที่ 2.32 ซึ่งเป็นตัวอย่างการต่อลงดินของระบบไฟฟ้า ชนิด 1 เฟส 2 สาย, 1 เฟส 3 สาย, 3 เฟส 4 สาย และ 3 เฟส 3 สาย



รูปที่ 2.32 ตัวอย่างการต่อลงดินของระบบไฟฟ้ากระแสสลับที่มีแรงดันตั้งแต่ $50V-1000V$
ที่มา: จากหนังสือการออกแบบระบบไฟฟ้า จัดทำโดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์

1.1.3) ระบบซึ่งทำงานที่ระดับแรงดันตั้งแต่ $1kV$ ขึ้นไป การต่อลงดินของระบบไฟฟ้ากระแสสลับที่มีระดับแรงดันตั้งแต่ $1kV$ ขึ้นไป บริภัณฑ์ไฟฟ้าที่เคลื่อนย้ายได้ (Mobile Portable Equipment) ซึ่งได้รับไฟฟ้าจากระบบไฟฟ้า ที่มีแรงดันตั้งแต่ $1kV$ ขึ้นไป ต้องต่อลงดิน

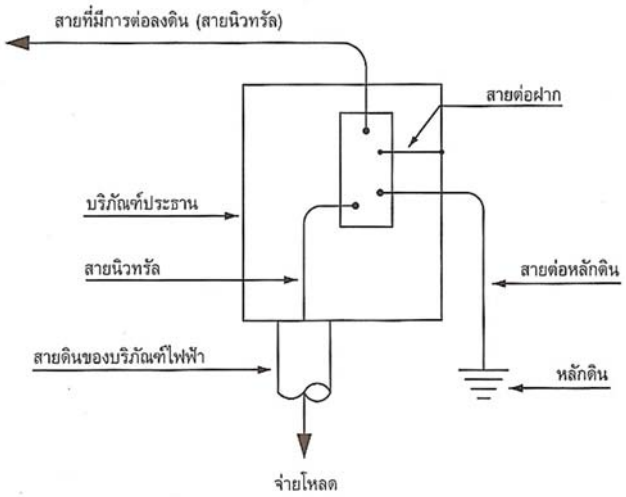
1.2) สายต่อหลักดิน (Grounding Electrode Conductor) สายต่อหลักดิน หมายถึง ตัวนำที่ใช้ต่อระหว่างหลักดินกับส่วนทั้งสามต่อไปนี้ คือ

สายที่มีการต่อลงดิน (Grounded Conductor)

สายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า (Equipment Grounding Conductor)

สายต่อฝากที่บริภัณฑ์ไฟฟ้า (Equipment Grounding Jumper)

ดังแสดงในรูปที่ 2.33



รูปที่ 2.33 ตัวอย่างสายต่อหลักดิน

ที่มา: จากหนังสือการออกแบบระบบไฟฟ้า จัดทำโดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์

1.2.1) ชนิดของสายต่อหลักดิน สายต่อหลักดินต้องมีคุณสมบัติดังนี้

เป็นตัวนำทองแดง ตัวนำเดี่ยว หรือตีเกลียวหุ้มฉนวน

ต้องมีฉนวนหุ้ม

ต้องเป็นสายเส้นเดียวยาวต่อเนื่องตลอด ไม่มีการตัดต่อ แต่ถ้าเป็นบัสบาร์อนุญาตให้มีการต่อได้

1.2.2) การติดตั้งและป้องกัน (NEC) การติดตั้งสายท่อหลักดินต้องมีการป้องกันทางกายภาพดังนี้

ถ้าสายต่อหลักดินไม่ได้เดินในสิ่งห่อหุ้ม จะต้องเดินสายให้ยึดติดกับพื้นผิว

ถ้าสายต่อหลักดินเดินในสิ่งห่อหุ้ม จะต้องยึดสิ่งห่อหุ้มนั้นติดกับพื้นผิว

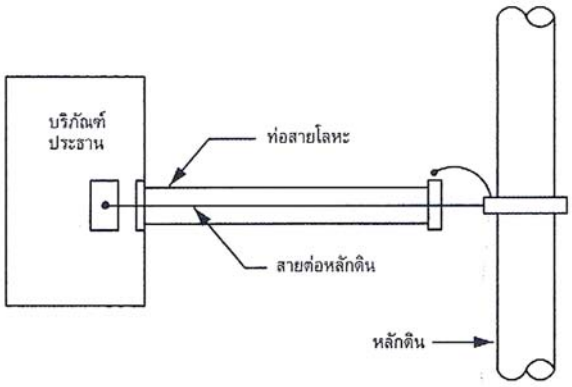
ท่อสายที่ใช้สำหรับป้องกันทางกายภาพได้แก่ ท่อ RMC, IMC, PVC, EMT หรือเกราะสายเคเบิล

1.2.3) การป้องกันสายดินจากสนามแม่เหล็ก เมื่อใช้สิ่งห่อหุ้มสายต่อหลักดินแล้ว เพื่อป้องกันสายดินจากสนามแม่เหล็กต้องคำนึงถึง ดังนี้

ต้องมีความต่อเนื่องทางไฟฟ้าจากบริภัณฑ์ไฟฟ้าไปยังหลักดิน

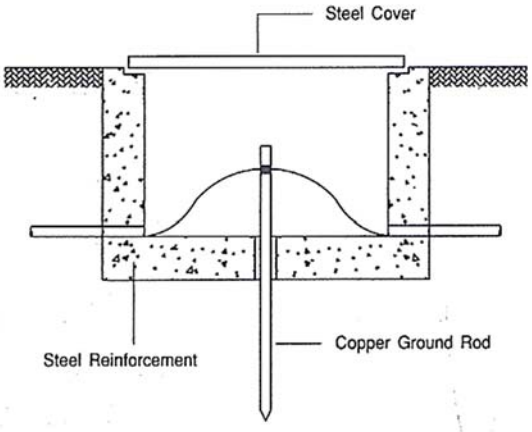
สิ่งห่อหุ้มต้องยึดติดกับระบบหลักดิน ดังแสดงในรูปที่ 2.34

ถ้าสายต่อหลักดินไม่ได้มีสิ่งห่อหุ้มตลอดความยาว ปลายทั้งสองของสิ่งห่อหุ้มจะต้องต่อเชื่อมเข้ากับสายต่อหลักดิน ทั้งนี้เพื่อป้องกันการเกิดความร้อนมากเกินไปขณะเกิดการลัดวงจรลงดิน



รูปที่ 2.34 ตัวอย่างการต่อสาย (Raceway) และสายต่อหลักดินเข้ากับหลักดิน
ที่มา: จากหนังสือการออกแบบระบบไฟฟ้า จัดทำโดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์

1.2.4) การต่อสายหลักดินเข้ากับหลักดิน สายต่อหลักดินจะต้องไม่มีการการตัดต่อใด ๆ ทั้งสิ้น โดยทั่วไปการต่อสายหลักดินเข้ากับหลักดินนั้น จะต้องเป็นการต่อที่เข้าถึงได้และเป็นการต่อลงดินที่ใช้ได้ผลดี แต่ถ้าระบบหลักดินเป็นแบบฝังใต้ดินการต่อก็ไม่จำเป็นต้องเป็นแบบเข้าถึงได้เช่น ระบบหลักดินที่ตอกลึกเข้าไปในดิน และระบบหลักดินที่ฝังตัวอยู่ในคอนกรีต เป็นต้น เพื่อการวัดความต้านทานดิน และบำรุงรักษา ควรต่อหลักดินเข้ากับ Grounding Pit ดังแสดงในรูปที่ 2.35



รูปที่ 2.35 ตัวอย่าง Grounding Pit
ที่มา: จากหนังสือการออกแบบระบบไฟฟ้า จัดทำโดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์

1.2.4.1) การต่อสายต่อหลักดินเข้ากับหลักดิน อาจทำได้โดย

การเชื่อมติดด้วยความร้อน (Exothermic Welding)

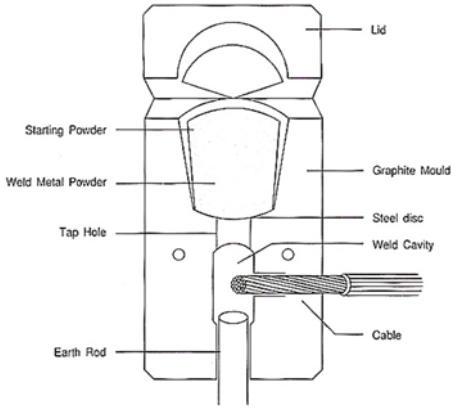
หูสาย หัวต่อแบบบีบอัด

ประกับต่อสาย

สิ่งอื่นที่ระบุให้ใช้เพื่อการนี้

ห้ามต่อโดยใช้การบัดกรีเป็นหลัก

การต่อสายต่อหลักดินเข้ากับหลักดิน วิธีที่ดีที่สุด คือวิธี Exothermic Welding ดังแสดงในรูปที่ 2.36



รูปที่ 2.36 ตัวอย่าง Exothermic Welding

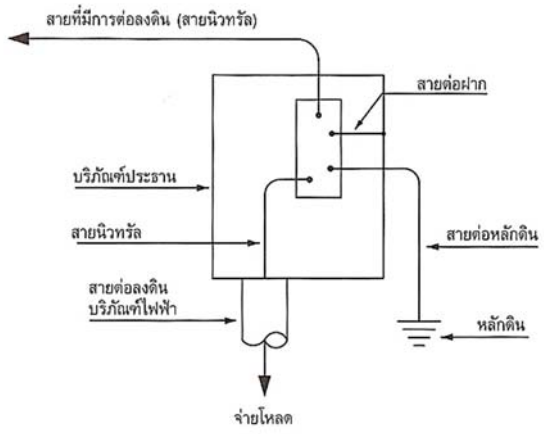
ที่มา: จากหนังสือการออกแบบระบบไฟฟ้า จัดทำโดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์

1.2.5) ขนาดสายต่อหลักดินของระบบไฟฟ้ากระแสสลับ การเลือกขนาดสายต่อหลักดินของระบบไฟฟ้ากระแสสลับ จะใช้ตามตารางที่ 2.4 เป็นเกณฑ์ โดยเลือกตามขนาดสายประธานของระบบ สายประธานของแต่ละเฟสที่ต่อขนานกันให้คิดขนาดรวมกัน แล้วนำมาหาขนาดสายต่อหลักดิน

ตารางที่ 2.4 ตารางแสดงขนาดต่ำสุดของสายต่อหลักดินของระบบไฟฟ้ากระแสสลับ

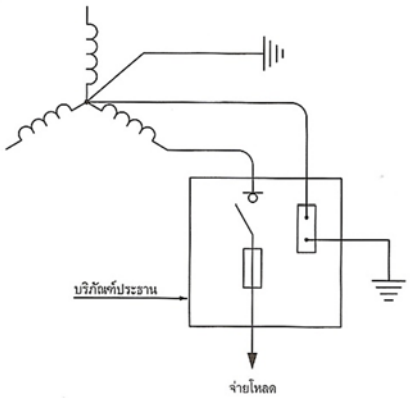
ขนาดตัวนำประธาน (ตัวนำทองแดง) (mm^2)	**ขนาดต่ำสุดของสายต่อหลักดิน (ตัวนำทองแดง) (mm^2)**
ไม่เกิน 35	10 (หมายเหตุ)
เกิน 35 แต่ไม่เกิน 50	16
เกิน 50 แต่ไม่เกิน 95	25
เกิน 95 แต่ไม่เกิน 185	35
เกิน 185 แต่ไม่เกิน 300	50
เกิน 300 แต่ไม่เกิน 500	70
เกิน 500	95

1.3) สายที่มีการต่อลงดิน (Grounded Conductor) สายที่มีการต่อลงดิน (Grounded Conductor) คือ สายของวงจรไฟฟ้าที่มีส่วนหนึ่งส่วนใดต่อถึงดินอย่างจงใจในกรณีที่เกิดกระแสลัดวงจรลงดินสายที่มีการต่อลงดินจะทำหน้าที่เป็นสายดินของอุปกรณ์ด้วย เพื่อนำกระแสลัดวงจรกลับไปยังแหล่งจ่ายไฟ ในระบบไฟฟ้าโดยทั่วไป สายที่มีการต่อลงดิน คือ สายนิวทรัล แต่ไม่จำเป็นต้องเป็นสายนิวทรัลเสมอไป ดังแสดงในรูปที่ 2.37



รูปที่ 2.37 ตัวอย่างสายที่มีการต่อลงดิน (สายนิวทรัล)
ที่มา: จากหนังสือการออกแบบระบบไฟฟ้า จัดทำโดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์

สำหรับระบบไฟฟ้ากระแสสลับที่มีแรงดันไม่น้อยกว่า $1kV$ และเป็นระบบที่มีการต่อลงดิน จะต้องเดินสายที่มีการต่อลงดินจากหม้อแปลงมายังบริภัณฑ์ประธานเสมอ ดังแสดงในรูปที่ 2.38



รูปที่ 2.38 ตัวอย่างหม้อแปลงที่มีการต่อลงดินต้องเดินสายที่มีการต่อลงดินมายังบริภัณฑ์ประธานด้วย
ที่มา: จากหนังสือการออกแบบระบบไฟฟ้า จัดทำโดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์

1.3.1) ขนาดสายที่มีการต่อลงดิน สายที่มีการต่อลงดินที่เดินจากหม้อแปลงมายังบริภัณฑ์ประธานต้องมีขนาดดังนี้

1.3.1.1) ถ้าสายที่มีการต่อลงดินใช้เป็นสายดินอย่างเดียว ไม่ได้ใช้เป็นสายของวงจร (สายนิวทรัล) ให้คิดขนาดสายตามตารางที่ 2.13 และ ถ้าขนาดสายประธานของแต่ละเฟสรวมกันมากกว่า $500mm^2$ สายที่มีการต่อลงดินให้ใช้ 12.5% ของสายประธาน

1.3.1.2) ถ้าสายที่มีการต่อลงดินนี้ใช้เป็นสายของวงจร (สายนิวทรัล) ให้คิดขนาดสายตาม วิธีการเลือกสายนิวทรัล

(2) การต่อลงดินของเครื่องบริภัณฑ์ไฟฟ้า (Equipment Grounding) หมายถึง การต่อส่วนที่ไม่มีกระแสไหลผ่านของสถานประกอบการให้ถึงกันตลอดแล้วต่อลงดิน การต่อลงดินของเครื่องบริภัณฑ์ไฟฟ้า มีจุดประสงค์ ดังนี้ คือ

เพื่อให้ส่วนโลหะที่ต่อถึงกันตลอดมีศักดาไฟฟ้าเท่ากับดิน

เพื่อให้อุปกรณ์ป้องกันสามารถทำงานได้รวดเร็วขึ้น

เป็นทางผ่านให้กระแสรั่วไหล และกระแสเนื่องจากไฟฟ้าสถิตลงดิน

2.1) เครื่องบริภัณฑ์ไฟฟ้าที่ต้องต่อลงดิน ประเภทของบริภัณฑ์ไฟฟ้าที่จะต้องต่อลงดินมีดังต่อไปนี้

2.1.1) เครื่องห่อหุ้มที่เป็นโลหะของสายไฟฟ้า แผงบริภัณฑ์ประธาน และโครงของตู้ลิฟต์

2.1.2) สิ่งกั้นที่เป็นโลหะ รวมถึงเครื่องห่อหุ้มของบริภัณฑ์ไฟฟ้าในระบบแรงสูง

2.1.3) เครื่องบริภัณฑ์ไฟฟ้าที่ยึดติดอยู่กับที่และชนิดที่มีการเดินสายถาวร ส่วนที่เป็นโลหะเปิดโล่งซึ่งปกติไม่มีไฟฟ้า แต่อาจมีไฟฟ้ารั่วถึงได้ ต้องต่อลงดินถ้ามีสภาพตามข้อใดข้อหนึ่งต่อไปนี้

อยู่ห่างจากพื้น หรือต่อลงดินไม่เกิน 8 ฟุต $(2.4m)$ ในแนวตั้ง หรือ 5 ฟุต (1.5m) ในแนวนอนและบุคคลอาจสัมผัสได้

สัมผัสทางไฟฟ้ากับโลหะอื่น ๆ

อยู่ในสภาพที่เปียกชื้นและไม่มีการแยกให้อยู่ต่างหาก

2.1.4) เครื่องบริภัณฑ์ไฟฟ้าสำหรับยึดติดกับที่ต่อไปนี้ ต้องต่อส่วนที่เป็นโลหะเปิดโล่ง และปกติไม่มีกระแสไฟฟ้าลงดิน

โครงของแผงสวิตช์

โครงของมอเตอร์ชนิดยึดอยู่กับที่

กล่องของเครื่องควบคุมมอเตอร์ ถ้าใช้เป็นสวิตช์ธรรมดา และมีฉนวนรองที่ฝาสวิตช์ด้านในก็ไม่ต้องต่อลงดิน

เครื่องบริภัณฑ์ไฟฟ้าของลิฟต์ และปั้นจั่น

ป้ายโฆษณา เครื่องฉายภาพยนตร์ เครื่องสูบน้ำ

2.1.5) เครื่องบริภัณฑ์ไฟฟ้าชนิดเต้าเสียบ ส่วนที่เป็นโลหะเปิดโล่งของเครื่องบริภัณฑ์ ต้องต่อโลหะส่วนที่เปิดโล่งลงดิน เมื่อมีสภาพตามข้อใดข้อหนึ่งดังนี้

แรงดันเทียบกับดินเกิน $150V$ ยกเว้นมีการป้องกันอย่างอื่น

เครื่องใช้ไฟฟ้าทั้งที่ใช้ในที่อยู่อาศัยและที่อื่น เช่น ตู้เย็น เครื่องซักผ้า เครื่องปรับอากาศ โคมไฟชนิดหยิบยกได้ ฯลฯ

2.2) สายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า (Equipment Grounding Conductor) หมายถึง ตัวนำที่ใช้ต่อส่วนโลหะ ที่ไม่นำกระแสของบริภัณฑ์ ช่องเดินสายที่ล้อมเข้ากับตัวนำที่มีการต่อลงดินการต่อลงดินของระบบ และตัวนำที่บริภัณฑ์ประธานหรือที่แหล่งจ่ายไฟของระบบแยกต่างหาก

2.2.1) ทางเดินสู่ดินที่ใช้ได้ผลดี (Effective Ground) การต่อลงดินของบริภัณฑ์จะต้องทำให้เกิดทางเดินสู่ดินที่ใช้ได้ผลดี (Effective Ground Path) ซึ่งหมายความว่าการต่อลงดินนั้นจะต้องทำให้ได้ตามข้อกำหนดดังต่อนี้คือ

ความต่อเนื่อง (Continuity) ส่วนโลหะทั้งหมดจะต้องต่อถึงกันตลอด

อิมพีแดนซ์ต่ำ (Low Impedance) เพื่อให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้สะดวก

ทนต่อกระแสที่มีค่าสูงได้ (Ampacity) ขนาดพื้นที่หน้าตัดจะต้องใหญ่พอเพื่อให้ทนต่อกระแสสูงๆ ได้เมื่อเกิดการลัดวงจรขึ้น

2.2.2) ชนิดของสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า สายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า ที่เดินร่วมไปกับสายของวงจร จะต้องเป็นดังนี้

ตัวนำทองแดงจะหุ้มฉนวนหรือไม่ก็ได้

เปลือกโลหะของสายเคเบิลชนิด AC, MI และ MC

บัสเวย์ที่ได้ระบุให้ใช้แทนสายสำหรับต่อลงดินได้

2.3) ขนาดสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า การหาขนาดสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า ทำตามข้อต่าง ๆ ต่อไปนี้

2.3.1) เลือกขนาดสายดินตามขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกิน ตามตารางที่ 2.5

2.3.2) เมื่อให้เดินสายควบ ถ้ามีสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้าให้เดินขนานกันไปในแต่ละท่อสาย และขนาดสายดินคิดตามพิกัดของเครื่องป้องกันกระแสเกิน

2.3.3) เมื่อมีวงจรมากกว่าหนึ่งวงจรเดินในท่อสาย อาจใช้สายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้าร่วมกันได้และให้คำนวณขนาดสายดินตามพิกัดของเครื่องป้องกันกระแสเกินตัวโตที่สุด

2.3.4) ขนาดสายดินของมอเตอร์ให้เลือกตามพิกัดของเครื่องป้องกันเกินกำลังของมอเตอร์

$$\text{พิกัดของเครื่องป้องกันเกินกำลัง} = 1.15I_n$$

โดยที่ I_n คือ พิกัดกระแสของมอเตอร์

2.3.5) สายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า ไม่จำเป็นต้องโตกว่าสายเฟส

ตารางที่ 2.5 ตารางแสดงขนาดต่ำสุดของสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า

พิกัดหรือขนาดปรับตั้งของเครื่องป้องกันกระแส ไม่เกิน (A)	**ขนาดต่ำสุดของสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า (ตัวนำทองแดง) (mm²)**
20	2.5*
40	4*
70	6
100	10
200	16
400	25
500	35
800	50
1,000	70
1,250	95
2,000	120
2,500	185
4,000	240
6,000	400

2.1.6 วงจรย่อยและสายป้อนไฟฟ้าแสงสว่างหรือบริภัณฑ์ไฟฟ้า

ในการออกแบบระบบไฟฟ้าของสถานประกอบการต่าง ๆ นั้น วิศวไฟฟ้าจะต้องออกแบบระบบการจ่ายกำลังไฟฟ้า (Electrical Distribution System) เพื่อให้สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าให้แก่บริภัณฑ์ต่าง ๆ อย่างเพียงพอและเชื่อถือได้ขนาดของระบบการจ่ายกำลังไฟฟ้านั้นหาได้จากรายการโหลด (Load Schedule) และรายการสายป้อน (Feeder Schedule)

2.1.6.1 ชนิดของโหลด โหลดไฟฟ้ามีการใช้งานต่างกัน บางชนิดก็ใช้ต่อเนื่องกันเป็นเวลาหลายชั่วโมง บางชนิดก็ใช้เพียงไม่กี่นาทีก็หยุด ดังนั้นในการคำนวณหาโหลดรวมจึงได้แบ่งโหลดออกเป็น 2 ชนิด คือ

(1) โหลดต่อเนื่อง (Continuous Load) คือโหลดไฟฟ้าที่ใช้ติดต่อกันตั้งแต่ 3 ชั่วโมงขึ้นไป เช่น โหลดดวงโคมในสำนักงาน เครื่องปรับอากาศ เป็นต้น เพื่อให้ระบบไฟฟ้ามีความปลอดภัยและเชื่อถือได้สูง บริภัณฑ์ไฟฟ้าสำคัญๆเช่น เซอร์กิตเบรกเกอร์ สายไฟฟ้า หม้อแปลงไฟฟ้า เป็นต้น จะเผื่อพิกัดอีก 25% สำหรับโหลดต่อเนื่อง

(2) โหลดไม่ต่อเนื่อง (Noncontinuous Load) คือโหลดไฟฟ้าที่ใช้ติดต่อกันไม่ถึง 3 ชั่วโมง เช่น เตาไฟฟ้า เป็นต้น ในการออกแบบที่ดีนั้น ถ้าไม่ทราบว่าเป็นโหลดชนิดไหนให้ถือว่าเป็นโหลดต่อเนื่องจะเผื่อไว้ประมาณ 25%

2.1.6.2 วงจรย่อย (Branch Circuit) คือ ส่วนของวงจรไฟฟ้า ที่ต่อมาจากบริภัณฑ์ป้องกันตัวสุดท้ายกับจุดต่อโหลด โดยที่บริภัณฑ์ป้องกันนี้จะมีหน้าที่ป้องกันสายวงจรย่อยเท่านั้น วงจรย่อยอาจแบ่งตามลักษณะการจ่ายโหลดได้คือ วงจรย่อยแสงสว่างหรือบริภัณฑ์ไฟฟ้า (Lighting or Appliance Branch Circuit) และวงจรย่อยมอเตอร์ (Motor Branch Circuit)

สำหรับในนี้จะขอกล่าวถึงเฉพาะวงจรย่อยแสงสว่างหรือบริภัณฑ์ไฟฟ้าเท่านั้น

วงจรย่อยแสงสว่างหรือบริภัณฑ์ไฟฟ้า (Lighting or Appliance Branch Circuit) แบ่งได้ 4 แบบ

วงจรย่อยแสงสว่าง (Lighting Branch Circuit)

วงจรเต้ารับ (Receptacle Branch Circuit)

วงจรย่อยแสงสว่างและเต้ารับ (Lighting and Receptacle Branch Circuit)

วงจรย่อยเฉพาะ (Individual Branch Circuit)

(1) การคำนวณโหลดวงจรย่อย

วงจรย่อยต้องมีขนาดไม่น้อยกว่าผลรวมของโหลดที่มีอยู่ทั้งหมด

$$L_{BC} = \sum L \tag{2.1}$$

โดยที่ L_{BC} = โหลดวงจรย่อย (A,VA)

$\sum L$ = ผลรวมโหลด (A,VA)

(2) ขนาดตัวนำวงจรย่อย ตัวนำของวงจรย่อยต้องมีขนาดกระแสไม่น้อยกว่าโหลดสูงสุดที่คำนวณได้ และต้องไม่น้อยกว่าพิกัดของเครื่องป้องกันกระแสเกิน ขนาดไม่เล็กกว่า $2.5mm^2$

$$I_{BC} \geq I_{\max} \geq I_{CB} \tag{2.2}$$

โดยที่ I_{BC} = พิกัดตัวนำวงจรย่อย (A)

$I_{\max}$ = โหลดสูงสุดของวงจรย่อย (A)

I_{CB} = พิกัดเครื่องป้องกันกระแสเกิน (A)

(3) การป้องกันกระแสเกิน วงจรย่อยต้องมีการป้องกันกระแสเกิน และขนาดของเครื่องป้องกันกระแสเกินต้องสอดคล้องกับโหลดสูงสุดที่คำนวณได้

เครื่องป้องกันกระแสเกินที่นิยมใช้ คือ เซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit Breaker, CB) ซึ่งต้องใช้ตามมาตรฐาน IEC 60898 เหมาะสำหรับใช้กับบ้านอยู่อาศัย และ IEC 60947-2 เหมาะสำหรับใช้ในอาคารพาณิชย์หรือโรงงานอุตสาหกรรม

ขนาดพิกัดของ CB ที่นิยมใช้คือ $16A,20A,25A,32A,40A,50A,63A$

(4) ขนาดพิกัดวงจรย่อย ขนาดพิกัดวงจรย่อยให้เรียกตามขนาดพิกัดของเครื่องป้องกันกระแสเกิน เช่น ถ้าวงจรย่อยมีเครื่องป้องกันกระแสเกิน 20 A ก็เรียกว่า BC 20 A เป็นต้น

วงจรย่อยมาตรฐานที่นิยมใช้คือ $BC16A, BC20A, BC25A$

$BC32A, BC32A, BC40A, BC50A, BC63A$

ตารางที่ 2.6 ขนาดตัวนำและเครื่องป้องกันกระแสเกินของวงจรย่อย

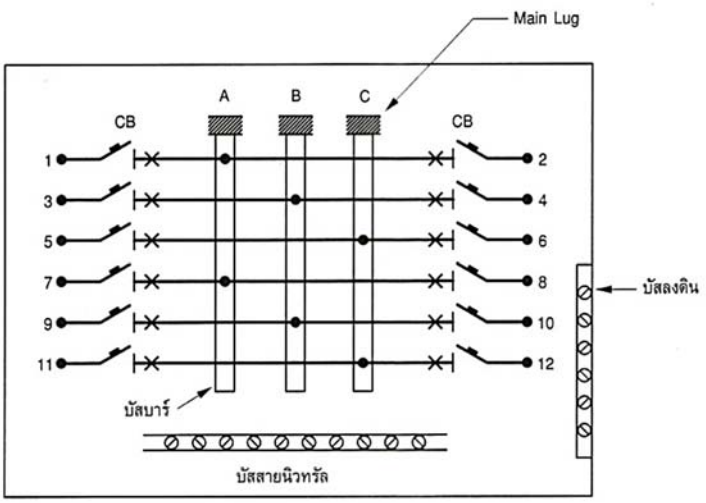
เครื่องป้องกันกระแสเกิน (แอมป์)	**ขนาดสายตัวนำเดินมนท่อโลหะ(ตารางเมตร) (พิกัดตัวนำ)**
15	2.5 (21 แอมป์)
20	2.5 (21 แอมป์)
25	4 (28 แอมป์)
32	6 (36 แอมป์)
40	10 (50 แอมป์)
50	10 (50 แอมป์)

(5) การออกแบบวงจรย่อยเฉพาะ ในการออกแบบวงจรย่อยเฉพาะ ควรใช้โหลดไม่เกิน 80%

(6) แผงย่อยกับวงจรย่อย (Panelboard) เป็นจุดเริ่มต้นของวงจรย่อย โดยจะมีบริภัณฑ์ป้องกันกระแสเกินติดตั้งอยู่ภายในบริภัณฑ์ป้องกันกระแสเกินที่นิยมใช้กันโดยทั่วไปในแผงย่อย คือ เซอร์กิตเบรกเกอร์ (CB)

ในการเลือกใช้แผงย่อยนั้นเริ่มพิจารณาจากจำนวนวงจรย่อยที่ต้องการใช้ โดยในกรณีไฟฟ้า 3 เฟส 4 สาย จะมีจำนวนวงจรย่อยเป็นมาตรฐานคือ 12, 18, 24, 30, 36 และ 42 วงจร จากนั้นจึงเลือกบัสบาร์ โดยจะต้องเลือกขนาดของบัสบาร์ให้มีขนาดเพียงพอกับความต้องการไฟฟ้าของวงจรย่อยทุกวงจรรวมกัน และให้พิกัดของบัสบาร์ที่ติดตั้งอยู่ภายในแผงย่อยต้องมีค่าไม่น้อยกว่าขนาดพิกัดสายป้อน ที่จะจ่ายไฟมายังแผงย่อยนั้น โดยทั่วไปบัสบาร์จะมีขนาดพิกัด $100A$ และ $200A$ แผงย่อยจะต้องมีการป้องกันกระแสเกินเป็นการเฉพาะทางด้านไฟเข้าโดยใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ หรือฟิวส์ไม่เกิน 2 ชุด และพิกัดรวมต้องไม่เกินพิกัดของแผงย่อยนั้น

การให้ชื่อของวงจรย่อยในแผงย่อยนั้น จะเรียงตามลำดับเฟส และเลขลำดับวงจรจากซ้ายไปขวา และจากบนลงล่าง ดังแสดงในรูป 2.38 จะสังเกตเห็นว่าทางด้านซ้ายมือจะเป็นเลขคี่ ส่วนทางขวามือจะเป็นเลขคู่



รูปที่ 2.39 ตัวอย่างแผงย่อยขนาด 12 วงจร

ที่มา: จากหนังสือการออกแบบระบบไฟฟ้า จัดทำโดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์

หลักการทั่วไปในการเลือกใช้ และการออกแบบแผงย่อยมีดังนี้

แผงย่อยหนึ่งๆ จะมีวงจรย่อยได้ไม่เกิน 42 วงจรย่อย

ระยะทางของวงจรย่อยจากแผงย่อย ไปจนถึงจุดจ่ายไฟจุดสุดท้าย ควรยาวไม่เกิน $50m$

แผงย่อยจะต้องติดตั้งในบริเวณที่สามารถเข้าถึงได้ง่าย โดยติดตั้งสูงไม่เกิน $1.8m$ และไม่มีอะไรมาขวาง สามารถเข้าไปทำงานได้ง่าย

แผงย่อย ควรจะติดตั้งในบริเวณศูนย์กลางของการใช้ไฟฟ้า เพื่อให้สามารถจ่ายไฟฟ้า ไฟยังจุดต่าง ๆ โดยมีแรงดันตกน้อยที่สุด

แผงย่อย ควรจะติดตั้งให้อยู่ในแนวของสายป้อน เพื่อให้สายป้อนมีระยะสั้นที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ และให้มีการโค้งงอน้อยที่สุด

ค่าพิกัดของแผงย่อย จะต้องมีค่าไม่น้อยกว่าค่าพิกัดของสายป้อน

ในแต่ละชั้นของอาคารควรจะมีแผงย่อย อย่างน้อย 1 แผง

แผงย่อย จะต้องมีบริภัณฑ์ป้องกันหลัก (Main Protection)

2.1.6.3 สายป้อน หมายถึง วงจรไฟฟ้าที่รับไฟจากสายประธานไปจนถึงบริภัณฑ์ป้องกันวงจรย่อย แบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท

สายป้อนแสงสว่างหรือบริภัณฑ์ไฟฟ้า

สายป้อนมอเตอร์

สายป้อนผสม

สำหรับในที่นี้จะขอกล่าวถึงเฉพาะสายป้อนแสงสว่างหรือบริภัณฑ์ไฟฟ้าเท่านั้น

สายป้อนแสงสว่างหรือบริภัณฑ์ไฟฟ้า คือสายป้อนที่จ่ายโหลดให้วงจรย่อยแสงสว่าง เต้ารับและบริภัณฑ์ไฟฟ้า

(1) การคำนวณโหลดสายป้อน สายป้อนต้องมีขนาดเพียงพอสำหรับจ่ายโหลด และต้องไม่น้อยกว่าผลรวมของโหลดในวงจรย่อยเมื่อใช้ดีมานด์แฟกเตอร์

$$LF = \left(\sum L_{BC}\right) \times D.F. \tag{2.3}$$

โดยที่ LF = โหลดของสายป้อน (A, VA, kVA)

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

$D.F.$ = ดีมานด์แฟกเตอร์ $(\%)$

(2) ขนาดตัวนำสายป้อน ตัวนำสายป้อนต้องมีขนาดไม่น้อยกว่าโหลดสูงสุด และไม่น้อยกว่าขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกินของสายป้อน ขนาดตัวนำสายป้อนต้องไม่เล็กกว่า $4mm^2$

$$I_F \geq I_{L\max} \geq I_{CB} \tag{2.4}$$

โดยที่ I_F = พิกัดตัวนำสายป้อน (A)

$IL_{\max}$ = โหลดสูงสุด (A)

I_{CB} = พิกัดเครื่องป้องกันกระแสเกิน (A)

(3) การป้องกันกระแสเกิน สายป้อนต้องมีการป้องกันกระแสเกิน ขนาดพิกัดเครื่องป้องกันกระแสเกินต้องสอดคล้องกับโหลดสูงสุดที่คำนวณได้

2.1.7 การคำนวณโหลด

ขั้นตอนหนึ่งที่มีความสำคัญมากในการออกแบบระบบไฟฟ้าคือ การคำนวณโหลดรวมของสถานประกอบการ ค่าโหลดรวมจะเป็นตัวกำหนดขนาดของบริภัณฑ์ประธาน มิเตอร์ไฟฟ้า และถ้าโหลดรวมมากพอก็กำหนดหม้อแปลงของไฟฟ้าด้วย

ในมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทยของสมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ (วสท.) ได้ให้ข้อกำหนดเกี่ยวกับการคำนวณโหลดไว้ในเรื่อง

การคำนวณวงจรย่อย

การคำนวณสายป้อน

การคำนวณตัวนำประธาน

และการคำนวณโหลดของอาคารชุด

ในการออกแบบจะต้องระลึกอยู่เสมอว่าค่าโหลดที่ได้จากการคำนวณตามมาตรฐาน วสท. ถือว่าเป็น “ค่าขั้นต่ำ” โดยทั่วไปแล้วผู้ออกแบบจะต้องออกแบบให้มีขนาดมากกว่านั้นเพื่อเป็นการเผื่อการขยายโหลดในอนาคต

2.1.7.1 การคำนวณโหลดโดยการรวมวงจรย่อย (Load Calculation by Adding Branch Circuits)

วิธีการคำนวณโหลดรวมของสถานประกอบการที่ได้รับความนิยมมากอย่างหนึ่ง คือ การรวมวงจรย่อยทั้งหมดเข้าด้วยกัน แล้วใช้ค่า Demand Factor (D.F.) ที่เหมาะสมคูณเข้าไป การที่วิธีนี้ได้รับความนิยมมาก เนื่องจากวิธีนี้เป็นผลโดยตรงจากการออกแบบระบบไฟฟ้า และค่าโหลดที่คำนวณได้ก็ใกล้เคียงกับโหลดไฟฟ้าที่ผู้ออกแบบคากว่าจะใช้จริง

(1) ขั้นตอนการคำนวณ โดยการรวมวงจรย่อย มีดังนั้น

1.1) กำหนดโหลดไฟฟ้าของสถานประกอบการ เช่น โหลดแสงสว่าง เต้ารับ อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ติดตั้งถาวรและอุปกรณ์พิเศษอื่น ๆ

1.2) รวมโหลดที่มีขนาดเล็กเป็นวงจรย่อย ซึ่งอาจเป็น

วงจรย่อยแสงสว่าง

วงจรย่อยเต้ารับ

วงจรย่อยพิเศษ

1.3) ให้เขียนเลขที่วงจรย่อยไปยังแผงจ่ายไฟที่กำหนดให้แล้ว โดยพยายามให้โหลดสามเฟสเป็นแบบสมดุลที่สุดเท่าที่ทำได้

1.4) ทำรายการโหลด (Load Schedule) ของแผงจ่ายไฟซึ่งก็คือ การรวมวงจรย่อยที่อยู่ในเฟสเดียวกันเข้าด้วยกันแล้วรวมโหลดของทั้ง 3 เฟส เข้าด้วยกัน คือ โหลดรวมทั้งหมดที่ต่ออยู่ Total Connected Load

1.5) ถ้าสถานประกอบหารที่ขนาดใหญ่ มีโหลดไฟฟ้าจำนวนมากและจำเป็นต้องมีแผงจ่ายไฟจำนวนมาก ก็ให้ทำ Load Schedule ของทุกแผงจ่ายไฟจนครบ

1.6) สำหรับโหลดไฟฟ้าขนาดใหญ่ เช่น ลิฟต์ ปั๊มของระบบประปา และน้ำเสีย ระบบปรับอากาศ เป็นต้น อาจจ่ายไฟให้เป็นสายป้อน โหลดไฟฟ้าของสายป้อนเหล่านี้ ต้องคิดไว้เพื่อนำไปรวมกับโหลดของแผงจ่ายไฟ

1.7) นำโหลดรวมของแผงจ่ายไฟมารวมกัน โดยทำเป็นตารางโหลดสายป้อน Feeder Schedule

1.8) การทำ Feeder Schedule นั้น เนื่องจากโหลดไฟฟ้าของแต่ละแผงจ่ายไฟมีจำนวนมาก และมีแผงจ่ายไฟหลายแผง ดังนั้นโอกาสที่ใช้ไม่พร้อมกันมีอยู่สูง จึงอาจใช้ D.F. เข้ามาช่วย เพื่อให้สายป้อนเมน (Main Feeder) มีขนาดเหมาะสม ค่า D.F. นี้ ต้องเป็นค่าที่เหมาะสม ซึ่งจะกำหนดค่าให้ต่อไป

1.9) ค่าโหลดที่ได้จากข้อ 1.8) เมื่อรวมกับโหลดสายป้อนขนาดใหญ่อื่น ๆ คือ ค่าโหลดรวมทั้งหมดของสถานประกอบการ

(2) ค่า Demand Factor สำหรับใช้กับแผงจ่ายไฟ หรือสายป้อน ยังไม่มีกฎข้อบังคับที่แน่นอน ผู้ออกแบบระบบไฟฟ้าส่วนมากใช้ค่า D.F. ตามประสบการณ์ของตนเอง

ค่า D.F. ที่ได้จากประสบการณ์ในประเทศสหรัฐอเมริกา และจามมาตรฐาน IEC 61439-2 สำหรับแผงจ่ายไฟที่จ่ายโหลดลักษณะคล้ายกันหรือสายป้อนหลายชุด มีดังตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.7 ค่า Demand

จำนวนแผงจ่ายไฟ	**D.F.**
1	1.00
2-3	0.90
4-6	0.80
7-10	0.70
มากกว่า 10	0.60

การใช้ค่า D.F. ให้คูณเข้ากับโหลดสายป้อนรวมนั้น จะทำให้ได้ระบบไฟฟ้าเล็กลง แต่ก็เพียงพอที่จะจ่ายโหลดได้ อย่างไรก็ตามเมื่อใช้ค่า D.F. แล้วโหลดรวมที่ได้ต้องไม่เล็กกว่าค่าที่คำนวณตามมาตรฐาน วสท.

(3) การเผื่อโหลด สำหรับระบบไฟฟ้า ซึ่งผู้ออกแบบทราบว่าจะต้องมีการขยายโหลดในอนาคตก็ต้องเผื่อโหลดไว้ได้ และสำหรับระบบไฟฟ้าทั่วไปนั้นการขยายโหลดในอนาคตจะมีอยู่เสมอ ดังนั้นผู้ออกแบบระบบไฟฟ้าควรเผื่อโหลดสำหรับอนาคตไว้ด้วย

การเผื่อโหลดในอนาคตขึ้นอยู่กับผู้ออกแบบระบบไฟฟ้า โดยทั่วไปจะเผื่อไว้ประมาณ 20-30 %

2.1.7.2 การทำรายการสายป้อนและสายประธาน (Feeder Schedule and Main Schedule) ในการออกแบบระบบไฟฟ้านั้น หลังจากที่ได้ออกแบบแผงจ่ายไฟย่อย และทำรายการโหลด (Load Schedule) เรียบร้อยแล้ว ต้องนำโหลดของแผงจ่ายไฟย่อย ซึ่งมีอยู่จำนวนมากมาทำรายการสายป้อน (Feeder Schedule) เพื่อหาขนาดของเซอร์กิตเบรกเกอร์และสายป้อน

การทำรายการสายป้อนนั้น เนื่องจากสายป้อนเมนจะจ่ายไฟให้แผงจ่ายไฟย่อยหลายแผง จึงสามารถใช้ดีมานด์แฟกเตอร์ที่เหมาะสมดังที่กล่าวมาแล้วได้

สำหรับรายการตัวนำประธาน (Main Schedule) dการคำนวณเหมือนกับการทำรายการสายป้อน แต่ต้องคำนึงถึงขนาดมิเตอร์ตามการไฟฟ้า และขนาดหม้อแปลง

(1) การป้องกันกระแสเกินของเครื่องวัด ต้องติดตั้งเซอร์กิตเบรกเกอร์ทางด้านไฟเข้าเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าทุกเครื่อง เซอร์กิตเบรคเกอร์ต้องมีขนาดพิกัดดังนี้

$$I_{CB} = 1.25 I_L \tag{2.5}$$

และให้ใช้ค่าขนาดใกล้เคียงที่สูงขึ้นถัดไปแต่ต้องไม่เกินค่าที่กำหนด

(2) การกำหนดขนาดตัวนำประธานเข้าห้องชุด

พิกัดกระแสของตัวนำประธาน

$$I_C \geq I_{CB} \tag{2.6}$$

และต้องมีขนาดไม่เล็กกว่า $6mm^2$

ขนาดของบริภัณฑ์ประธานของแต่ละห้องชุด

$$I_M \geq I_{CB} \tag{2.7}$$

โดยที่ I_C = ขนาดพิกัดกระแสของตัวนำ (A)

I_M = ขนาดพิกัดกระแสของบริภัณฑ์ประธาน (A)

I_{CB} = ขนาดพิกัดกระแสของเซอร์กิตเบรกเกอร์ (A)

I_L = กระแสโหลด (A)

หมายเหตุ : ไม่อนุญาตให้แต่ละห้องชุดใช้ตัวนิวทรัลร่วมกัน

(3) การกำหนดขนาดสายป้อน (จาก MDB ไปยังแผงเครื่องวัดรอง)

3.1) โหลดสำหรับสายป้อน โหลดสำหรับสายป้อนให้คำนวณโดยการรวมโหลดของห้องชุดแล้วใช้ค่า โคอินซิเดนท์แฟกเตอร์ ตามตารางที่ 2.8 และ 2.9

3.2) ขนาดสายป้อน ขนาดสายป้อนให้คำนวณโดยคิดว่าโหลดที่คำนวณเป็นแบบต่อเนื่อง และขนาดไม่เล็กกว่าเครื่องป้องกันกระแสเกิน

$$I_F \geq I_{CB} \tag{2.8}$$

3.3) ขนาดเครื่องป้องกัน ขนาดของเซอร์กิตเบรกเกอร์หาได้ดังนี้

$$I_{CB} = 1.25 I_{LF} \tag{2.9}$$

โดยที่ I_F = พิกัดกระแสสายป้อน (A)

I_{LF} = โหลดของสายป้อน (A)

I_{CB} = พิกัดกระแสเซอร์กิตเบรกเกอร์ (A)

ตารางที่ 2.8 ค่าโคอินซิเดนท์แฟกเตอร์ สำหรับห้องชุดประเภทอยู่อาศัย

ลำดับห้องชุด	โคอินซิเดนท์แฟกเตอร์
1-10	0.9
11-20	0.8
21-30	0.7
31-40	0.6
41 ขึ้นไป	0.5

ตารางที่ 2.9 ค่าโคอินซิเดนท์แฟกเตอร์สำหรับห้องชุดประเภทสำนักงานหรือร้านค้าทั่วไป และประเภทอุตสาหกรรม

ลำดับห้องชุด	โคอินซิเดนท์แฟกเตอร์
1-10	1.0
11 ขึ้นไป	0.85

หมายเหตุ : ลำดับห้องชุดให้เริ่มจากห้องชุดที่มีโหลดสูงสุดก่อน

(4) การกำหนดขนาดหม้อแปลง

4.1) โหลดของหม้อแปลง การคำนวณโหลดของหม้อแปลงให้ทำเช่นเดียวกับสายป้อน กล่าวคือให้หาโหลดของแต่ละชุดนำมารวมกันแล้วใช้ค่าโคอินซิเดนท์แฟกเตอร์ ตามตารางที่ 2.8 และ 2.9

4.2) ขนาดหม้อแปลง

โหลดที่คำนวณได้ถือว่าเป็นโหลดแบบต่อเนื่อง

$$I_T = 1.00 I_L \tag{2.10}$$

หรือ

$$TR(kVA) = 1.00 L(kVA) \tag{2.11}$$

โดยที่ I_T = กระแสของหม้อแปลง (A)

I_L = กระแสของโหลด (A)

L = โหลด (kVA)

TR = พิกัดของหม้อแปลงซึ่งเป็นขนาดพิกัดเมื่อยังไม่ใช้พัดลมเป่า (kVA)

4.3) ขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกิน

$$I_C \leq 1.25 I_L \tag{2.12}$$

4.4) ขนาดตัวนำประธานแรงต่ำ

$$I_C = 1.25 I_L \tag{2.13}$$

และยอมให้ใช้โคอินซิเดนท์แฟกเตอร์ ตามตารางที่ 2.8 และ 2.9 ได้

2.1.8 วงจรประธาน (Service Circuit)

ในการออกแบบระบบไฟฟ้านั้น หลังจากที่ทราบโหลดรวมทั้งหมดของอาคารหนึ่งๆ แล้วก็จะทำการออกแบบวงจรประธานให้เหมาะสมได้

วงจรประธาน หมายถึง ตัวนำ และอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ ในส่วนของวงจรไฟฟ้าฯ ไปจนถึงสายป้อน

วงจรประธาน จะประกอบไปด้วยส่วนสำคัญหลัก 2 ส่วนด้วยกัน คือ

ตัวนำประธาน (Service Conductors)

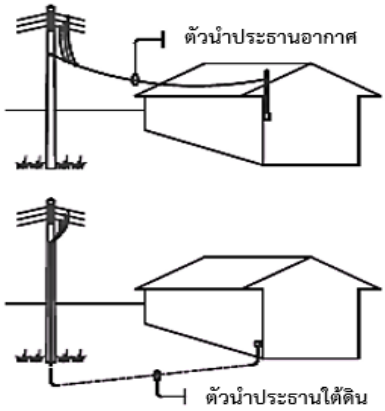
บริภัณฑ์ประธาน (Service Equipment)

2.1.8.1 ตัวนำประธาน (Service Conductors) และ บริภัณฑ์ประธาน (Service Equipment) หมายถึง สายไฟฟ้าในระบบ มีหน้าที่ส่งกำลังไฟฟ้าจากระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้าฯ สู่วงจรสายป้อน ตัวนำประธานจะต้องมีขนาดเพียงพอที่จะจ่ายโหลดต่าง ๆ ได้ และโดยทั่วไปตัวนำประธานที่จะจ่ายไฟฟ้าให้กับอาคารหลังหนึ่งๆ ต้องมี 1 ชุดเท่านั้น

ตัวนำประธานแบ่งตามวิธีการติดตั้งได้เป็น

ตัวนำประธานอากาศ (Overhead Service Conductors)

ตัวนำประธานใต้ดิน (Underground Service Conductors) ดังแสดงใน รูปที่ 2.39



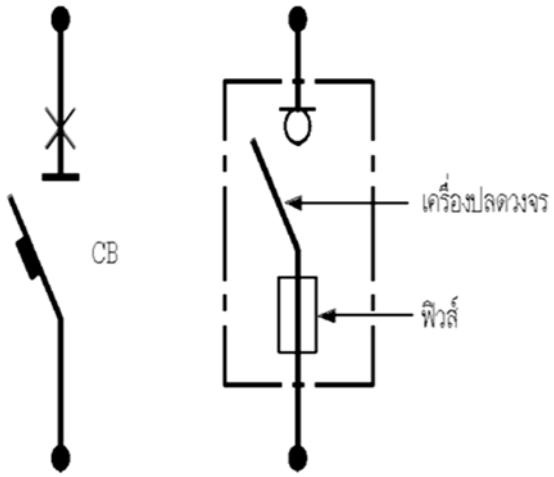
รูปที่ 2.40 ตัวอย่างตัวนำประธานอากาศ และตัวนำประธานใต้ดิน

ที่มา: จากหนังสือการออกแบบระบบไฟฟ้า จัดทำโดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์

2.1.8.2 บริภัณฑ์ประธาน หมายถึง อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ทำหน้าที่ปลดวงจร บริภัณฑ์ประธานจะประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วนคือ

(1) เครื่องปลดวงจร (Disconnecting Means)

(2) เครื่องป้องกันกระแสเกิน (Overcurrent Protection Equipment) ซึ่งอาจประกอบเป็นชุดเดียวกันก็ได้



รูปที่ 2.41 ตัวอย่างบริภัณฑ์ประธาน

ที่มา: จากหนังสือการออกแบบระบบไฟฟ้า จัดทำโดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์

2.1.8.3 ตัวนำประธานแบ่งตามระดับแรงดันที่ใช้เป็น

(1) ตัวนำประธานแรงต่ำ (Low Voltage Service Conductors) การไฟฟ้าได้ให้ข้อกำหนดโดยทั่วไปสำหรับตัวนำประธาน ทั้งตัวนำประธานอากาศ และตัวนำประธานใต้ดิน ดังนี้

1.1) อาคารหลังหนึ่งจะมีตัวนำประธานได้เพียง 1 ชุดเท่านั้น ยกเว้นกรณีต่อไปนี้ที่สามารถมีได้มากกว่า 1 ชุด

กรณีที่แยกตัวนำประธานสำหรับระบบไฟฟ้าฉุกเฉิน หรือระบบที่มีความสำคัญ เช่น ระบบสัญญานเตือนภัย ระบบปั๊มน้ำป้องกันไฟไหม้ เป็นต้น

กรณีที่มีหม้อแปลงไฟฟ้ามากกว่า 1 ลูก

กรณีที่ตัวนำประธานมีระดับแรงดันต่างกัน

กรณีที่การไฟฟ้าเห็นชอบ เช่นมีโหลดขนาดใหญ่ เป็นต้น

สำหรับกรณีผู้ใช้ไฟมีอาคารหลายหลัง ตัวนำประธานที่แยกไฟเข้าอาคารแต่ละหลังจะต้องมีบริภัณฑ์ประธานของตัว และจุดแยกสายจะต้องอยู่ในบริเวณ ของผู้ใช้ไฟด้วย

1.2) วิธีการเดินสาย สามารถทำได้หลายวิธี ดังนี้

การเดินสายแบบเปิด หรือ เดินลอย (Open Wiring)

เดินในท่อร้อยสาย (Conduit)

เดินด้วยรางเดินสาย (Wire ways)

เดินด้วยรางเคเบิล (Cable Tray)

บัสเวย์ (Bus ways)

วิธีอื่น ๆ ที่การไฟฟ้าฯ เห็นชอบ

1.3) การคำนวณวงจรประธาน การหาขนาดตัวนำประธาน ตัวนำประธานต้องมีขนาดเพียงพอที่จะรับโหลดทั้งหมดได้ โหลดของตัวนำประธานก็คือ ผลรวมของโหลดสายป้อน

การหาพิกัดกระแสของตัวนำประธานมีหลักการเช่นเดียวกับพอกัดกระแสของสายป้อน คือ

$$I_M \geq I_{L\max} \tag{2.14}$$

โดยที่ I_M = พิกัดกระแสตัวนำประธาน (A)

$I_{L\max}$ = พิกัดกระแสโหลดสูงสุด (A)

ตัวนำนิวทรัลต้องมีขนาดดังนี้

เพียงพอที่จะรับกระแสไม่สมดุลสูงสุด ซึ่งการคำนวณเหมือนตัวนำนิวทรัลของสายป้อน

ไม่เล็กกว่าสายต่อหลักดินของระบบไฟฟ้า

ไม่เล็กกว่า 12.5 % ของตัวนำประธานใหญ่ที่สุด

การหาขนาดบริภัณฑ์ประธาน

เครื่องป้อนกันกระแสเกิน ซึ่งมีหน้าที่ป้องกันตัวนำประธาน เพราะฉะนั้น

$$CB_S \leq I_M \tag{2.15}$$

โดยที่ CB_S = พิกัดเครื่องป้องกันกระแสเกิน (A)

I_M = พิกัดกระแสของตัวนำประธาน (A)

เครื่องปลดวงจร ขนาดของเครื่องปลดวงจรจะต้องไม่น้อยกว่าขนาดที่โตที่สุดของเครื่องป้องกันกระแสเกินที่ใส่ได้

$$LBS \geq CB_{\max} \tag{2.16}$$

โดยที่ LBS = พิกัดเครื่องปลดวงจร (A)

$CB_{\max}$ = พิกัดที่มากที่สุดของเครื่องป้องกันกระแสเกินที่ใส่ได้

1.4) ตัวนำประธานอากาศระบบแรงต่ำ หมายถึงตัวนำประธานที่เดินจากเสาที่ติดตั้งมิเตอร์แรงต่ำของการไฟฟ้าฯเข้าอาคารหรือบริเวณของผู้ใช้ไฟ สายไฟที่ใช้ นอกจากจะต้องมีขนาดเพียงพอที่จะรับโหลดแล้ว ยังต้องมีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมภายนอกได้

ข้อกำหนดของสายไฟต้องเป็นสายทองแดงหุ้มฉนวนเท่านั้น โดยทั่วไปจะใช้สาย NYY, IEC 01 หรือสาย XLPE ซึ่งสามารถทนแดดทนฝนได้ ขนาดเล็กที่สุดที่ใช้ได้คือ $4mm^2$

ในการติดตั้งตัวนำประธานอากาศเพื่อความปลอดภัย ระยะห่างระหว่างสายไฟกับสิ่งก่อสร้างต้องได้ตามข้อกำหนดในมาตรฐาน วสท.

1.5) ตัวนำประธานใต้ดินระบบแรงต่ำ สายไฟฟ้าที่ใช้สำหรับฝังใต้ดินจะต้องมีความแข็งแรง ทนต่อการกระแทกได้ดี สามารถป้องกันน้ำและความชื้นได้ การไฟฟ้าฯมีข้อกำหนดคือ ต้องเป็นสายตัวนำทองแดงชนิดที่ฝังใต้ดินได้ โดยทั่วไปใช้สาย NYY หรือ XLPE (CV) ขนาดเล็กสุดที่ใช้ได้คือ $10mm^2$ ซึ่งต้องสอดคล้องกับขนาดมิเตอร์ตามที่มาตรฐานกำหนด

(2) ตัวนำประธานแรงสูง (High Voltage Service Conductors)

2.1) ตัวนำประธานอากาศระบบแรงสูง สายไฟฟ้าที่นิยมใช้มีดังนี้

สายเปลือย ได้แก่ สาย AAC

สายหุ้มฉนวน ได้แก่ สาย PIC, SAC และ Preassembly Aerial Cable

การเดินสายไฟให้มีประสิทธิภาพและเชื่อถือได้ จะต้องคำนึงถึงเรื่องสายไฟฟ้าที่ใช้ และระยะห่างในการติดตั้งสายไฟฟ้าแต่ละชนิดด้วย

2.2) ตัวนำประธานใต้ดินระบบแรงสูง สายไฟฟ้าที่ใช้เป็นตัวนำประธานแรงสูงใต้ดิน จะเป็นสายไฟตัวนำทองแดงหุ้มด้วยฉนวน XLPE แบบ Fully Insulated เนื่องจากมีความทนทานต่อแรงกระแทกสูง และสามารถป้องกันความชื้นได้อย่างดี โดยจะทำป้ายระบบแนวของสายใต้ดินและบอกความลึกของสายบนสุด ป้ายต้องเห็นได้ชัดเจน ระยะห่างระหว่างป้ายไม่เกิน 50 เมตร และต้องมีแผนผังแสดงแนวสายใต้ดินเก็บรักษาไว้พร้อมที่จะตรวจสอบได้ วิธีการติดตั้งนั้นสามารถใช้ วิธีฝังดินได้โดยตรง เดินในท่อร้อยสาย หรือเดินในท่อ PVC แล้วหุ้มด้วยคอนกรีต (Duck Bank) ก็ได้

2.1.9 สรุปการวางแผนการออกแบบระบบการจ่ายไฟฟ้า

การออกแบบระบบไฟฟ้าของสถานประกอบการหนึ่งๆ ต้องเริ่มด้วยการรวบรวมโหลดทางไฟฟ้า และศึกษาโหลดเหล่านี้ ซึ่งรวมถึงโหลดของระบบทำความร้อน การระบายอากาศ และการปรับอากาศ เครื่องทำน้ำร้อน โหลดที่จัดหาให้โดยเจ้าของ และสุดท้าย โหลดไฟฟ้าแสงสว่างและเต้ารับต่าง ๆ ซึ่งต้องทำการประมาณโหลดเหล่านี้ได้ การรวบรวมข้อมูลของโหลดไฟฟ้านั้นสามารถใช้เพื่อออกแบบคร่าวๆ ของระบบไฟฟ้า และกำหนดตำแหน่งติดตั้งของแผงจ่ายไฟกับสวิตช์บอร์ดได้ โหลดรวมทั้งหมดอาจใช้เป็นข้อมูลให้การไฟฟ้าฯเพื่อใช้ในการกำหนดการจ่ายไฟฟ้าให้สถานประกอบการนั้น ๆ

กระบวนการวางแผนเริ่มต้นด้วยการศึกษาแบบทางสถาปัตยกรรมพร้อมกับข้อมูลโหลด จุดที่สำคัญคือ การกำหนดตำแหน่งแผงจ่ายไฟฟ้า และแผงสวิตช์บอร์ดให้ใกล้กับโหลดมากที่สุดเท่าที่จะทำได้ เพื่อลดความยาวของสายวงจรย่อยและสายป้อน ตำแหน่งที่ใกล้โหลดของแผงจ่ายไฟฟ้าจะทำให้การปลดวงจรในกรณีฉุกเฉินสามารถเข้าถึงได้โดยง่าย (Readily Accessible)

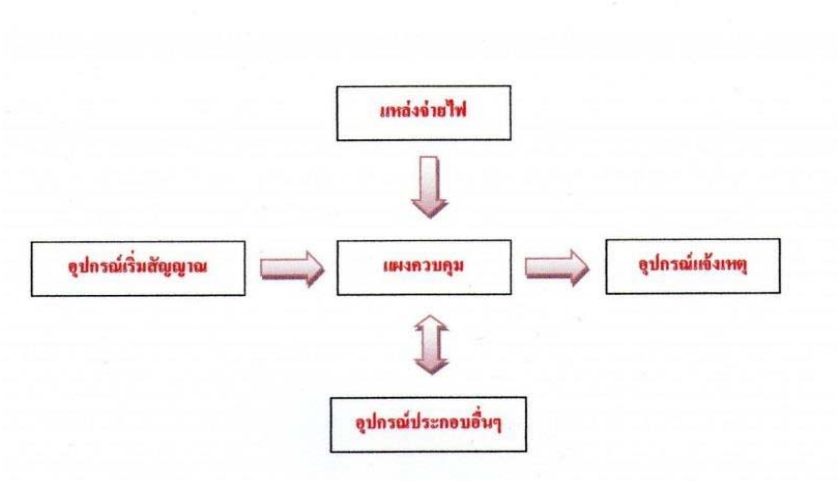
ต้องกำหนดตำแหน่งของแผงบริภัณฑ์ประธาน สำหรับอาคารขนาดเล็กแผงบริภัณฑ์ประธานนี้อาจติดตั้งที่ผนังได้ แต่สำหรับอาคารขนาดใหญ่อาจต้องมีห้องไฟฟ้าแยกต่างหาก ท้ายที่สุดตำแหน่งของแผงบริภัณฑ์ประธานจะต้องอยู่ใกล้หม้อแปลงมากที่สุดเท่าที่จะทำได้

2.2 การออกแบบระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้

ระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ คือระบบที่สามารถตรวจจับการเกิดเพลิงไหม้และแจ้งผลให้อยู่ในอาคารทราบโดยอัตโนมัติ ระบบที่ดีต้องตรวจจับและแจ้งเหตุได้อย่างถูกต้องรวดเร็วและมีความน่าเชื่อถือได้สูง เพื่อให้ผู้อาศัยในอาคารมีโอกาสหนีไฟไปยังที่ปลอดภัยสูงขึ้น มีโอกาสดับไฟในระยะลุกไหม้เริ่มต้น ได้มากขึ้นเป็นผลให้ลดความสูญเสียต่อชีวิตและทรัพย์สินได้มาก ระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้จึงต้องมีข้อมูลพร้อมทั้งข้อมูลของตัวระบบเองข้อมูลของอาคารและบุคคลที่ใช้อาคาร เพื่อให้สามารถเลือกระบบได้ อย่างถูกต้องที่สำคัญคือจะต้องออกแบบและติดตั้งให้สอดคล้องกับที่กำหนดในมาตรฐาน

2.2.1 ส่วนประกอบของระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้

ระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้หรือแรกอีกอย่างว่าระบบตรวจจับและแจ้งเหตุเพลิงไหม้มีส่วนประกอบที่สำคัญคือ แหล่งจ่ายไฟ แผงควบคุม อุปกรณ์เริ่มสัญญาณ อุปกรณ์แจ้งเหตุ และอุปกรณ์ประกอบ ตามที่แสดงในรูปที่ 2.42



รูปที่ 2.42 ส่วนประกอบที่สำคัญของระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้
ที่มา: http://alarmcodesystems.bangkoksync.com

2.2.1.1 แหล่งจ่ายไฟ ระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ทำงานด้วยไฟฟ้าจึงต้องมีแหล่งจ่ายไฟให้ในการนำระบบไปใช้งานต้องออกแบบและติดตั้งให้ระบบสามารถทำงานได้ตลอดเวลาและเชื่อถือได้สูง ระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้จึงมีแหล่งจ่ายไฟอยู่สองส่วนคือ แหล่งจ่ายไฟหลัก และแหล่งจ่ายไฟสำรอง ปกติแหล่งจ่ายไฟหลักจะเป็นการไฟฟ้าจากการไฟฟ้าฯ เมื่อแหล่งจ่ายไฟหลักขัดข้องแหล่งจ่ายไฟสำรองจะจ่ายไฟแทน

แหล่งจ่ายไฟ สำรองจึงควรเป็นแบตเตอรี่ชนิดไม่ต้องบำรุงรักษา (Maintenance Free) มีพิกัดเพียงพอที่จะทำให้ระบบสามารทำงานได้ตามที่ต้องการ

(1) พิกัดของแหล่งจ่ายไฟหลักแหล่งจ่ายไฟจะต้องมีพิกัดเพียงพอที่จะจ่ายไฟให้กับระบบได้การกำหนดพิกัดของแหล่งจ่ายไฟจะกำหนดจากโหลดที่ต่อใช้ไฟจากแหล่งจ่ายไฟซึ่งปกติจะประกอบด้วยตัวระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้และแบตเตอรี่ (หรือเครื่องประจุแบตเตอรี่) จะหาพิกัดแหล่งจ่ายไฟได้ดังนี้

พิกัดแหล่งจ่ายไฟ ≥ ผลรวมโหลดทั้งหมดของแผงควบคุมและอุปกรณ์ที่ใช้ไฟจากแผงควบคุม +กระแสสูงสุด ของเครื่องประจุแบตเตอรี่ (2.17)

โหลดที่ใช้ไฟจากแผงควบคุมแบ่งเป็นโหลดที่ใช้ในสภาวะปกติ และในสภาวะแจ้งเหตุในการคำนวณจะหาโหลดทั้งสองสภาวะและเลือกใช้ค่าที่มากกว่า

(2) พิกัดของแหล่งจ่ายไฟสำรอง ปกติจะใช้แบตเตอรี่เป็นแหล่งจ่ายไฟสำรอง การกำหนดพิกัดแบตเตอรี่จึงเป็นเรื่องสำคัญ แบตเตอรี่ควรมีพิกัดที่สามารถจ่ายไฟให้กับระบบในภาวะใช้งานปกติได้นานไม่ต่ำกว่า 24 ชั่วโมง และหลังจากนั้นต้องไฟให้กับระบบในภาวะแจ้งเหตุได้นานไม่น้อยกว่า 15 นาที ดังนั้นในการกำหนดพิกัดแบตเตอรี่จึงต้องเผื่อไว้อีก 25% ของค่าที่คำนวณได้ การคำนวณพิกัดของแบตเตอรี่สามารถทำได้ดังนี้

$$Ah_{REQ} \geq \left[\left(I_Q \times T_Q\right) + \left(I_A \times 0.25\right)\right] \times 1.25 \qquad (2.18)$$

กำหนดให้

Ah_{REQ} = พิกัดที่ต้องการของแบตเตอรี่ เป็นแอมแปร์-ชั่วโมง

I_Q = ผลรวมกระแสไฟฟ้าของโหลดในสภาวะใช้งานปกติ เป็นแอมแปร์

I_A = ผลรวมกระแสไฟฟ้าของโหลดในสภาวะแจ้งเหตุ เป็นแอมแปร์

T_Q = จำนวนชั่วโมงสำรองที่ต้องการ (ไม่ต่ำกว่า 24 ชั่วโมง)

0.25 = จำนวนชั่วโมงแจ้งเหตุ (ค่าคงที่เท่ากับ 15 นาที)

(3) พิกัดของเครื่องประจุแบตเตอรี่ มาตรฐานระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้กำหนดพิกัดของเครื่องประจุแบตเตอรี่ไว้ว่า ภายใน 24 ชั่วโมงต้องสามารถประจุแบตเตอรี่เริ่มจากสภาพที่ไฟหมดให้มีประจุมากพอที่จะจ่ายไฟให้กับระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ได้นาน 5 ชั่วโมงในสภาวะปกติรวมกับในสภาวะแจ้งเหตุอีก 15 นาที ในการประจุแบตเตอรี่ดังกล่าวอาจประจุไฟไม่เต็มก็ได้ ขึ้นอยู่กับพิกัดของแบตเตอรี่ เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\text{พิกัดของเครื่องประจุแบตเตอรี่} \geq \left(5 \times I_Q\right) + \left(0.25 \times I_A\right) \qquad (2.19)$$

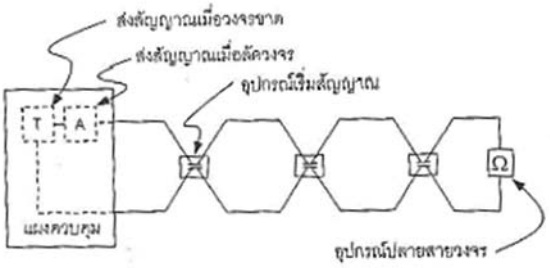
2.2.1.2 อุปกรณ์เริ่มสัญญาณ เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่แจ้งให้แผงควบคุมทราบการเกิดเหตุ ต่อจากนั้นระบบจะทำงาน แจ้งเหตุโดยอัตโนมัติตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ อุปกรณ์เริ่มสัญญาณแบ่งออกเป็น 2 ชนิดดังนี้

(1) อุปกรณ์แจ้งเหตุด้วยมือ (Manual Station) เป็นสวิตช์ที่ทำงานจากการกดหรือดึงด้วยตัวบุคคล สวิตช์บางแบบต้องทุบกระจกก่อนจึงจะสามารถกดหรือดึงได้ ขึ้นอยู่กับการออกแบบและข้อกำหนดของแต่ละมาตรฐาน สวิตช์ทั่วไปจะผลิตเป็นชนิดที่เมื่อทำการกดหรือดึงแล้วไม่สามารถปรับตั้งใหม่ (Reset) ได้ง่าย

(2) อุปกรณ์เริ่มสัญญาณอัตโนมัติ (Automatic Detector) เป็นอุปกรณ์ที่ตรวจสอบการเกิดเพลิงไหม้และทำการแจ้งสัญญาณไปที่แผงควบคุมโดยอัตโนมัติ อุปกรณ์เริ่มสัญญาณอัตโนมัติ เช่น อุปกรณ์ตรวจจับควัน อุปกรณ์ตรวจจับความร้อน อุปกรณ์ตรวจจับเปลวเพลิง อุปกรณ์ตรวจจับก๊าซ สวิตช์ตรวจการไหล (Water Flow Switch) และท่อระบบดับเพลิง (Fire Hydrant) เป็นต้น

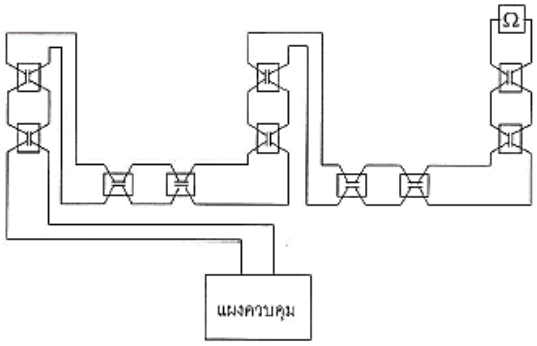
2.2.1.3 วงจรเริ่มสัญญาณ เมื่ออุปกรณ์เริ่มสัญญาณทำงานจะส่งสัญญาณไปที่แผงควบคุมผ่านวงจรสัญญาณ วงจรที่ใช้โดยทั่วไปแบ่งเป็น 2 แบบคือวงจรแบบ 2 สาย (Two-wire Loop) และแบบ 4 สาย (Four-wire Loop) ปกติวงจรจะออกแบบให้สามารถทำงานได้ทั้งในสภาวะปกติสภาวะวงจรขาดหรือรั่วลงดิน ขึ้นอยู่ กับความวับซ้อนของระบบ

(1) วงจรแบบ 2 สาย วงจรแบบนี้แต่ละแบบจะมีสายไฟฟ้าเดินออกจากแผงควบคุมจำนวน 2 เส้นไปต่อเข้ากับอุปกรณ์เริ่มสัญญาณแต่ละตัว อุปกรณ์เริ่มสัญญาณทุกตัวจะต่อกันเป็นแบบขนานตัวที่อยู่ปลายสุดจะเป็นตัวต้านทานเรียกว่าอุปกรณ์ปลายสายวงจร (End-of-line Device) มาตรฐาน NFPA เรียกว่าเป็นวงจรแบบ Class B

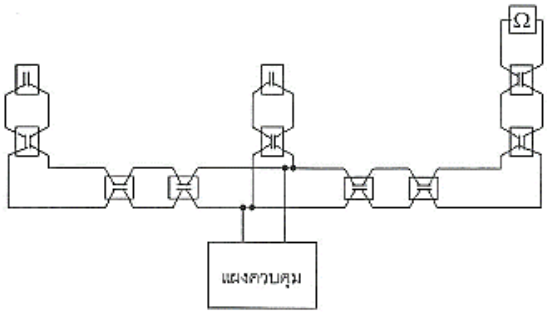


รูปที่ 2.43 ตัวอย่างวงจรแบบ 2 สาย
ที่มา: การออกแบบและติดตั้งระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้

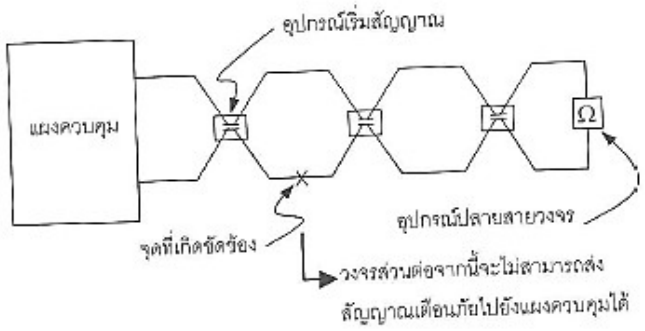
ในการเดินสายวงจรของวงจรแบบ 2 สายนั้นสิ่งสำคัญคืออุปกรณ์ตรวจจับทั้งหมดที่ต่อ ในวงจรจะต้องต่อเรียงลำดับไปเรื่อย ๆ ไม่สามารถต่อแยกทางกันได้เพราะถ้าวงจรที่ต่อแยกออกไปขาด ระบบจะไม่สามารถตรวจสอบการขาดวงจรได้ การเดินสายของวงจรที่ต่อไปใช้งานหลายพื้นที่อาจเกิดการสับสนได้



รูปที่ 2.44 ไดอะแกรมการต่อสายที่ถูกต้อง
ที่มา : การออกแบบและติดตั้งระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม



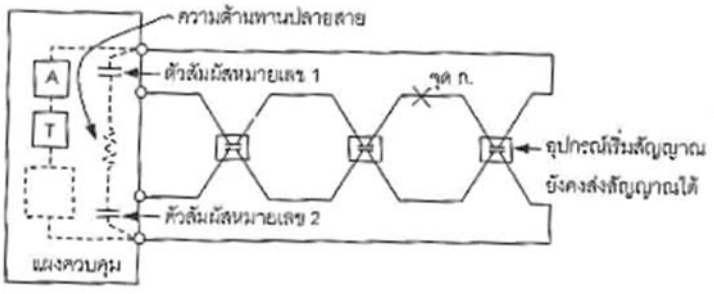
รูปที่ 2.45 ไดอะแกรมการต่อสายที่ไม่ถูกต้อง
ที่มา : การออกแบบและติดตั้งระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้



รูปที่ 2.46 วงจรแบบ 2 สายเมื่อเกิดการขัดข้อง
ที่มา: การออกแบบและติดตั้งระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้

โดยปกติอุปกรณ์ปลายสายวงจรจะเป็นความต้านทานจึงอาจเรียกอีกอย่างว่าความต้านทานปลายสาย ความต้านทานตัวนี้จะทำหน้าที่เป็นตัวตรวจคุมเมื่อวงจรส่วนหนึ่งส่วนใดขาดความต้านทานของวงจรจะเปลี่ยนไประบบจะสามารถตรวจสอบเองได้ กรณีนี้จะแสดงสัญญาณขัดข้อง (Trouble Signal) เมื่อเกิดการลัดวงจรระบบจะตรวจสอบได้เช่นกัน และแสดงสัญญาณเตือน (Alarm Signal)

(2) วงจรแบบ 4 สาย วงจรแบบนี้ความต้านทานปลายสายจะอยู่ในแผงควบคุม จึงต้องเดินสายย้อนกลับมาที่แผงควบคุมด้วยระบบจึงมีความเชื่อถือได้สูงขึ้นวงจรจะยังสามารถทำงานได้เมื่อ เกิดการขัดข้องเพียงจุดเดียว วงจรยังคงส่งสัญญาณเตือนภัยได้เมื่อเกิดเหตุเพลิงไหม้ มาตรฐาน NFPA เรียกว่าเป็นวงจรแบบ Class A



รูปที่ 2.47 ตัวอย่างวงจรแบบ 4 สาย
ที่มา : การออกแบบและติดตั้งระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้

2.2.1.4 อุปกรณ์แจ้งเหตุด้วยมือ เป็นอุปกรณ์เริ่มสัญญาณที่เริ่มทำงานโดยอาศัยการกระตุ้นจากบุคคล โดยการดึงหรือ ทุบกระจกให้แตก ลักษณะการทำงานอาจเป็นแบบจังหวะเดียว (Single Action) หรือเป็นแบบสองจังหวะ (Double Action) อุปกรณ์แจ้งเหตุด้วยมือจะติดตั้งในตำแหน่งที่เห็นได้ชัด ตำแหน่งที่ติดตั้งจะต้อง ครอบคลุมทุกพื้นที่ทางเข้าออกอาคารและที่แต่ละชั้นของทางหนีไฟของ

อาคาร การติดตั้งต้องอยู่ใน บริเวณที่เข้าถึงได้สะดวก จุดที่ติดตั้งควรสูงจากพื้นระหว่าง 1.30 ถึง 1.50 เมตร เนื่องจากต้องการให้การแจ้งเหตุทำได้สะดวกแม้แต่บุคคลพิการหรือคนป่วยที่นั่งเก้าอี้รถเข็น และอุปกรณ์แจ้งเหตุแต่ละตัวต้องไม่อยู่ไกลกันมมากนักปกติระยะห่างต้องไม่เกิน 60 เมตร การวัดระยะทำได้ตามแนวทางเดิน อุปกรณ์แจ้งเหตุด้วยมือแต่ละตัวจะต้องมีหมายเลขของโซนตรวจจับที่ต่อใช้งานอยู่เพื่อให้ทราบว่าต่อใช้งานกับโซนใด การติดตั้งหมายเลขโซนต้องให้อยู่ที่อุปกรณ์ในลักษณะที่เห็นได้ชัด

2.2.1.5 ชนิดของอุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้อัตโนมัติ อุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้อัตโนมัติแบ่งออกเป็นหลายประเภทตามการใช้งานอุปกรณ์ ตรวจจับที่เป็นที่นิยมใช้ทั่วไปได้แก่ อุปกรณ์ตรวจจับความร้อน อุปกรณ์ตรวจจับควัน อุปกรณ์ตรวจจับ เปลวเพลิง และอุปกรณ์ตรวจจับก๊าซ นอกจากนี้ยังมีอุปกรณ์ตรวจจับอื่น ๆ ที่ออกแบบตามความต้องการเฉพาะงาน อุปกรณ์ตรวจจับดังกล่าวมีวิธีการออกแบบชนิดของการตรวจจับชนิดคือ

(1) ชนิดเส้น (Line Type) เป็นอุปกรณ์ที่มีลักษณะเป็นเส้นยาวต่อเนื่องเช่น อุปกรณ์ตรวจจับอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิโดยท่อลม อุปกรณ์ตรวจจับควันโดยลำแสงหรือเคเบิลชนิดไวต่อแสง

(2) ชนิดจุด (Spot Type) เป็นอุปกรณ์ตรวจจับที่ติดตั้งใช้งานเป็นจุดหรือตัว ที่นิยมใช้ทั่วไปแบ่งลักษณะตัวตรวจจับออกได้เป็นหลายชนิดตามการออกแบบของผู้ผลิต เช่น อุปกรณ์ตรวจจับชนิดโลหะคู่ (Bi-metal) ชนิดใช้โลหะผสมหลอมละลาย (Fusible Alloy) ชนิดใช้อัตราการเพิ่มของลม (Pneumatic Rate of Rise) ชนิดตรวจจับควันและชนิดไฟฟ้าพลังความร้อน (Thermoelectric) เป็นต้น

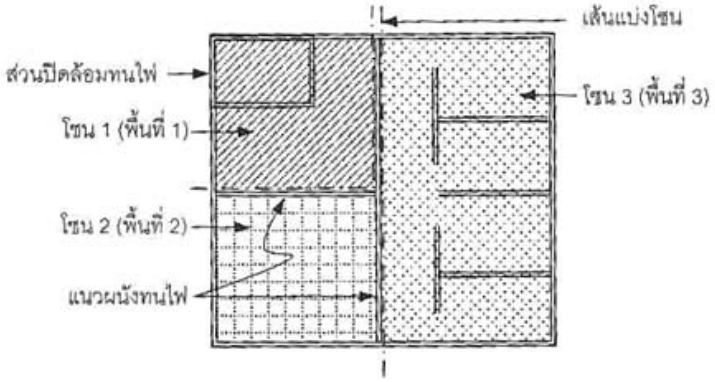
2.2.2 การแบ่งโซนอุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้

ในอาคารขนาดใหญ่ที่มีพื้นที่มากหรือเป็นอาคารที่มีความสูงหลายชั้น เมื่อเกิดแพลิงไหม้อุปกรณ์ตรวจจับต้องสามารถตรวจจับได้รวดเร็วตามที่ได้ออกแบบไว้ เมื่อตรวจจับได้แล้วจะแจ้งผลไปที่แผงควบคุมเพื่อแจ้งการเกิดเหตุ ดังนั้นเพื่อให้การตรวจสอบจุดที่เกิดเหตุสามารถทำได้รวดเร็วและถูกต้องการแจ้งเหตุจึงต้องสามารถระบุตำแหน่งที่เกิดเหตุได้แม่นยำและไม่ครอบคลุมพื้นที่มากเกินไปเพื่อความรวดเร็วในการตรวจสอบเพลิงไหม้ ในการติดตั้งระบบจึงต้องแบ่งการการตรวจจับออกเป็นส่วนเอง การแบ่งโซนต้องสอดคล้องตามหลักเกณฑ์ที่กำหนดแต่ละมาตรฐานมีข้อกำหนดที่แตกต่างกันโดยพิจารณาจากวัสดุที่เป็นเชื้อเพลิง พฤติกรรมของบุคคล สภาพภูมิอากาศ กฎหมายและการใช้งานของอาคาร ในมาตรฐานระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้มีข้อกำหนดการแบ่งโซนไว้เพื่อใช้ประกอบการออกแบบและติดตั้ง

2.2.2.1 หลักเกณฑ์ทั่วไปในการแบ่งโซน การแบ่งโซนต้องคำนึงถึงความสะดวกในการค้นหาจุดต้นเพลิง จึงต้องพิจารณารูปร่างทางสถาปัตยกรรมของอาคารประกอบด้วยโดยยังคงยึดหลักการที่ว่าการค้นหาต้องทำได้อย่างรวดเร็ว การแบ่งโซนจึงควรให้อยู่โซนเดียวกันอยู่ในชั้นเดียวกันในพื้นที่เดียวกันและอยู่ในเส้นทางที่เดินถึงกันได้สะดวก

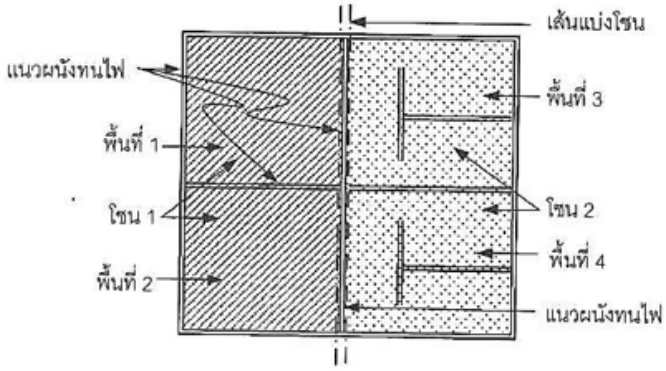
2.2.2.2 พื้นที่ที่ต้องจัดเป็นโซนเดียวกัน ถ้าพื้นที่ของโซนครอบคลุมมากกว่าหนึ่งเขตพื้นที่แนวเขตของโซนต้องเป็นแนวเขตผนัง ทนไฟของส่วนปิดล้อมทนไฟ หมายความว่าอนุญาตให้หนึ่งโซน

ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดของส่วนปิดล้อมทนไฟ (รูปที่ 2.48) หรือครอบคลุมหลายส่วนปิดล้อมทนไฟ (รูปที่ 2.49) หรือพื้นที่ทั้งหมดของสองโซนอยู่ใน ส่วนปิดล้อมทนไฟเดียวกัน (รูปที่2.50) แต่ไม่อนุญาตให้พื้นที่ของหนึ่งโซนครอบคลุมเฉพาะบางส่วนของสองส่วนปิดล้อมทนไฟ (รูปที่2.51) หรือพื้นที่บางส่วนของสองโซนครอบคลุมส่วนปิดล้อมทนไฟเดียวกัน

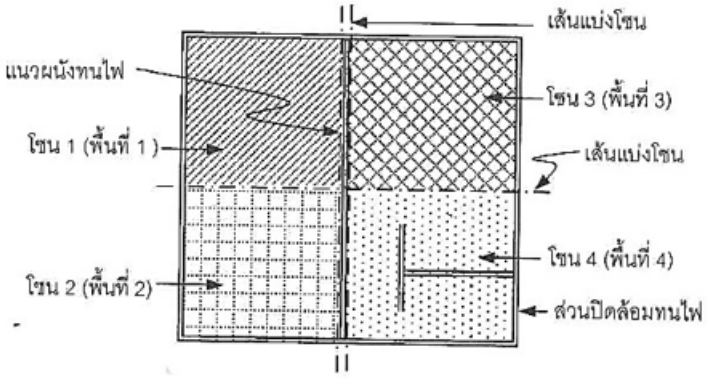


รูปที่ 2.48 ตัวอย่างการแบ่งโซนโดยใช้ผนังทนไฟเป็นเขตแบ่งโซน
ที่มา: การออกแบบและติดตั้งระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้

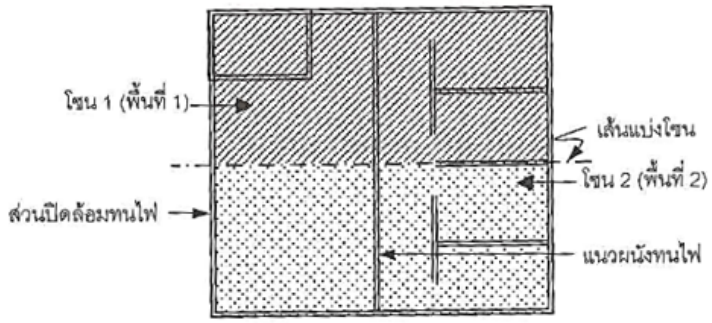
ส่วนปิดล้อมทนไฟ หมายถึงปริมาตรหรือพื้นที่หรือส่วนใด ๆ ในอาคารที่ถูกปิดล้อมด้วยวัสดุทนไฟซึ่งประกอบกันเป็นส่วนปิดล้อมด้วยผนัง เพดาน พื้น เสา คาน และอุปกรณ์หรือวัสดุทนไฟตามมาตรฐานการป้องกันอัคคีภัยของสมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ ฉบับล่าสุดกำหนด



รูปที่ 2.49 ตัวอย่างโซนเดียวกันครอบคลุมพื้นที่สองส่วนปิดล้อมทนไฟได้
ที่มา: การออกแบบและติดตั้งระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้



รูปที่ 2.50 ตัวอย่างพื้นที่เดียวกันสามารถแบ่งเป็นหลายโซนได้
ที่มา: การออกแบบและติดตั้งระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้



รูปที่ 2.51 ตัวอย่างการแบ่งโซนที่ไม่ถูกต้องเพราะแบ่งโซนคร่อมผนังทนไฟ
ที่มา: การออกแบบและติดตั้งระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้

2.2.2.3 การกำหนดขนาดและจำนวนโซน ขนาดและจำนวนโซนในอาคารต้องแบ่งให้เป็นไปตามข้อกำหนด ดังนี้

(1) การแบ่งโซนต้องไม่ทำให้ระยะค้นหามากกว่า 30 เมตร เพื่อให้สามารถค้นหาจุดที่เกิดเพลิงไหม้ได้รวดเร็ว เมื่ออุปกรณ์ตรวจจับทำการตรวจจับเพลิงไหม้ได้แล้วจะมีการแสดงผลที่แผงควบคุม การแสดงผลอาจเกิดจากข้อผิดพลาดบางประการซึ่งไม่ใช่เพลิงไหม้จริง ๆ เพื่อความมั่นใจจึงต้องมีการค้นหาจุดที่เกิดเพลิงไหม้และยืนยันการเกิดเพลิงไหม้ หากผู้ควบคุมไม่มีการยืนยันหรือยกเลิกในระยะเวลาที่กำหนดอุปกรณ์จะแจ้งเหตุตามที่ได้ตั้งไว้ ถ้าการติดตั้งใช้งานต้องการเวลาในการค้นหาจุดที่เกิดเพลิงไหม้นานการหน่วงเวลาที่แผงควบคุมก็จะต้องนานตามไปด้วย ถ้าเกิดเพลิงไหม้จริงผู้อพยพหนีไฟจะมีเวลาน้อยลงโอกาสรอดชีวิตจะน้อยลง

(2) พื้นที่แต่ละโซนในชั้นเดียวกันต้องไม่เกิน 1,000 ตารางเมตร ในขณะเดียวกันระยะค้นหาจะต้องไม่เกิน 30 เมตร สำหรับพื้นที่เปิดโล่งมองเห็นได้ทั่วทั้งพื้นที่สามารถเพิ่มขนาดพื้นที่โซนได้ถึง 2,000 ตารางเมตร

พื้นที่ที่มีการติดตั้งหัวกระจายน้ำดับเพลิงอัตโนมัติและไม่เป็นพื้นที่เพื่อป้องกันชีวิต สามารถกำหนดโซนตรวจจับเท่ากับขนาดโซนของหัวกระจายน้ำดับเพลิงอัตโนมัติ โดยใช้สวิตช์ตรวจการไหลของน้ำเป็นอุปกรณ์เริ่มสัญญาณของวงจรโซนตรวจจับนั้นระยะค้นหายอมให้เพิ่มอีกถึง 60 เมตร

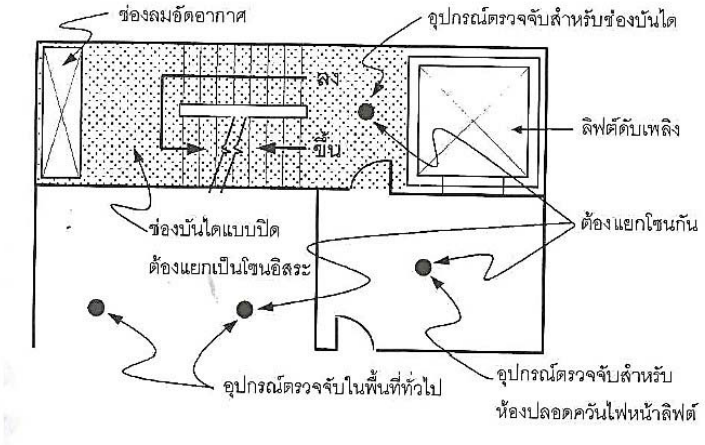
(3) พื้นที่อาคารทั้งหมดหากมีขนาดไม่เกิน 500 ตารางเมตร อนุญาตให้จัดเป็นหนึ่งโซนได้ ถึงแม้ว่าอาคารมีหลายชั้นข้อนี้อนุญาตให้ทั้งอาคารถึงแม้จะมีหลายชั้นสามารถจัดรวมเป็นหนึ่งโซนได้ แต่จำนวนพื้นที่ของแต่ละโซนจะลดลงเหมาะสำหรับอาคารขนาดเล็ก

(4) อาคารที่มีพื้นที่ทั้งอาคารเกิน 500 ตารางเมตรและเกิน 3 ชั้น พื้นที่อาคารแต่ละชั้นจะต้องแบ่งเป็นอย่างน้อยหนึ่งโซนและแต่ละโซนก็จะต้องครอบคลุมพื้นที่ไม่เกิน 1,000 ตารางเมตรด้วย

(5) สำหรับอาคารสูง คืออาคารที่มีความสูงตั้งแต่ 23 เมตรขึ้นไป อุปกรณ์ตรวจจับที่ติดตั้งในช่องบันไดช่องเปิดต่าง ๆ ให้กำหนดเป็นโซนอิสระสำหรับแต่ละช่องบันไดหรือช่องเปิดต่าง ๆ ห้ามนำพื้นที่ในส่วนของช่องบันไดไปรวมเป็นโซนเดียวกับพื้นที่อื่นทั่วไป

(6) พื้นที่หรือห้องที่มีอันตรายเป็นพิเศษ เช่น ห้องเครื่องไฟฟ้า ห้องเครื่องจักรกลทุกประเภท ห้องเก็บสารไวไฟหรือเชื้อเพลิง เป็นต้น ต้องแยกเป็นโซนอิสระสำหรับแต่ละพื้นที่หรือห้อง

(7) ห้องหรือโถงปลอดควันไฟหน้าลิฟต์ดับเพลิง เส้นทางหนีไฟ พื้นที่บนฝ้าเพดาน พื้นที่ใต้พื้นยกระดับ และพื้นที่ใต้หลังคา ซึ่งถูกกำหนดให้ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับต้องแยกเป็นโซนอิสระแต่ละพื้นที่หรือห้อง

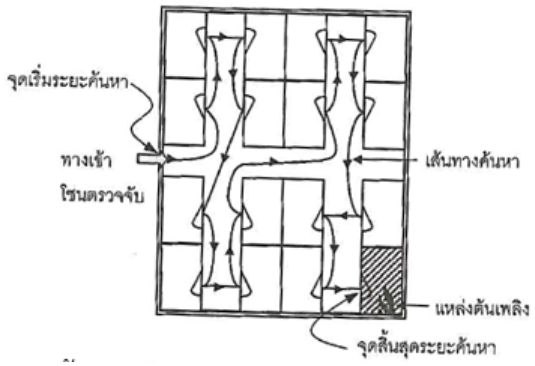


รูปที่ 2.52 ตัวอย่างช่องบันไดและโถงปลอดควันไฟในอาคารสูง

ที่มา: การออกแบบและติดตั้งระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้

2.2.2.4 ระยะค้นหา (Searching Distance) หมายถึง ระยะทางของการเดินค้นหาจุดต้นเพลิงนับตั้งแต่จุดเริ่มต้นทางเข้าของโซนตรวจจับนั้น ๆ จนกระทั่งเห็นจุดต้นเพลิง (ดูรูปที่2.63)

สำหรับอาคารที่เป็นพื้นที่เปิดโล่งเมื่อเข้าไปถึงพื้นที่จะสามารถเห็นต้นเพลิงได้ง่าย แต่อาคารบางแห่งอาจมีสิ่งกีดขวางและบังการเห็นจุดต้นเพลิงทำให้ต้องเสียเวลาในการค้นหาโดยเฉพาะอาคารที่เป็นห้องจำนวนมาก เช่น อาคารชุดหรือโรงแรม การค้นหาจุดต้นเพลิงจะต้องเปิดดูห้องทุกห้องต้องแต่ห้องที่ไปถึงก่อนจนถึงห้องที่เกิดเพลิงไหม้ การคิดระยะการค้นหาจะคิดจนถึงตำแหน่งที่ไกลสุดในการเดินค้นหา

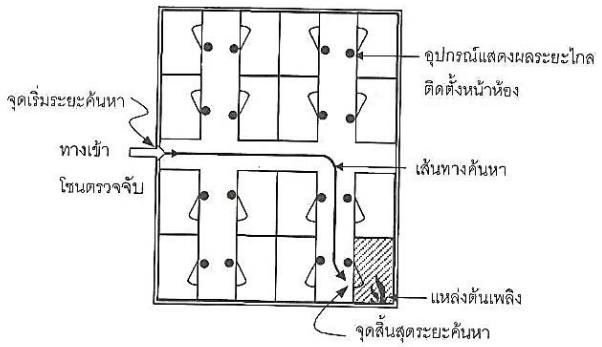


รูปที่ 2.53 การกำหนดระยะค้นหา

ที่มา: การออกแบบและติดตั้งระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้

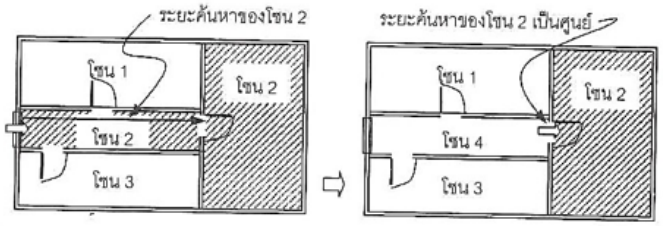
การลดระยะการค้นหาทำได้โดยการติดตั้งอุปกรณ์แสดงผลระยะไกลเช่น ติดไว้ที่หน้าห้อง ซึ่งจะแสดงผลเมื่อเกิดเพลิงไหม้ภายในห้อง กรณีนี้จะทำให้ไม่ต้องเปิดประตูดูทุกห้อง แต่อย่างไรก็ตามเมื่อผู้ค้นหาต้นเพลิงเห็นการแสดงผลอุปกรณ์แสดงผลที่หน้าห้องแล้วจะต้องเดินไปจนถึงห้องที่เกิดเพลิงไหม้ และเปิดประตู้ห้องดูเพื่อความแน่ใจ ระยะการค้นหาจึงคิดไปจนถึงประตูห้องสุดท้าย

อุปกรณ์ตรวจจับบางรุ่นจะมีหลอดไฟแสดงผลการทำงานติดอยู่กับตัวด้วย เมื่ออุปกรณ์ตรวจจับทำงานและแจ้งผลไปที่แผงควบคุมแล้วจะมีการแสดงผลที่ตัวอุปกรณ์ด้วย ทำให้ทราบว่าอุปกรณ์ตัวไหนเป็นตัวตรวจจับได้อุปกรณ์ตรวจจับบางรุ่นจะมีขั้วต่อสายเพื่อต่อเข้ากับหลอดไฟไปแสดงผลที่จุดอื่นห่างออกไปจากตัวอุปกรณ์ตรวจจับเป็นการแสดงผลระยะไกลเช่น แสดงผลที่หน้าห้องเป็นต้น (ดูรูปที่ 2.54)



รูปที่ 2.54 แสดงระยะค้นหาลดลงเมื่อติดตั้งอุปกรณ์แสดงผลระยะไกล
ที่มา: การออกแบบและติดตั้งระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้

การลดระยะการค้นหานอกจากการติดตั้งอุปกรณ์แสดงผลระยะไกลแล้วยังทำได้โดยการแบ่งโซนใหม่ ตามที่แสดงในรูปที่ 2.55



รูปที่ 2.55 เมื่อเปลี่ยนแปลงการแบ่งโซน ระยะค้นหาจะเปลี่ยน
ที่มา: การออกแบบและติดตั้งระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้

2.2.2.5 การแบ่งโซนเมื่อระบบที่ใช้เป็นชนิดที่สามารถระบุตำแหน่งได้ (Addressable) บางผู้ผลิตเรียกระบบนี้ว่าเป็นแบบมัลติเพลกซ์ (Multiplex) หรือแบบอัจฉริยะ (Intelligent) โครงสร้างโดยทั่วไปประกอบด้วยแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ในลักษณะสำเร็จรูป (Module) ควบคุมด้วยไมโครโพรเซสเซอร์ วงจรมัลติเพลกซ์ 1 วงจร (Multiplex Loop) จะสามารถต่อและใช้งานกับอุปกรณ์เริ่มสัญญาณชนิดที่สามารถระบุตำแหน่งได้ (Addressable) จำนวนมาก ระบบแบบนี้จึงประหยัดและลดความยุ่งยากในการเดินสายไฟฟ้าได้มาก และยังสามารถต่อกับเครื่องพิมพ์และจอภาพ แป้นพิมพ์หรือเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลได้ด้วย

การทำงานของระบบควบคุมสามารถสั่งการได้ในลักษณะเป็นขั้นตอน การกำหนดขั้นตอนการทำงานทำได้โดยการเปลี่ยนโปรแกรมไม่ต้องเปลี่ยนแปลงหรือแก้ไขการเดินสายไฟฟ้า หน่วยความจำข้อมูลเป็นชนิดที่ข้อมูลไม่สูญหายเมื่อไฟฟ้าดับ สำหรับการเพิ่มอุปกรณ์จากพื้นที่ที่มีอยู่เดิม

สามารถทำได้โดยการเดินสายไฟต่อจากส่วนใดส่วนหนึ่งของวงจรมัลติเพลกซ์หลัก (Riser) ในลักษณะการต่อแยกวงจรออกไป (Branch) ไม่จำเป็นต้องเดินสายมายังแผงควบคุมแจ้งเหตุเพลิงไหม้ใหม่ ระบบที่สามารถระบุตำแหน่งได้ต้องเป็นดังนี้

(1) ระบบที่มีมากว่าหนึ่งโซน

1) เมื่อวงจรใดวงจรหนึ่งของระบบขาดเพียงจุดเดียว ต้องแสดงสถานะวงจรขัดข้อง (Fault) เพื่อให้ผู้ดูแลทำการซ่อมระบบให้สามารถใช้งานได้ เพราะการที่สายขาดอาจเป็นผลให้พื้นที่จำนวนมากไม่สามารถส่งสัญญาณการตรวจจับได้

2) กรณีวงจรของโซนหนึ่งโซนใดขาด ต้องไม่มีผลต่อการส่งสัญญาณแจ้งเหตุของโซนอื่น ๆ ในวงจรนั้น หมายความว่าวงจรของโซนอื่น ๆ ยังต้องสามารถทำงานได้

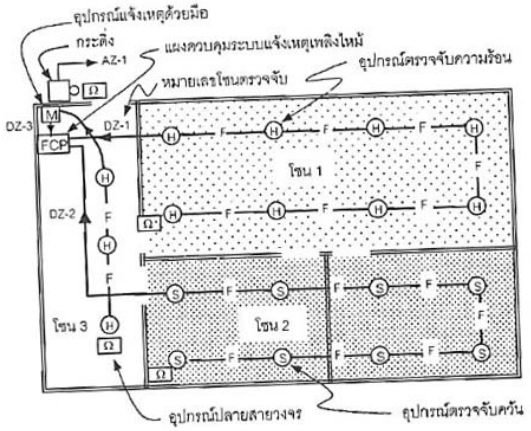
3) การขัดข้องทุกกรณีรวมทั้งการลัดวงจรหรือวงจรขาด ต้องแสดงสถานะขัดข้องของระบบ (System Trouble)

4) กรณีสายสองเส้นลัดวงจรถึงกัน ต้องติดตั้งอุปกรณ์ตัดแยกวงจรเพื่อไม่ให้อุปกรณ์ภายในวงจรของระบบหยุดทำงานรวมกันเกิน 250 อุปกรณ์ และในทุกกรณีต้องไม่มากกว่าหนึ่งอาคารข้อกำหนดนี้จะใช้ประกอบการแบ่งโซนเพิ่มเติมจากข้อกำหนดดังกล่าวข้างต้น

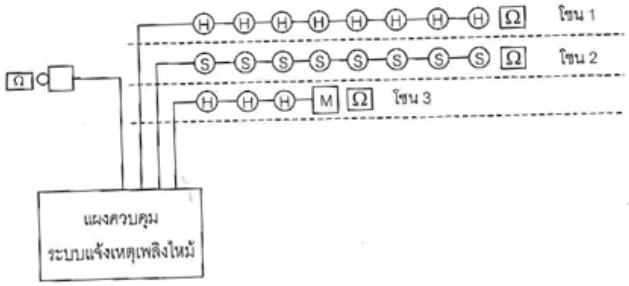
5) ในแต่ละวงจรของระบบในอาคารเดียวกัน ต้องครอบคลุมไม่เกิน 10 ชั้น และพื้นที่ไม่เกิน 20,000 ตารางเมตร

(2) จำนวนอุปกรณ์ในแต่ละโซน แต่ละวงจรของระบบต้องประกอบด้วยอุปกรณ์ไม่เกิน 1,000 อุปกรณ์ เพื่อให้มีอุปกรณ์ต่อใช้งานมากเกินไป และแต่ละวงจรของระบบต้องให้ครอบคลุมพื้นที่ซึ่งมีลักษณะการใช้งานแบบเดียวกัน การนับจำนวนอุปกรณ์นอกจากอุปกรณ์ตรวจจับแล้วให้รวมถึงอุปกรณ์แจ้งเหตุ อุปกรณ์ตรวจคุม และอุปกรณ์ควบคุมต่าง ๆ ด้วย

ตามที่แสดงในรูปที่ 2.56 เป็นตัวอย่างการแบ่งโซนของอุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้และ การเดินสาย ตามตัวอย่างเป็นการแบ่งพื้นที่ออกเป็น 3 โซน มีอุปกรณ์แจ้งเหตุด้วยมือต่อใช้งานร่วมกับโซน 3 เป็นวงจรแบบ 2 สาย อุปกรณ์ตรวจจับใช้ทั้งอุปกรณ์ตรวจจับควันและความร้อนในการออกแบบติดตั้งใช้งานจริงต้องเลือกชนิดของอุปกรณ์ตรวจจับให้เหมาะสมด้วย



รูปที่ 2.56 แบบตัวอย่างไดอะแกรมการเดินสายตามการแบ่งโซน
ที่มา: การออกแบบและติดตั้งระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้



รูปที่ 2.57 ไดอะแกรมของรูปที่ 2.56
ที่มา: การออกแบบและติดตั้งระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้

2.2.3 ข้อกำหนดทั่วไป

การออกแบบและติดตั้งระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้จะต้องสามารถเลือกอุปกรณ์ตรวจจับและกำหนดตำแหน่งติดตั้งได้อย่างถูกต้อง บางสถานที่อาจไม่ต้องติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับ บางสถานที่บังคับให้ติดตั้งและในบางสถานที่อาจต้องเพิ่มอุปกรณ์ตรวจจับจำนวนเพิ่มมากขึ้น ผู้ออกแบบจึงต้องทราบข้อกำหนดต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ข้อกำหนดนี้จะกำหนดโดยมาตรฐานโดยอาศัยหลักการทางวิศวกรรมประกอบ ข้อกำหนดของแต่ละมาตรฐานอาจแตกต่างกันบ้างในรายละเอียด

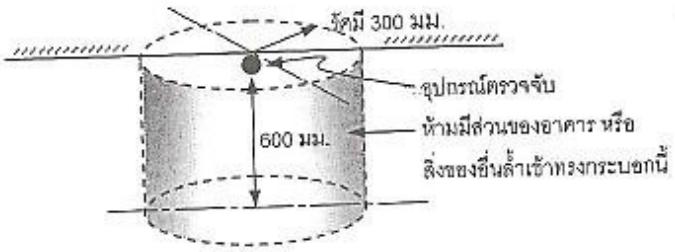
2.2.3.1 การเลือกใช้อุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้ เพลิงไหม้ทำให้เกิดควันและความร้อนในปริมาณต่าง ๆ กันตามสภาพพื้นที่และชนิดของเชื้อเพลิง การตรวจสอบควันสามารถทำได้ก่อนความร้อน อาจกล่าวได้ว่า เพลิงไหม้ทำให้เกิดควันพิษและก๊าซพิษโดยที่บางครั้งอุณหภูมิห้องแทบไม่มีการเปลี่ยนแปลงหรือเปลี่ยนแปลงช้ามาก และในทุกกรณีที่เกิดเพลิงไหม้การตรวจจับควันจะสามารถทำได้ก่อนที่อากาศจะเป็นพิษ

การออกแบบระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้จึงถือว่าอุปกรณ์ตรวจจับควันเป็นอุปกรณ์หลักที่ใช้เพื่อป้องกันชีวิตเนื่องจากสามารถตรวจจับเพลิงไหม้ได้รวดเร็ว การติดตั้งอุปกรณ์ที่ต้องการป้องกันชีวิตใช้อุปกรณ์ตรวจจับควันเป็นพื้นฐานและสามารถติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับชนิดอื่นเพื่อป้องกันเพิ่มเติมได้ตามความจำเป็น

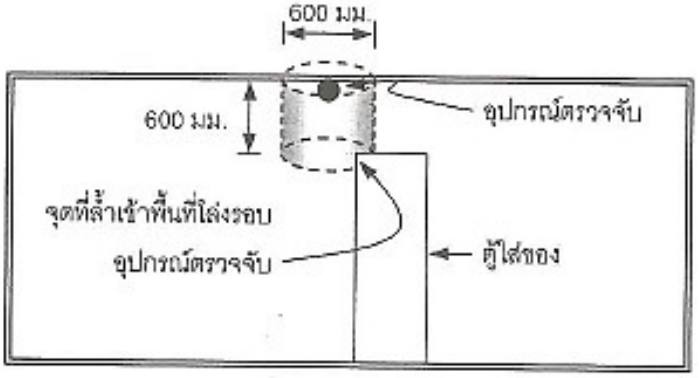
อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนไม่ใช่อุปกรณ์ตรวจจับที่เพื่อป้องกันชีวิต การติดตั้งจะใช้เพื่อป้องกันทรัพย์สินเท่านั้น อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนจึงนิยมใช้เป็นอุปกรณ์ตรวจจับเพิ่มเติมจากที่มาตรฐานกำหนดไว้

2.2.3.2 การเลือกตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับ ความร้อนที่เกิดจากเพลิงไหม้จะลอยสู่ข้างบนจนถึงเพดานแล้วกระจายออกด้านข้าง การเลือกตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับจึงสำคัญมากเพื่อให้สามารถตรวจจับเพลิงไหม้ได้เร็วที่สุด ตำแหน่งที่ถือว่าดีที่สุดคือตำแหน่งที่อยู่กึ่งกลางเพดาน บางครั้งการติดตั้งอาจไม่สามารถทำได้จึงต้องเลื่อนตำแหน่งออกไปหรือต้องมีการติดตั้งที่จุดอื่น ๆ เพิ่มเติมอีกเพื่อให้ครอบคลุมพื้นที่ที่ต้องการป้องกัน การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับถือหลักว่าต้องติดตั้งไว้ทั่วทุกที่ที่ต้องการป้องกัน สำหรับบางพื้นที่อาจไม่มีความจำเป็นต้องป้องกันก็ไม่ต้องติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับ และตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับแบ่งได้เป็นตำแหน่งติดตั้งในสถานที่ทั่วไปและตำแหน่งติดตั้งในสถานที่เฉพาะ

2.2.3.3 ตำแหน่งติดตั้งในสถานที่ทั่วไป ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับต้องเป็นพื้นที่โล่งที่ควัน ความร้อนและเปลวไฟสามารถเข้าถึงอุปกรณ์ตรวจจับได้ง่ายเพื่อให้สามารถตรวจจับได้เร็ว มาตรฐานกำหนดให้ต้องมีพื้นที่โล่งรอบอุปกรณ์ตรวจจับมีลักษณะเป็นทรงกระบอกมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอย่างน้อย 300 มิลลิเมตร ลึกหรือสูง อย่างน้อย 600 มิลลิเมตร ตามที่แสดงในรูปที่ 2.58 และต้องสามารถมองเห็นอุปกรณ์ตรวจจับได้จากทางที่เข้าไปยังพื้นที่ป้องกัน



รูปที่ 2.58 ลักษณะพื้นที่โล่งโดยรอบอุปกรณ์ตรวจจับ
ที่มา: การออกแบบและติดตั้งระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้



รูปที่ 2.59 ตัวอย่างการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับที่ผิดมาตรฐาน
ที่มา: การออกแบบและติดตั้งระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้

พื้นที่ที่เป็นห้องหรือส่วนที่กั้นควันและเปลวไฟ ถือเป็นพื้นที่แยกต่างหากจะติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับแยกต่างหาก พื้นที่ดังกล่าวประกอบด้วยพื้นที่ที่แบ่งส่วนโดยกำแพง ผนังกั้นหรือชั้นวางของ โดยมีความสูงห่างจากเพดานไม่เกิน 300 มิลลิเมตร พื้นที่ดังกล่าวถือว่าเป็นห้องถ้าต้องมีการป้องกันต้องติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับในแต่ละพื้นที่การคิดระยะห่างก็คิดในแต่ละพื้นที่นั้น

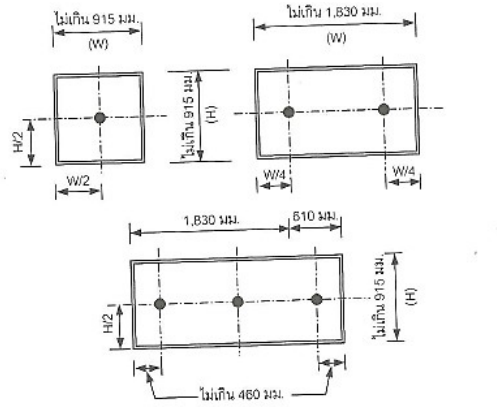
2.2.3.4 ตำแหน่งติดตั้งในสถานที่เฉพาะ

(1) ระบบท่อลม การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับควันในท่อลมของระบบปรับอากาศ เป็นอีกวิธีหนึ่งที่จะตรวจจับการเกิดเพลิงไหม้ได้ แต่ควันที่ไหลในระบบท่อลมอาจเจือจางกว่าปกติเนื่องจากมีอากาศบริสุทธ์ (Fresh Air) จากภายนอกหรือจากห้องอื่นเข้ามาผสม อย่างไรก็ตามในการออกแบบติดตั้งจะต้องเลือกจุดติดตั้งให้เหมาะสมสามารถตรวจจับควันได้ดีและแยกสถานที่เกิดควันได้ชัดเจน การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับควันในท่อลมต้องเลือกตำแหน่งติดตั้งในท่อลมให้สามารถตรวจจับควันได้ดีปกติควรอยู่บริเวณกลางหน้าตัดของท่อลม กรณีที่เป็นท่อลมขนาดใหญ่อาจต้องเพิ่มจำนวนอุปกรณ์ตรวจจับสำหรับแต่ละตำแหน่งด้วย ในมาตรฐาน NFPA กำหนดจำนวนอุปกรณ์ตรวจจับแต่ละตำแหน่งตามขนาดความกว้างของท่อสำหรับท่อที่สูงไม่เกิน 951 มิลลิเมตร(36 นิ้ว) ดังนี้

1) ท่อขนาดกว้างไม่เกิน 951 มิลลิเมตร ให้ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับจำนวน 1 ตัว

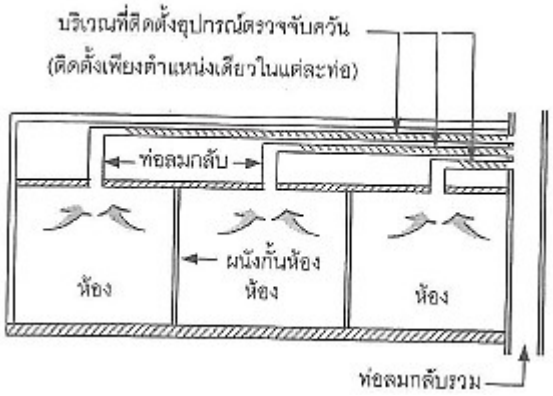
2) ท่อขนาดกว้างไม่เกิน 1,830 มิลลิเมตร ให้ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับจำนวน 2 ตัว

3) ท่อขนาดความกว้างเกิน 1,830 มิลลิเมตร ให้ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับเพิ่มที่ทุก ๆ ระยะ 610 มิลลิเมตร ที่เพิ่มขึ้น

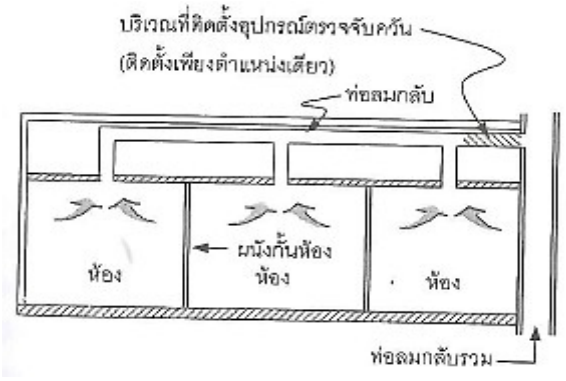


รูปที่ 2.60 ตัวอย่างตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับควันในท่อลม
ที่มา: การออกแบบและติดตั้งระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้

อุปกรณ์ตรวจจับควันที่ใช้ติดตั้งในระบบท่อลมต้องเป็นชนิดที่เหมาะสำหรับใช้ติดตั้งในท่อลมและต้องแยกโซนออกต่างหาก การติดตั้งในระบบท่อลมกลับสำหรับอาคารที่มีระบบส่งลมเย็นใช้งานมากกว่าหนึ่งห้องต้องมีอุปกรณ์ตรวจจับควันเพื่อสุ่มตัวอย่างอากาศอย่างน้อยหนึ่งตัวที่จุดรวมลมกลับสำหรับแต่ละชั้นของอาคาร

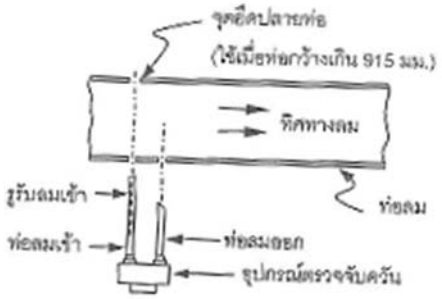


รูปที่ 2.61 บริเวณที่ควรติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับควันในระบบท่อลมกลับ
ที่มา: การออกแบบและติดตั้งระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้

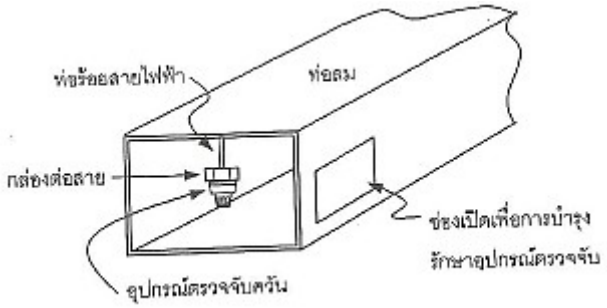


รูปที่ 2.62 บริเวณที่ควรติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับควันในระบบท่อลมกลับ
ที่มา: การออกแบบและติดตั้งระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้

การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับในระบบท่อลมทำได้หลายวิธี การติดตั้งต้องยึดกับท่อให้มั่นคงให้อุปกรณ์ตรวจจับอยู่ในทิศทางที่ลมจะผ่านเข้าช่องรับลมได้สะดวก ตัวอย่างการติดตั้งตามที่แสดงในรูปที่ 2.63 และรูปที่ 2.64



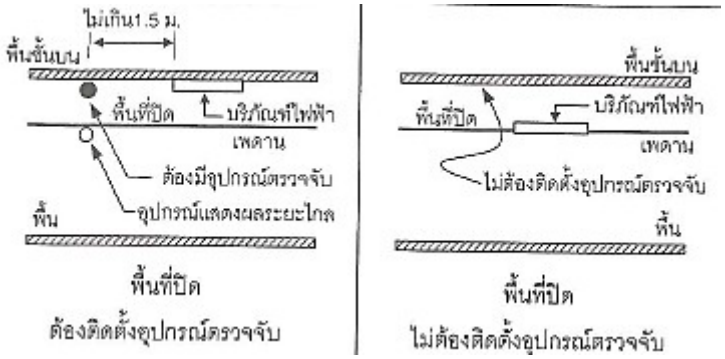
รูปที่ 2.63 การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับควันแบบใช้ท่อลมรับลมในท่อลม
ที่มา: การออกแบบและติดตั้งระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้



รูปที่ 2.64 การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับควันแขวนในท่อลม
ที่มา: การออกแบบและติดตั้งระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้

(2) พื้นที่ปิด เป็นพื้นที่ที่อากาศไม่สามารถระบายสู่ภายนอกได้สะดวกไม่เป็นพื้นที่ที่มีบุคคลอาศัยอยู่ ถ้าเป็นพื้นที่ที่บุคคลไม่สามารถเข้าไปได้จะต้องทำประตูทางเข้าขนาดไม่เล็กกว่า 600x600 มิลลิเมตรให้เข้าไปบำรุงรักษาได้ พื้นที่ปิดต้องมีการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับดังนี้

1) พื้นที่ปิดที่มีหลอดไฟแสงสว่างหรือบริภัณฑ์ไฟฟ้าทั้งชุดติดตั้งอยู่ภายในใช้กับไฟฟ้าขนาดแรงดันไม่ต่ำกว่า 50 โวลต์ การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับต้องติดบนเพดานของพื้นที่ปิดโดยมีระยะห่างตามแนวนอนจากบริภัณฑ์ไฟฟ้านั้นไม่เกิน 1.5 เมตร เครื่องห่อหุ้มของโคมไฟฟ้าที่ไม่ติดไฟซึ่งติดตั้งฝังในฝ้าเพดานไม่ถือเป็นบริภัณฑ์ไฟฟ้าของพื้นที่ปิด การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับในพื้นที่ปิดไม่มีจุดประสงค์ที่จะป้องกันพื้นที่ปิดทั้งหมด แต่มีไว้เพื่อตรวจจับเพลิงไหม้ที่เกิดจากบริภัณฑ์ไฟฟ้าที่ติดตั้งเท่านั้น



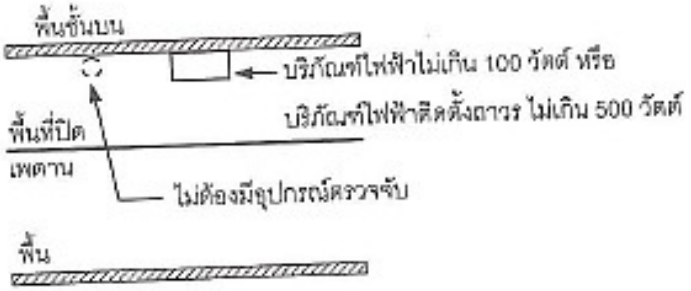
รูปที่ 2.65 การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับในพื้นที่ปิดเมื่อมีบริภัณฑ์ไฟฟ้า
ที่มา: การออกแบบและติดตั้งระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้

การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับในพื้นที่ปิด ต้องติดตั้งอุปกรณ์แสดงผลระยะไกลในตำแหน่งที่มองเห็นได้ชัดเจนและบอกตำแหน่งได้ชัดเจน เพื่อใช้แสดงผลจุดที่เกิดเพลิงไหม้เมื่ออุปกรณ์ตรวจจับทำการตรวจจับได้

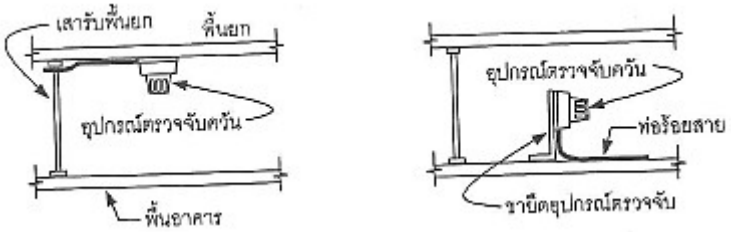
ในบางพื้นที่ไม่ต้องติดตั้งอุปกรณ์แสดงผลระยะไกลก็ได้ถ้าเป็นพื้นที่ปิดที่เข้าถึงได้สะดวกและมีความสูงเกิน 2.0 เมตร หรืออยู่ใต้พื้นที่ซึ่งสามารถเปิดออกได้(เช่นพื้นห้องคอมพิวเตอร์) หรือมีการบอกตำแหน่งของอุปกรณ์ตรวจจับที่แผงควบคุมและแจ้งเหตุเพลิงไหม้ เป็นต้น

สำหรับพื้นที่ปิดที่มีหลอดแสงสว่างพิกัดไม่เกิน 100 วัตต์ หรือบริภัณฑ์ไฟฟ้าที่มีชิ้นส่วนเคลื่อนไหวได้มีพิกัดไม่เกิน 100 วัตต์ หรือบริภัณฑ์ไฟฟ้าชนิดติดตั้งถาวรมีพิกัดไม่เกิน 500 วัตต์ ไม่จำเป็นต้องติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับ

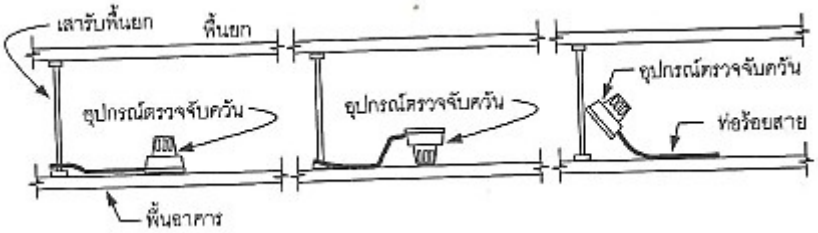
การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับที่ใต้พื้นที่ซึ้งสามารถเปิดออกได้ เช่น ห้องคอมพิวเตอร์ ต้องมีป้ายติดไว้ที่เพดานตรงตำแหน่งเหนืออุปกรณ์ตรวจจับ เพื่อแสดงตำแหน่งของอุปกรณ์ตรวจจับที่อยู่ใต้พื้น



รูปที่ 2.66 พื้นที่ปิดที่ไม่ต้องติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับ
ที่มา: การออกแบบและติดตั้งระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้



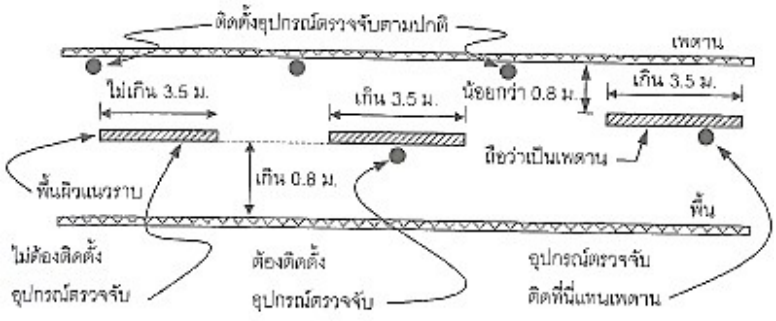
รูปที่ 2.67 การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับควันในพื้นที่ห้องคอมพิวเตอร์ที่ถูกต้อง
ที่มา: การออกแบบและติดตั้งระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้



รูปที่ 2.68 การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับควันในพื้นที่ห้องคอมพิวเตอร์ที่ไม่ถูกต้อง
ที่มา: การออกแบบและติดตั้งระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้

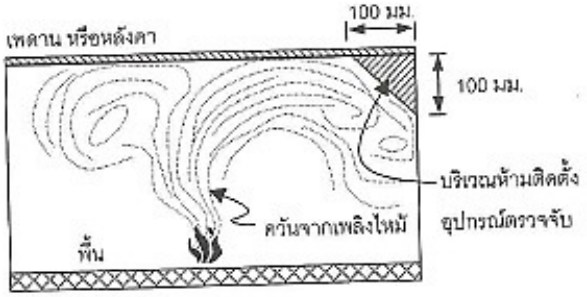
บริเวณที่มีวัสดุหรือสิ่งก่อสร้างลักษณะเป็นพื้นผิวราบติดตั้งอยู่ระหว่างพื้นกับเพดาน เช่น เพดานแขวน ถ้ามีขนาดใหญ่อาจปิดกั้นการไหลของควันหรือเปลวเพลิงได้ ถ้าพื้นที่นี้ต้องมีการติดตั้งอุปกรณ์จำเป็นต้องเลือกตำแหน่งติดตั้งให้เหมาะสม

พื้นผิวราบคั่นกลางหรือเพดานแขวนที่มีความกว้างเกิน 3.5 เมตร และอยู่เหนือระดับพื้นเกิน 0.8 เมตร ต้องติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับใต้พื้นผิวแนวราบนี้ด้วย พื้นที่ส่วนที่เป็นเพดานต้องมีการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับตามปกติ ถ้าระยะห่างจากพื้นที่ด้านล่างของพื้นผิวแนวราบคั่นกลางถึงเพดานน้อยกว่า 0.8 เมตร อาจถือว่าพื้นด้านล่างของพื้นผิวแนวราบคั่นกลางนั้นเป็นเพดานก็ได้ กรณีนี้ให้ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับที่พื้นผิวราบแทนเพดาน



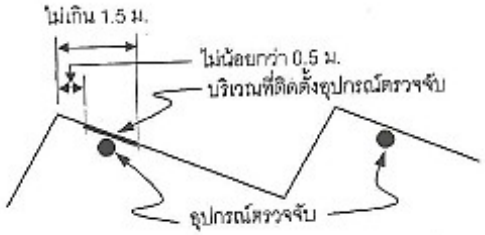
รูปที่ 2.69 การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับที่พื้นผิวแนวราบคั่นกลาง
ที่มา: การออกแบบและติดตั้งระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม

ปกติควันที่เกิดจากไฟไหม้จะลอยขึ้นสู่เพดานกระจายไปตามพื้นฝ้าเพดานแล้วจึงขยายต่ำลงสู่ด้านล่าง บริเวณที่เป็นจุดต่อระหว่างเพดานหรือหลังคากับผนังห้อง ถือเป็นบริเวณอับอากาศที่ควันเข้าไปถึงได้ยาก ในการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับควรหลีกเลี่ยงที่จะติดบริเวณนี้

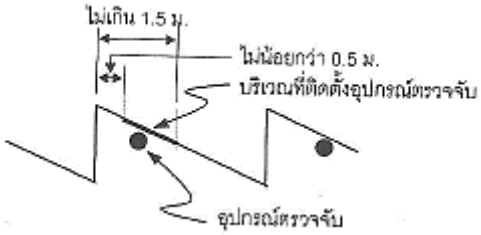


รูปที่ 2.70 ตำแหน่งที่ไม่ควรติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับ
ที่มา: การออกแบบและติดตั้งระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้

(2) หลังคาหรือเพดานทรงจั่วหรือทรงหยัก (พื้นผิวเอียง) สำหรับหลังคาหรือเพดานที่มีโครงสร้างเป็นทรงหยักตำแหน่งแถวติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับต้องอยู่ห่างจากจุดหรือแนวสูงสุดตามแนวนอนระหว่าง 0.5 เมตรถึง 1.5 เมตร ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับไม่เกินที่กำหนดสำหรับแต่ละชนิดของอุปกรณ์ตรวจจับ

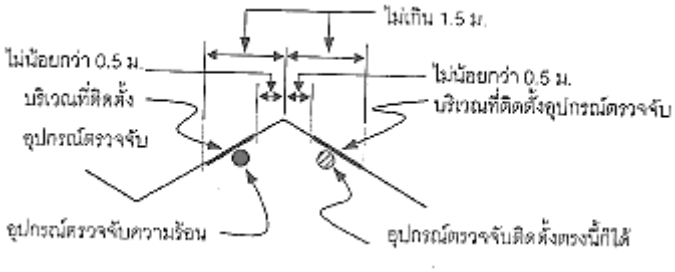


รูปที่ 2.71 ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับสำหรับเพดานทรงหยัก
ที่มา: การออกแบบและติดตั้งระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้



รูปที่ 2.72 ตำแหน่งติดตั้งสำหรับอุปกรณ์ตรวจจับสำหรับเพดานทรงฟันเลื่อย
ที่มา: การออกแบบและติดตั้งระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้

รูปที่ 2.73 ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับควันสำหรับเพดานทรงจั่ว
ที่มา: การออกแบบและติดตั้งระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้



รูปที่ 2.74 ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนสำหรับเพดานทรงจั่ว
ที่มา: การออกแบบและติดตั้งระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้

1) บริเวณประตู ถ้าประตูที่ใช้เป็นชนิดที่สามารถเปิดค้างไว้ได้ (อาจใช้อุปกรณ์ยึดบานประตูด้วยสนามแม่เหล็กไฟฟ้า) ซึ่งแยกพื้นที่ป้องกันออกจากกัน อุปกรณ์ตรวจจับต้องติดตั้งอยู่ทางด้านพื้นที่ป้องกันและห่างจากประตูไม่เกิน 1.5 เมตร และอาจติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับเพิ่มเติมอีกก็ได้เพื่อใช้ควบคุมการปิดประตูอัตโนมัติ

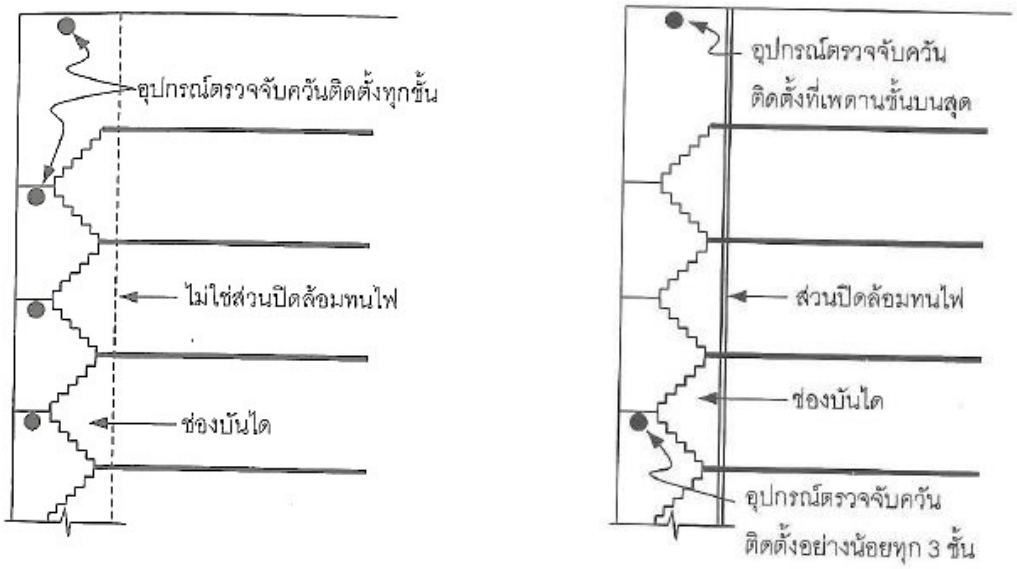
2) ฝ้าเพดานตะแกรง (Open Grid) ในอาคารที่ตกแต่งโดยการทำตะแกรงห้อยจากเพดาน เพดานตะแกรงนี้อาจปิดกั้นการไหลของความร้อนหรือควันได้ ในพื้นที่ที่ต้องติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับปกติต้องติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับที่เพดานตามระยะที่กำหนด กรณีมีการติดตั้งฝ้าเพดานตะแกรงด้วย ถ้าฝ้าเพดานตะแกรงซึ่งมีพื้นที่ผิวเพดานตะแกรงไม่น้อยกว่า 2 ใน 3 เปิดให้อากาศถ่ายเทไหลผ่านได้และมีอุปกรณ์ตรวจจับติดตั้งบนเพดานเหนือฝ้าเพดานตะแกรงแล้ว ถือว่าความร้อนหรือควันสามารถไหลผ่านถึงอุปกรณ์ตรวจจับได้ ดังนั้น ที่ใต้ฝ้าเพดานตะแกรงไม่จำเป็นต้องติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับอีกก็ได้

เมื่อฝ้าเพดานตะแกรงมีส่วนทึบขนาดกว้างมากกว่า 2.0 เมตร และมีพื้นที่มากกว่า 5.0 ตารางเมตร ให้ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับที่ด้านล่างของส่วนทึบของฝ้าเพดานตะแกรงด้วย กรณีที่ใช้อุปกรณ์ตรวจจับเปลวเพลิงและในพื้นที่มีฝ้าเพดานตะแกรงต้องมีอุปกรณ์ตรวจจับด้วย ต้องติดตั้งที่ทั้งด้านเหนือและใต้ฝ้าเพดานตะแกรง ถึงแม้ว่าฝ้าเพดานตะแกรงจะมีพื้นที่ช่องเปิดให้อากาศถ่ายเทได้สะดวกก็ตาม

3) ห้องพักเดี่ยว อาคารประกอบด้วยห้องพักเดี่ยวถ้าแต่ละห้องพักประกอบด้วยหนึ่งห้องหลักและมีห้องน้ำในตัว ผนังห้องพักเป็นวัสดุไม่ติดไฟ เช่นอาคารชุด โรงแรมหรืออพาร์ตเมนท์ หากพื้นที่ของห้องพักรวมห้องน้ำน้อยกว่า 46 ตารางเมตร อาจติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับในห้องหลักเพียงชุดเดียวก็พอ ในห้องน้ำทุกขนาดพื้นที่ไม่จำเป็นต้องมีการป้องกัน ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับควรคำนึงถึงการไหลของอากาศด้วย กรณีที่ต้องการให้มีการป้องกันที่ดีขึ้น อาจติดตั้งเพิ่มเติมได้ตามต้องการ

อุปกรณ์ตรวจจับที่ติดตั้งในแต่ละห้องพักเดี่ยว ควรจัดให้แต่ละห้องแยกเป็นแต่ละโซน กรณีที่แต่ละห้องใช้ชุดโซนตรวจจับตรวจจับร่วมกันต้องติดตั้งอุปกรณ์แสดงผลระยะไกลที่เห็นได้ชัดเจน ติดตั้งบริเวณด้านนอกของทางที่จะเข้าไปยังแต่ละชุดของห้องพักที่จัดเป็นโซนเดียวกันนั้น

4) บันได บันไดทั่วไปที่ไม่กั้นด้วยส่วนปิดล้อมทนไฟ ให้ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับภายในช่องบันไดที่ทุกชั้นของอาคาร (ดูรูปที่ 2.75(ก)) สำหรับบันไดที่กั้นด้วยส่วนปิดล้อมทนไฟ ให้ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับภายในช่องบันไดอย่างน้อยหนึ่งตัวในทุก ๆ 3 ชั้น โดยเริ่มติดตั้งตัวแรกที่เพดานชั้นบนสุด (ดูรูปที่ 2.75(ข))



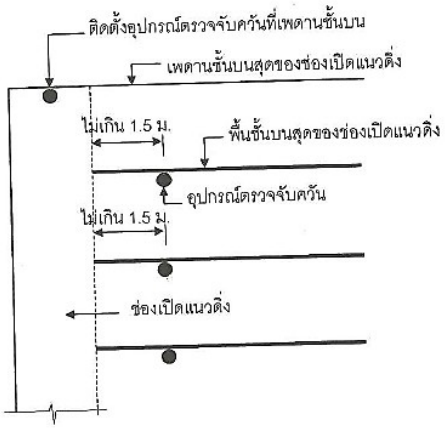
(ก) ช่องบันไดที่ไม่ได้กั้นด้วยส่วนปิดล้อมทนไฟ (ข) ช่องบันไดที่กั้นด้วยส่วนปิดล้อมทนไฟ

รูปที่ 2.75 การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับภายในช่องบันได
ที่มา: การออกแบบและติดตั้งระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้

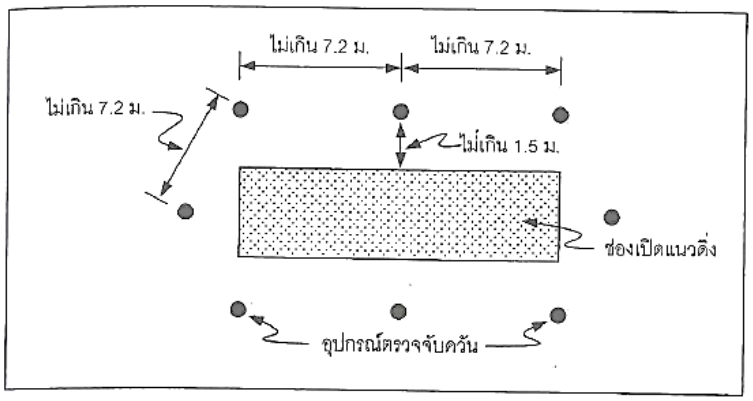
5) ช่องเปิดแนวดิ่ง ช่องเปิดแนวดิ่ง เช่นช่องลิฟต์ ช่องเดินภายไฟฟ้าในแนวดิ่งหรือช่องลักษณะเดียวกันที่ทะลุระหว่างชั้น ซึ่งมีพื้นที่ช่องเปิดมากกว่า 0.1 ตารางเมตร ต้องติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับภายในช่องนั้นที่ด้านบนสุดและเพิ่มเติมอีกดังนี้ (ดูรูปที่ 2.76)

5.1) ที่ช่องเปิดแนวดิ่งทะลุระหว่างชั้นใด ๆ โดยไม่เป็นส่วนปิดล้อมทนไฟ ต้องติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับบนเพดานของแต่ละชั้นที่ทะลุนั้น โดยมีระยะห่างตามแนวระดับจากช่องเปิดไม่เกิน 1.5 เมตร

5.2) เพดานใด ๆ ซึ่งมีพื้นที่เปิดเกิน 9.0 ตารางเมตร และไม่มีการป้องกันเพลิงไหม้ผ่านแต่ละชั้น ต้องมีอุปกรณ์ตรวจจับติดตั้งภายในระยะ 1.5 เมตร จากของช่องเปิด และระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับรอบช่องเปิดต้องไม่เกิน 7.2 เมตร อุปกรณ์ตรวจจับดังกล่าวอาจใช้เป็นชุดเดียวกับอุปกรณ์ที่ใช้ป้องกันทั่วไปของพื้นที่ด้านล่างที่เปิดนั้นก็ได้ และถ้าขอบของช่องเปิดมีระยะห่างจากผนังน้อย กว่า 0.5 เมตร ไม่ต้องมีอุปกรณ์ตรวจจับติดตั้งระหว่างผนังกับส่วนที่เปิด (ดูรูปที่ 2.77)

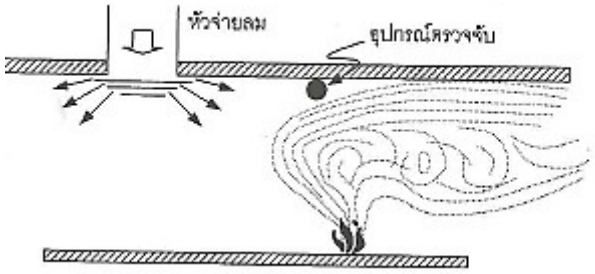


รูปที่ 2.76 การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับสำหรับช่องเปิดแนวดิ่ง
ที่มา: การออกแบบและติดตั้งระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้

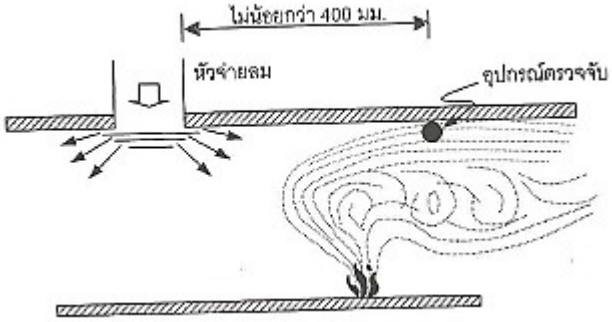


รูปที่ 2.77 การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับรอบช่องเปิดแนวดิ่ง
ที่มา: การออกแบบและติดตั้งระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้

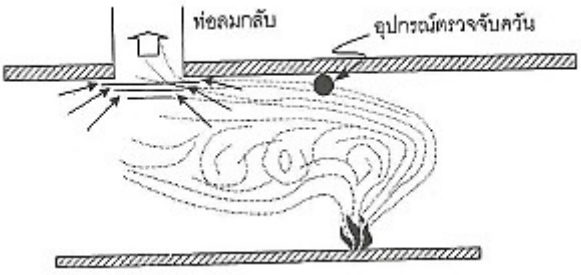
6) ระยะห่างจากหัวจ่ายลม ในห้องที่การติดตั้งระบบปรับอากาศ การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับต้องหลีกเลี่ยงการติดตั้งในตำแหน่งที่ลมอาจเป่าเบี่ยงเบนทิศทางของความร้อนและควันทำให้ความร้อนและควันที่มาถึงอุปกรณ์ตรวจจับเบาบางลงเป็นผลให้ระยะเวลาในการตรวจจับช้าลง การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนและอุปกรณ์ตรวจจับควันต้องติดตั้งห่างจากหัวจ่ายลมไม่น้อยกว่า 400 มิลลิเมตร สำหรับท่อลมกลับไม่มีการกำหนดระยะห่างแต่ไม่ควรอยู่ใกล้จนเกินไปเนื่องจากความเร็วลมอาจทำให้ควันจางลงเป็นผลให้การตรวจจับผิดพลาด



รูปที่ 2.78 อุปกรณ์ตรวจจับติดตั้งใกล้หัวจ่ายลมเกินไป
ที่มา: การออกแบบและติดตั้งระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้



รูปที่ 2.79 อุปกรณ์ตรวจจับติดตั้งตำแหน่งที่เหมาะสม
ที่มา: การออกแบบและติดตั้งระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้



รูปที่ 2.80 การไหลของควันบริเวณท่อลมกลับ
ที่มา: การออกแบบและติดตั้งระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้

2.2.3.5 สถานที่ที่ไม่จำเป็นต้องมีการป้องกัน อาคารที่มีการป้องกันด้วยการติดตั้งระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้และอุปกรณ์ตรวจจับ จะมีสถานที่ดังต่อไปนี้ไม่ต้องติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับ

(1) พื้นที่อับอากาศ หมายถึงพื้นที่ที่ไม่มีการถ่ายเทอากาศแต่อาจมีประตูได้ ในพื้นที่อับอากาศที่ทั้งสองด้านสามารถเปิดเข้าสู่พื้นที่ที่มีการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับหรือติดตั้งระบบเพลิงไหม้

อัตโนมัติแล้ว และไม่มีบริภัณฑ์ไฟฟ้าอยู่ภายในไม่ได้ใช้เก็บสินค้าหรือเป็นทางเข้าไปยังตู้ชั้นวางของและไม่ได้ใช้เป็นห้องซักล้างไม่ต้องติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับ

(2) พื้นที่ปิด หมายถึง พื้นที่ที่ไม่สามารถระบายควันสู่ภายนอกได้สะดวกด้วยวิธีธรรมชาติ พื้นที่ปิดนี้ไม่ต้องติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับ ได้แก่พื้นที่ดังต่อไปนี้

1) พื้นที่ปิดที่สูงน้อยกว่า 80 มิลลิเมตร ไม่มีไฟฟ้าแสงสว่างหรือบริภัณฑ์ไฟฟ้าและไม่ได้ใช้เก็บของเช่นบนเพดาน ใต้พื้นยก

2) พื้นที่ปิดซึ่งไม่มีทางเข้าแยกเป็นส่วนปิดล้อมทนไฟที่มีอัตราการทนไฟอย่างน้อย 60/30/15

อัตราทนไฟ 60/30/15 หมายถึงความแข็งแรงเมื่อเกิดเพลิงของแต่ละส่วนของอาคารได้นานเป็นนาทีคือตัวอาคารทนไฟได้นาน 60 นาที อาคารทนต่อการเกิดรอยแยกได้นาน 30 นาที และมีความเป็นฉนวนความร้อนได้นาน 15 นาที ทดสอบตามที่กำหนดในมาตรฐานการทดสอบ

การทดสอบการเป็นฉนวน ทดสอบจากการวัดอุณหภูมิที่ผิวด้านตรงข้ามกับเปลวไฟ ต้องมีอุณหภูมิเฉลี่ยไม่เกิน 140 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิที่จุดใดจุดหนึ่งไม่เกิน 180 องศาเซลเซียส

3) พื้นที่ปิดซึ่งไม่มีทางเข้าและสูงน้อยกว่า 350 มิลลิเมตร ไม่ว่าโครงสร้างอาคารจะเป็นแบบใดก็ตาม

4) พื้นที่ปิด ที่มีปริมาตรน้อยกว่า 2.8 ลูกบาศก์เมตร ไม่มีไฟฟ้าแสงสว่างและบริภัณฑ์ไฟฟ้าและไม่ได้ใช้เก็บของ

(3) ทางเดินมีหลังคา ได้แก่ เฉลียง ระเบียง ทางเดินเชื่อมที่มีหลังคา และเปิดด้านหลังพื้นที่หลังคาที่เป็นกันสาด และลักษณะเดียวกันสร้างด้วยวัสดุที่ไม่ไหม้ไฟและไม่ได้ใช้สำหรับเก็บสินค้าหรือเป็นที่จอดรถ

(4) พื้นที่ที่ติดตั้งระบบดับเพลิง พื้นที่ป้องกันใด ๆ ที่ต้องมีการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนสามารถใช้ระบบดับเพลิงอัตโนมัติที่ได้รับการรับรองแล้วแทนได้ แต่ถ้าจำเป็นต้องติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับควันหรือเปลวเพลิงจะใช้ระบบดับเพลิงอัตโนมัติแทนไม่ได้ แต่สามารถติดตั้งทั้งสองระบบรวมในสถานที่เดียวกันได้

(5) ห้องน้ำห้องน้ำมีพื้นที่น้อยกว่า 3.5 ตารงเมตร และไม่ได้เปิดไปพื้นที่ป้องกัน

(6) ช่องแสง (Skylight) ช่องแสงที่มีพื้นที่น้อยกว่า 4.0 ตารางเมตร และความสูงช่องแสงไม่เกิน 800 มิลลิเมตร และไม่ได้ใช้สำหรับระบายอากาศ

2.2.4 อุปกรณ์ตรวจจับความร้อน

อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนเป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับตรวจจับวามร้อนของวัตถุที่ถูกไฟไหม้ อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนสามารถตรวจจับการเกิดเพลิงไหม้ที่ให้ความร้อนสูงอย่างรวดเร็วได้และมีควันน้อยได้เร็วกว่าอุปกรณ์ตรวจจับควัน อย่างไรก็ตาม อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนไม่ถือเป็นอุปกรณ์ตรวจจับเพื่อป้องกันชีวิต ในการออกแบบติดตั้งจึงใช้เพื่อป้องกันทรัพย์สินเท่านั้นหรือใช้เพื่อป้องกันเพิ่มเติมจากอุปกรณ์ตรวจจับควันก็ได้ แต่จะใช้แทนอุปกรณ์ตรวจจับควันไม่ได้

2.2.4.1 หลักการทำงาน อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนทำงานจากความร้อนที่ตรวจจับได้ แบ่งลักษณะการตรวจจับ ออกเป็น 2 แบบ คือ แบบอุณหภูมิคงที่ (Fixed Temperature) และแบบอัตราเพิ่มของอุณหภูมิ (Rate- of-Rise) อุปกรณ์ตรวจจับบางตัวจะทำงานได้ทั้งสองหน้าที่

(1) แบบอุณหภูมิคงที่ (Fixed Temperature) เป็นอุปกรณ์ตรวจจับแบบที่ง่ายที่สุดจะทำงานเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นถึงจุดที่ตั้งไว้ มีระดับอุณหภูมิให้เลือกหลายพิกัดตามความต้องการใช้งานที่นิยมทั่วไปจะเริ่มตั้งแต่ 58 องศาเซลเซียส (135 องศาฟาเรนไฮท์) ขึ้นไปอาจแตกต่างกันไปตามแต่ละมาตรฐานการผลิตอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนแบบอุณหภูมิแบบคงที่ แบ่งตามวิธีทำงานได้หลายชนิด ตัวอย่างเช่น

1) ชนิดโลหะคู่ (Bimetallic) ชิ้นส่วนในการตรวจจับความร้อนประกอบด้วยโลหะ 2 ชนิด ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ของการขยายตัวด้วยความร้อนไม่เท่ากันจนประกบติดกัน เมื่อได้รับความร้อนแผ่นโลหะจะขยายตัวไม่เท่ากันจึงงอไปด้านใดด้านหนึ่งและงอกลับเมื่ออุณหภูมิลดลง

2) ชนิดตัวนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity) เป็นอุปกรณ์ตรวจจับชนิดเส้นหรือชนิดจุดก็ได้ มีชิ้นส่วนตรวจจับความร้อนที่เปลี่ยนค่าความต้านทานแปรผันตามความร้อนที่ได้รับ

3) ชนิดโลหะผสมหลอมละลาย (Fusible Alloy) มีชิ้นส่วนในการตรวจจับความร้อนเป็นโลหะพิเศษจะหลอมละลายอย่างรวดเร็วเมื่ออุณหภูมิร้อนถึงอุณหภูมิพิกัด ดังนั้นหลังการตรวจจับความร้อนแล้วจึงไม่สามารถนำกลับมาใช้ได้อีก

4) ชนิดเคเบิลไวความร้อน (Heat-Sensitive Cable) เป็นอุปกรณ์ตรวจจับชนิดเส้นแบ่งออกได้เป็น 2 แบบ แบบแรกประกอบด้วยสายนำกระแสไฟฟ้าจำนวน 2 เส้น คั่นด้วยฉนวนไวต่อความร้อน ซึ่งจะอ่อนตัวที่อุณหภูมิพิกัดและทำให้สายไฟฟ้าทั้งสองเส้นสัมผัสกันทางไฟฟ้า แบบที่สองเป็นแบบสายไฟฟ้าเดี่ยวร้อยในท่อโลหะบรรจุสารพิเศษคั่นไว้ระหว่างช่องว่าง เมื่ออุณหภูมิเพิ่มถึงจุดวิกฤตสารนี้จะเปลี่ยนสภาวะเป็นตัวนำไฟฟ้าทำให้เกิดการสัมผัสกันทางไฟฟ้าระหว่างท่อกับสายไฟฟ้า

5) ชนิดของเหลวขยายตัว (Liquid Expansion) ประกอบด้วยของเหลวที่มีปริมาตรขยายตัวเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น

(2) แบบอัตราเพิ่มของอุณหภูมิ (Rate-of-Rise) อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนแบบอัตราเพิ่มของอุณหภูมิทำงานเมื่อการเพิ่มของอุณหภูมิสูงเกินพิกัดที่กำหนด อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนแบบอัตราเพิ่มแบ่งตามวิธีทำงานได้หลายชนิดเช่น

1) ชนิดการเพิ่มความดันในท่อ (Pneumatic Rate-of-Rise Tubing) เป็นอุปกรณ์ตรวจจับชนิดเส้นประกอบด้วยท่อ (ปกติเป็นท่อทองแดง) ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดเล็ก ใช้ติดตั้งกับฝ้าเพดานหรือบนฝาผนังใกล้เพดานตลอดพื้นที่ที่ต้องการป้องกัน ปลายท่อต่อเข้ากับอุปกรณ์ตรวจจับที่บรรจุไดอะแฟรมและหน้าสัมผัสซึ่งทำงานที่พิกัดความดันที่ตั้งไว้ ปกติระบบจะปิดสนิทยกเว้นช่องปรับแต่งระบายอากาศเพื่อทดแทนการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่สภาวะปกติ

2) ชนิดอัตราเพิ่มความดันลมแบบจุด (Spot-Type Pneumatic Rate-of-Rise) ประกอบด้วยกล่องลมไดอะแฟรม หน้าสัมผัสและรูระบายอากาศบรรจุในกล่องเดียวกัน หลักการทำงานเช่นเดียวกับชนิดอัตราเพิ่มความดันในท่อ

3) ชนิดผลของไฟฟ้าพลังความร้อน (Thermoelectric Effect) ประกอบด้วยส่วนประกอบที่ไวต่อความร้อนชนิดเทอโมคัปเปิลหรือเทอร์โมไพล์ แรงดันไฟฟ้าจะสูงขึ้นตามอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น อุปกรณ์จะมีวงจรตรวจสอบการเพิ่มขึ้นของแรงดันไฟฟ้าและส่งสัญญาณเมื่ออัตราการเพิ่มของแรงดันสูงกว่าปกติ

4) ชนิดอัตราเปลี่ยนแปลงความนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity Rate-of-Change) เป็นอุปกรณ์ชนิดเส้นหรือจุด ประกอบด้วยชิ้นส่วนที่ความต้านทานไฟฟ้าแปรผันตามอุณหภูมิ อัตราการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานถูกตรวจสอบโดยอุปกรณ์ควบคุมและเริ่มส่งสัญญาณเมื่อพบการเพิ่มที่เกินค่าที่ตั้งไว้

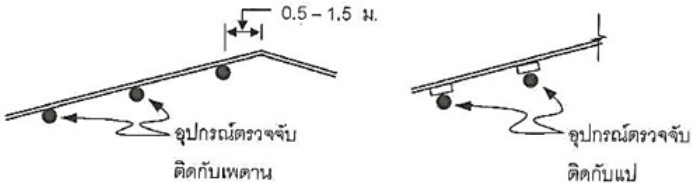
(3) อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนแบบผสม (Combination) อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนแบบผสม เป็นการผสมการทำงานระหว่างแบบอุณหภูมิคงที่และแบบอัตราเพิ่มของอุณหภูมิ เมื่อค่าใดค่าหนึ่งเป็นไปตามที่กำหนดอุปกรณ์จะทำงาน อุปกรณ์ตรวจจับแบบนี้จึงสามารถตรวจจับความร้อนได้ดีกว่าแบบอุณหภูมิคงที่

(4) อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนแบบอัตราทดแทน (Rate Compensation) อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนชนิดนี้จะทำงานเมื่ออุณหภูมิของอากาศโดยรอบสูงถึงจุดที่ตั้งไว้ โดยไม่ขึ้นกับอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ

2.2.4.2 การเลือกใช้อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนแบบต่าง ๆ อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนแบบอัตราเพิ่มของอุณหภูมิ สามารถทำงานตรวจจับเพลิงไหม้ได้เร็วกว่าอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนแบบอุณหภูมิคงที่ เนื่องจากความสารถที่ไวต่ออุณหภูมิที่สูงขึ้นอย่างรวดเร็ว ดังนั้นจึงเหมาะที่จะใช้อุปกรณ์ตรวจจับชนิดนี้กับพื้นที่โดยทั่วไปที่ต้องการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับ

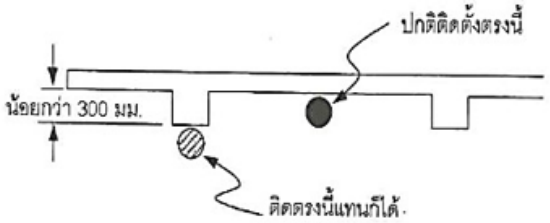
ในกรณีที่สภาพแวดล้อมของอาคารมีการเพิ่มอุณหภูมิอย่างรวดเร็วอยู่เสมอ ไม่เหมาะที่จะใช้อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนแบบอัตราเพิ่มอุณหภูมิควรใช้อุปกรณ์ตรวจจับแบบอุณหภูมิคงที่แทนเพื่อป้องกันหรือลดอัตราการแจ้งสัญญาณผิดพลาด ดังนั้นในการติดตั้งนอกจากจะต้องพิจารณาถึงสถานที่ติดตั้งและความไวในการตรวจจับแล้วจะต้องเลือกชนิดของอุปกรณ์ตรวจจับให้เหมาะสมด้วย

2.2.4.3 การติดตั้งใช้งาน อุปกรณ์ตรวจจับทุกตัวต้องติดตั้งใต้แพดานหรือหลังคา โดยให้ส่วนตรวจจับอยู่ห่างจากเพดานหรือหลังคาระหว่าง 15 มิลลิเมตร ถึง 100 มิลลิเมตร หากเป็นหลังคาที่มีแปที่อาจขวางทางไหลของไอความร้อนไปยังอุปกรณ์ตรวจจับได้ อาจติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับเข้ากับแปโดยที่ส่วนตรวจจับห่างจากหลังคาไม่เกิน 350 มิลลิเมตร



รูปที่ 2.81 การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับใต้เพดาน หลังคาหรือแป
ที่มา: การออกแบบและติดตั้งระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้

ปกติต้องติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับตรงจุดที่สูงที่สุดของเพดาน อย่างไรก็ตามหากเป็นเพดานที่ประกอบไปด้วยคานหรือรอดหรือหยักที่มีความลึกน้อยกว่า 300 มิลลิเมตร อาจติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับที่ใต้คานหรือรอดนั้น ๆ ได้โดยระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ต้องไม่เกินกำหนด



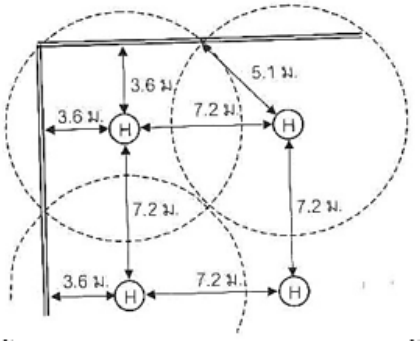
รูปที่ 2.82 การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนใต้คานที่มีความลึกไม่น้อยกว่า 300 มิลลิเมตร
ที่มา: การออกแบบและติดตั้งระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้

อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนที่ติดตั้งใต้เพดานหรือหลังคาซึ่งได้รับความร้อนจากแสงแดดโดยตรงต้องติดตั้งให้ส่วนตรวจจับอยู่ห่างเพดานหรือหลังคาในแนวดิ่งไม่น้อยกว่า 180 มิลลิเมตร แต่ไม่เกิน 350 มิลลิเมตร เพื่อลดการทำงานผิดพลาดจากความร้อนดังกล่าว

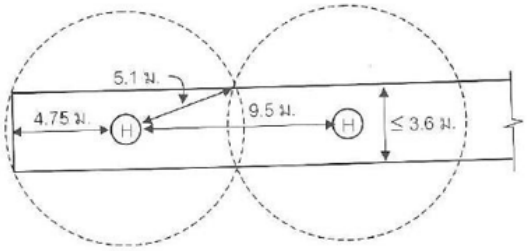
2.2.4.4 ระยะห่างและตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับความร้อน อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนต้องติดตั้งในตำแหน่งที่มีระดับความสูงไม่เกิน 4.0 เมตร และห้ามติดตั้งใช้งานในพื้นที่หรือทางเดินร่วมหนีไฟสำหรับอาคารโรงงานชั้นเดียวที่มีความสูงมากกว่า 4.0 เมตร สามารถเพิ่มความสูงในการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับได้โดยการคำนวณทางวิศวกรรมประกอบแต่ต้องไม่เกิน 6.0 เมตร

พื้นที่หรือทางเดินร่วมหนีไฟ หมายถึงพื้นที่ที่ใช้งานร่วมกันเพื่อใช้เป็นเส้นทางอพยพหนีไฟด้วยเหตุผลที่ว่าอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนทำงานช้ากว่าอุปกรณ์ตรวจจับควันและในมาตรฐานไม่อนุญาตให้ใช้อุปกรณ์ป้องกันชีวิต ทางเดินร่วมหนีไฟถือว่ามีความจำเป็นในการป้องกันชีวิตเพราะเมื่อเกิดเพลิงไหม้ในบริเวณนี้จะปิดกั้นการหนีไฟทั้งหมด ดังนั้นหากเกิดเพลิงไหม้จะต้องสามารถตรวจจับได้อย่างรวดเร็ว

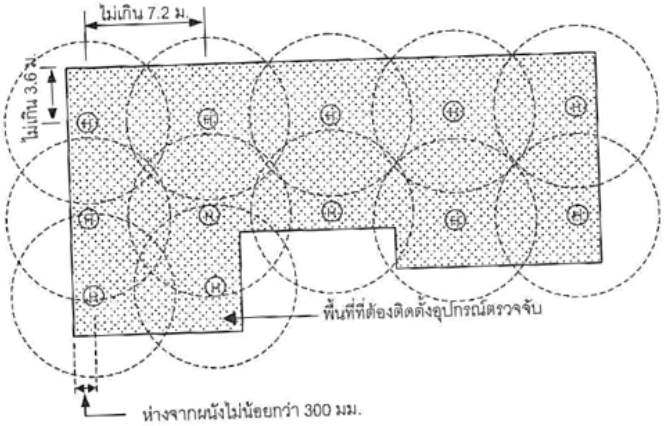
(1) ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับสำหรับเพดานหรือพื้นผิวแนวราบ อุปกรณ์ตรวจจับต้องติดตั้งให้สามารถตรวจจับการเกิดเพลิงไหม้ได้รวดเร็วครอบคลุมพื้นที่ที่ต้องการป้องกัน ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับจึงมีความสำคัญ สำหรับพื้นที่ผิวแนวราบอุปกรณ์ตรวจจับจะมีรัศมีการตรวจจับไม่เกิน 7.2 เมตร สำหรับช่องทางเดินที่มีความกว้างไม่เกิน 3.6 เมตร เมื่อเขียนวงกลมให้ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดจะได้ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับไม่เกิน 9.5 เมตร สำหรับพื้นที่ที่มีรูปร่างเป็นรูปสี่เหลี่ยมใด ๆ จะสามารถกำหนดตำแหน่งติดตั้งได้โดยใช้หลักการเดียวกับข้างต้น



รูปที่ 2.83 ระยะห่างในการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนสำหรับพื้นผิวแนวราบ
ที่มา: การออกแบบและติดตั้งระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้



รูปที่ 2.84 ระยะห่างในการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนสำหรับช่องทางเดิน
ที่มา: การออกแบบและติดตั้งระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้



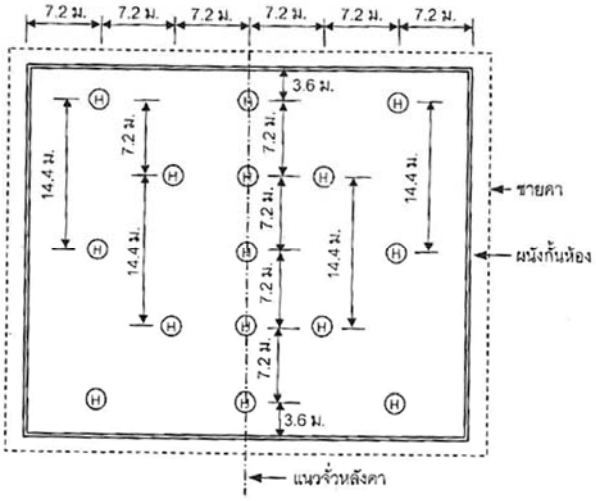
รูปที่ 2.85 ตัวอย่างการกำหนดตำแหน่งติดตั้ง สำหรับพื้นที่รูปสี่เหลี่ยมใด ๆ
ที่มา: การออกแบบและติดตั้งระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้

(2) ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับสำหรับเพดานหรือพื้นผิวอียง เมื่ออุปกรณ์ตรวจจับความร้อนติดตั้งบนเพดานหรือพื้นผิวที่มีลักษณะลาดเอียงที่มีระดับความลาดเอียงตั้งแต่ 1 ต่อ 20 ขึ้นไป (ความลาดเอียง 1 ต่อ 20 หมายถึงพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนระดับ 1 เมตร ทุก ๆ ความยาว 20 เมตร) ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับสามารถเปลี่ยนแปลงได้ การติดตั้งสามารถติดแบบสลับฟันปลาได้ มาตรฐานกำหนดให้ระยะห่างที่วัดในแนวนอนระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนสำหรับพื้นผิวเอียง เป็นดังนี้

1) ระยะห่างตามแนวยาวที่ขนาดไปกับจั่วหลังคา แถวที่บริเวณจั่วหลังคาต้องห่างกันไม่เกิน 2.7 เมตร

2) แถวของอุปกรณ์ตรวจจับที่อยู่ล่างสุด (ใกล้ชายคา) ต้องอยู่ห่างไม่เกิน 7.2 เมตร จากผนังหรือฉากกั้นและจากแถวของอุปกรณ์ตรวจจับที่อยู่ใกล้กัน และต้องมีระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับในแนวเดียวกันไม่เกิน 14.4 เมตร การวัดระยะห่างให้วัดตามแนวระดับห้ามวัดตามแนวเอียงของเพดานหรือหลังคา

3) แถวของอุปกรณ์ตรวจจับที่อยู่ระหว่างแถวบนสุดกับแถวที่อยู่ล่างสุด ต้องมีระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ไม่เกิน 14.4 เมตร และมีระยะห่างระหว่างแถวไม่เกิน 7.2 เมตร

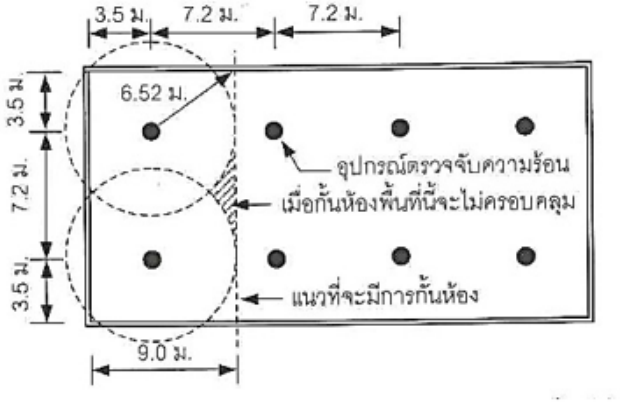


รูปที่ 2.86 ตัวอย่างการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนชนิดจุดสำหรับเพดานหรือพื้นผิวเอียง
ที่มา: การออกแบบและติดตั้งระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้

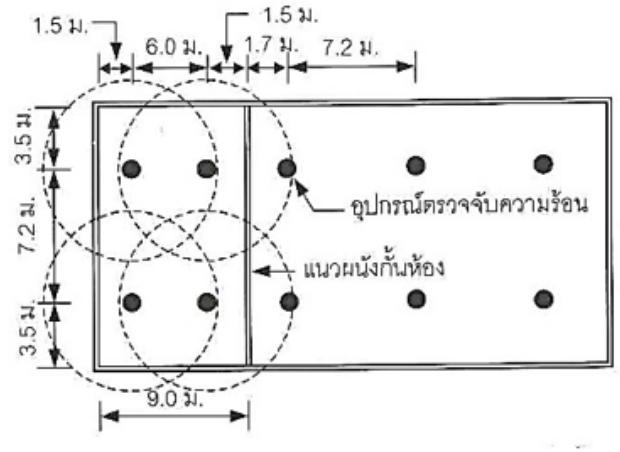
(3) ระยะห่างจากผนัง ควันและความร้อนจากการเกิดเพลิงไหม้จะลอยขึ้นด้านบนและขยายออกด้านข้างเมื่อชนเพดาน ตำแหน่งที่เพดานกับผนังต่อเชื่อมกันจะเป็นตำแหน่งที่อับอากาศอุปกรณ์ตรวจจับจึงต้องติดตั้งให้ห่างจากผนังไม่น้อยกว่า 300 มิลลิเมตร แต่ต้องไม่ห่างจนพ้นระยะตรวจจับของอุปกรณ์ตรวจจับ สำหรับอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนต้องติดตั้งห่างจากผนังไม่เกิน 3.6 เมตร ในบางสถานที่มีการแบ่งกั้นห้องภายหลังที่ก่อสร้างอาคารเสร็จโดยใช้เป็นผนังเบาหรือฉากกั้น สำหรับฉากกั้นที่ติดตั้งไม่ชนเพดานแต่ของบนอยู่ห่างจากเพดานไม่เกิน 300 มิลลิเมตร ให้ถือว่าเป็นผนังห้องระยะห่างอุปกรณ์ตรวจจับจากผนังกั้นต้องไม่เกิน 3.6 เมตร เช่นเดียวกัน

สำหรับช่องทางเดิน ระยะห่างระหว่างผนังปลายทางกับอุปกรณ์ตรวจจับที่ใกล้ที่สุดต้องไม่เกิน 4.75 เมตร

ในพื้นที่ที่มีการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับตามระยะห่างที่กำหนด เมื่อการปรับปรุงการกั้นห้องใหม่อาจจำเป็นต้องติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มจากเดิมเพราะระยะห่างอาจไม่ได้ตามข้อกำหนด จากตัวอย่างการติดตั้งในรูปที่ 2.87 และ 2.88



รูปที่ 2.87 การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนพื้นที่ทั่วไป
ที่มา: การออกแบบและติดตั้งระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้

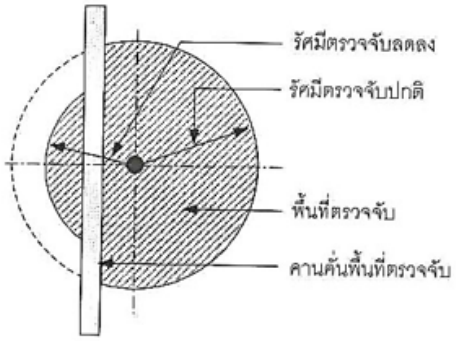


รูปที่ 2.88 การปรับตำแหน่งอุปกรณ์ตรวจจับ เมื่อกั้นห้องใหม่
ที่มา: การออกแบบและติดตั้งระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้

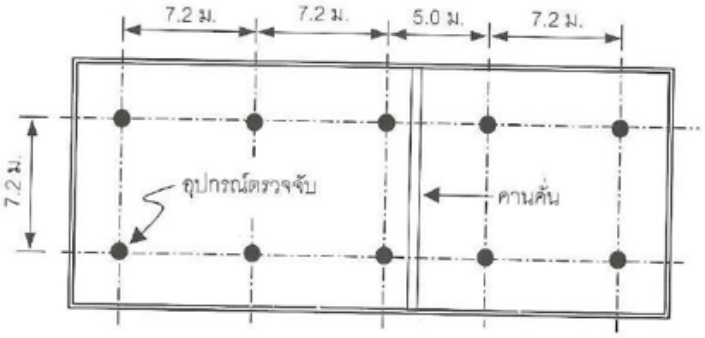
(4) ระยะห่างจากหัวจ่ายลม สำหรับอุปกรณ์ตรวจจับที่ติดตั้งใกล้หัวจ่ายลม ไม่ควรติดตั้งใกล้หัวจ่ายลมจนเกินไปเพราะลมที่เป่าออกมาจะเบี่ยงเบนทิศทางการไหลของความร้อนได้ และยังเป็นผลให้อุณหภูมิของอากาศที่มาถึงอุปกรณ์ตรวจจับลดลงทำให้การตรวจจับช้ากว่าปกติหรือไม่สามารถตรวจจับได้ ระยะห่างจากหัวจ่ายลมต้องไม่น้อยกว่า 400 มิลลิเมตร

(5) การติดตั้งที่ต้องลดระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับ ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนทุกชนิด อาจจำเป็นต้องลดลงเนื่องจากพื้นที่ป้องกันมีโครงสร้างพิเศษเช่น เพดานของพื้นที่ป้องกันถูกคั่นเป็นช่วง ๆ ด้วยคาน ท่อลมระบบปรับอากาศหรือสิ่งอื่นใดที่มีลักษณะเดียวกันโดยยื่นลงมาเกินกว่า 300 มิลลิเมตร ต้องลดระยะห่างระหว่าอุปกรณ์ตรวจจับในแนวตั้งฉากกับแนวคั่นลงร้อยละ 30

ดังนั้น ระยะห่างปกติจากเดิม 7.2 เมตร จะลดลงเหลือ 5.0 เมตร และระยะห่างจากเดิม 9.5 เมตร จะลดลงเหลือ 6.65 เมตร



รูปที่ 2.89 ระยะห่างลดลงเมื่อมีคานหรือท่อลมปรับอากาศคั่น
ที่มา: การออกแบบและติดตั้งระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้



รูปที่ 2.90 ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับลดลงเมื่อมีคานคั่น
ที่มา: การออกแบบและติดตั้งระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้

2.2.4.5 การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับสำหรับโครงสร้างอื่น ในสภาพการติดตั้งใช้งานจริงโครงสร้างหรือรูปแบบอาคารอาจมีรูปร่างแตกต่างกันออกไปด้วยเหตุผลทางสถาปัตยกรรม การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับจะต้องให้สามารถครองคลุมพื้นที่ทั้งหมดตามที่ได้กล่าวมาข้างต้น ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับระหว่างอุปกรณ์กับผนังรวมทั้งความสูงในการติดตั้งจะต้องสอดคล้องกบข้อกำหนดการติดตั้งที่ได้กล่าวไว้

2.2.4.6 อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนชนิดเส้น การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนชนิดเส้นมีกำหนดเหมือนชนิดจุด ความยาวของเส้นอุปกรณ์ตรวจจับต้องสอดคล้องกับข้อกำหนดการแบ่งโซน การติดตั้งต้องหลีกเลี่ยงโอกาสที่จะเกิดความเสียหายทางกายภาพได้ภายหลังการติดตั้งข้อกำหนดเพิ่มเติมที่สำคัญมีดังนี้

(1) ส่วนตรวจจับความร้อนของเส้นวงจรตรวจจับ ห้ามใช้งานมากกว่า 1 โซนตรวจจับ เว้นแต่เป็นชนิดที่สามารถระบุแยกวงจรเริ่มสัญญาณได้

(2) การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับชนิดเส้นในพื้นที่ที่ป้องกัน ต้องติดตั้งให้สามรถมองเห็นเส้นวงจรได้โดยตลอดพื้นที่โดยเส้นวงจรแต่ละเส้นต้องอยู่ห่างกันไม่เกิน 7.2 เมตร และห่างจากผนังห้องหรือผนังกั้นไม่เกิน 3.6 เมตร

สำหรับอาคารทรงจั่ว เส้นวงจรตรวจจับต้องติดตั้งที่หลังคาแต่ละด้านของจั่ว แม้ว่าเส้นวงจรด้านตรงข้ามจะอยู่ห่างน้อยกว่า 7.2 เมตร กรณีอุปกรณ์ตรวจจับชนิดเส้นเป็นแบบหลายเส้นประกอบเข้าด้วยกันให้ถือว่าแต่ละเส้นเป็นอุปกรณ์ตรวจจับชนิดจุด

2.2.5 อุปกรณ์ตรวจจับควัน

อุปกรณ์ตรวจจับควัน เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ตรวจจับอนุภาคของควันโดยอัตโนมัติ จากลักษณะการเกิดไฟไหม้ทั่วไปพบว่าส่วนใหญ่จะเกิดเป็นอนุภาคของควันก่อน ดังนั้น การตรวจจับควันจึงเป็นการตรวจจับที่ถือว่ารวดเร็วที่สามารถตรวจจับการเกิดเพลิงไหม้ได้ในระยะเริ่มต้น

2.2.5.1 หลักการทำงาน การทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับควันทุกชนิด ขึ้นอยู่กับลักษณะของอนุภาคควันที่เกิดจากการเผาไหม้แต่เนื่องจากอุปกรณ์ตรวจจับควันต้องติดตั้งที่ฝ้าเพดานหรือหลังคา ดังนั้น ระยะเวลาที่เริ่มเกิดมีอนุภาคควันจนกระทั่งอุปกรณ์ตรวจจับได้และเริ่มทำงานจึงขึ้นอยู่กับลักษณะการเกิดเพลิงไหม้และตำแหน่งที่ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับควันจะไม่สามารถตรวจจับไอร้อนจากการเผาไหม้ที่หมดจดและไม่มีควันได้ ในการใช้งานจึงต้องพิจารณาอุปกรณ์ตรวจจับชนิดอื่น เช่นอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนหรืออุปกรณ์ตรวจจับเปลวเพลิงประกอบด้วย

2.2.5.2 ชนิดของอุปกรณ์ตรวจจับควัน อุปกรณ์ตรวจจับควัน แบ่งตามการตรวจจับควันออกเป็น 2 ชนิดคือ ไอโอไนเซชัน (Ionization type) และชนิดโฟโตอิเล็กตริก (Photoelectric type)

(1) ชนิดไอโอไนเซชัน เป็นอุปกรณ์ตรวจจับควันประกอบด้วยกล่องที่ภายในมีแผ่นโลหะที่มีขั้วไฟฟ้าต่างกันและมีสารกัมมันตภาพรังสี (Radioactive) ซึ่งจะทำหน้าที่กระตุ้นให้อากาศภายในกล่อง (Chamber) เกิดการแตกตัวไอออนของอากาศในกล่องจะทำหน้าที่เป็นตัวนำไฟฟ้าให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้ระหว่างสองขั้ว เมื่อมีควันเข้าไปในกล่องค่าความนำไฟฟ้าของอากาศจะลดลงกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านจะลดลงด้วย เมื่อกระแสลดลงถึงค่าที่ตั้งไว้ก็คือการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับนั่นเองแผงควบคุมจะสามารถตรวจจับค่านี้ได้และทำงานตามที่ได้ออกแบบไว้ต่อไป อุปกรณ์ตรวจจับชนิดนี้ส่วนใหญ่เป็นอุปกรณ์ตรวจจับชนิดจุด

อุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดไอโอไนเซชัน จะสามารถตรวจจับควันที่ประกอบด้วยอนุภาคขนาดเล็กจากไฟที่เกิดจากการเผาไหม้ที่หมดจดที่มีขนาดเล็กกว่า 1 ไมโครอนได้อย่างรวดเร็ว แต่อาจตรวจจับควันที่ประกอบไปด้วยอนุภาคใหญ่ที่เกิดจากการลุกไหม้ของวัตถุที่คุตัวก่อนลุกไหม้ได้ช้า ซึ่งอุปกรณ์ตรวจจับชนิดโฟโตอิเล็กตริกจะสามารถตรวจจับควันที่หนาทึบได้ดีกว่า

การเปลี่ยนแปลงความชื้นและความกดดันของอากาศจะมีผลต่อปริมาณกระแสไหลผ่านคล้ายกับการมีอนุภาคควันเข้าไปในส่วนตรวจจับเป็นผลให้การตรวจจับผิดพลาดปัจจุบันจึงมีการพัฒนาเป็นแบบกล่องคู่อุปกรณ์ตรวจจับแบบกล่องคู่ (Dual Chamber) ประกอบด้วยกล่องสองกล่อง กล่องหนึ่งเป็นกล่องที่ทำหน้าที่ตรวจวัดอากาศจากภายนอกและอีกล่องหนึ่งเป็นกล่องอ้างอิงที่มีช่องเปิดให้อากาศภายนอกเข้าได้เพียงเล็กน้อย กล่องอ้างอิงนี้จะมีช่องเล็ก ๆ ที่ป้องกันไม่ให้อนุภาคที่มีขนาดใหญ่เช่น ควันเข้าไปได้ อุปกรณ์จะทำการวัดเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างทั้งสองกล่อง ถ้าความชื้นหรือความกดดันอากาศเปลี่ยนกล่องทั้งสองจะมีการเปลี่ยนแปลงเหมือนกัน การตรวจจะไม่เห็นถึงความแตกต่างเมื่อมีอนุภาคควัน อนุภาคนี้จะเข้าไปในกล่องตรวจวัดแต่จะไม่เข้าไปในกล่องอ้างอิง ค่าความนำไฟฟ้าในกล่องตรวจวัดจะเปลี่ยนไป อุปกรณ์ตรวจจับจะมีอุปกรณ์ที่สามารถตรวจสอบความแตกต่างนี้ได้ เมื่อถึงค่าที่ตั้งไว้อุปกรณ์ก็จะทำงาน

ถึงแม้ว่าอุปกรณ์ตรวจจับควันแบบกล่องคู่นี้จะไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นและความกดดันอากาศ แต่ก็ยังมีปัญหาที่จะให้การตรวจวัดผิดพลาดได้เช่น ฝุ่นละออง หยดน้ำจากการกลั่นตัวของไอน้ำในอากาศกะแสลมและแม้แต่แมลงขนาดเล็กที่เข้าไปในกล่องตรวจวัดยิ่งปรับตั้งให้อุปกรณ์มีความไวมากเท่าไหร่การตรวจจับก็มีโอกาสผิดพลาดมากขึ้นเท่านั้น

(2) ชนิดโฟโตอิเล็กตริก สมารถตรวจจับควันที่หนาทึบได้ดี มีหลักการทำงานสองแบบคือแบบควันบังคับแสงและแบบควันหักเหแสง

1) แบบควันบังแสง (Light Obscuration) ลักษณะการทำงานจะมีแหล่งกำเนิดแสงและตัวรับแสง ปกติปริมาณแสงที่ตัวรับแสงได้รับจะมีค่าที่นอนอยู่ค่าหนึ่ง เมื่อมีควันเข้าไปในกล่องแสงที่ส่องไปกระทบตัวรับแสงจะถูกบังด้วยอนุภาคของควัน เมื่อถึงค่าที่ตั้งไว้อุปกรณ์ตรวจจับจะตรวจได้และทำงานโดยปกติสีของควันจะไม่มีผลต่อการทำงานของอุปกรณ์ อุปกรณ์ตรวจจับแบบนี้ที่ใช้ทั่วไปจะเป็นแบบลำแสง (Beam Smoke Detector) ทำงานโดยที่แหล่งกำเนิดแสงจะส่องแสงผ่านพื้นที่ที่ต้องการป้องกันตรงไปที่ตัวรับแสงที่ติดตั้งห่างออกไป ส่วนประกอบจะมีตัวฉายแสงและตัวรับแสงแยกเป็นคนละตัวกัน

2) แบบควันหักแหแสง (Light Scattering) ปกติจะเป็นอุปกรณ์ตรวจจับชนิดจุด หลักการทำงานจะมีแหล่งกำเนิดแสงและตัวรับแสงเช่นเดียวกับแบบควันบังแสง ในสภาพปกติแสงไม่ส่องไปที่ตัวรับแสงโดยตรง เมื่อมีควันเข้าไปในกล่องอนุภาคของควันนี้จะไปบังแสงและหักเหแสง แสงบางส่วนจะไปกระทบกับตัวรับแสง เมื่อปริมาณควันมากขึ้นปริมาณแสงที่ไปกระทบตัวรับแสงจะมากขึ้นด้วยจนถึงค่าที่ตั้งไว้จะทำให้อุปกรณ์ตรวจจับทำงานและแจ้งผลไปที่แผงควบคุม อุปกรณ์ตรวจจับแบบนี้จะทำงานได้ดีกับควันที่มีอนุภาคใหญ่กว่า 1 ไมครอน เป็นควันที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่ามักเกิดขึ้นเมื่อกรสันดาปไม่สมบูรณ์เช่นที่อับอากาศและจะตอบสนองกับควันสีดำได้น้อยกว่าควันสีขาวเนื่องจากควันสีขาวสะท้อนแสงได้ดีกว่า

3) แบบกล่องหมอกควัน (Cloud Chamber) เป็นอุปกรณ์ตรวจจับชนิดโฟโตอิเล็กตริกทำงานโดยการสุ่มตัวอย่างอากาศ โดยการดูดอากาศจากพื้นที่ที่ต้องการป้องกันเข้าไปในกล่องที่มีความชื้นสูงที่อยู่ในตัวอุปกรณ์ตรวจจับ เมื่ออากาศถูกดูดอากาศเข้าไปในกล่องที่มีความชื้นสูงความกดดันอากาศภายในกล่องจะถูกทำให้ลดลงอย่างช้า ๆ ถ้าอากาศที่ถูกดูดเข้าไปมีอนุภาคควันปนอยู่ด้วยก็จะกลั่นตัวกลายเป็นหมอกถ้าความหนาแน่นของหมอกสูงถึงค่าที่กำหนดอุปกรณ์ตรวจจับก็จะทำงาน

2.2.5.3 การติดตั้งใช้งาน ตำแหน่งอุปกรณ์ตรวจจับควันต้องติดตั้งในที่ซึ่งสามารถตรวจจับเพลิงไหม้ได้ง่าย อุปกรณ์จะมีปฏิกิริยาตอบสนองหรือทำงานเมื่อควันที่เกิดจากจุดต้นเพลิงลอยมากระทบและเข้าไปยังส่วนตรวจจับของอุปกรณ์ตรวจจับ ในการกำหนดตำแหน่งของอุปกรณ์ตรวจจับในแต่ละพื้นที่จึงมีความสำคัญมาก ในการออกแบบติดตั้งจึงควรวิเคราะห์ตำแหน่งที่มีโอกาสเกิดเป็นจุดต้นเพลิงและวัสดุที่เป็นเชื้อเพลิงได้มากที่สุดและวิเคราะห์ทิศทางที่ควันจะกระจายออกจากจุดต้นเพลิง การเบี่ยงเบนทิศทางของควันจากทิศทางลม การระบาอากาศ สภาพผิวเพดาน รูปร่าง ความสูงหรือจากโครงสร้าง ถ้าเป็นไปได้ควรทำการทดสอบที่สถานที่ติดตั้งจริงประกอบเพื่อให้ได้ตำแหน่งที่เหมาะสมที่สุด ระยะห่างที่กำหนดนี้จึงเป็นระยะห่างที่มากที่สุดเท่านั้น ในการติดตั้งจริงระยะห่างอาจลดลงได้ตามความจำเป็นโดยอาศัยผลการทดสอบเป็นหลัก

2.2.5.4 ความสูงในการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับควัน

(1) ความสูงในการติดตั้ง อากาศร้อนจากเพลิงไหม้จะถูกส่งขึ้นไปตามแนวดิ่งและจะหยุดลงเมื่ออุณหภูมิของควันเท่ากับอุณหภูมิของอากาศโดยรอบ ดังนั้นในพื้นที่ซึ่งมีอาคารสูงจึงมีความจำเป็นในการส่งผ่านควันไปให้ถึงอุปกรณ์ตรวจจับจึงต้องติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับควันในระดับที่ต่ำกว่าในส่วนที่มีอากาศอุ่นที่บริเวณระดับหลังคา

1) อุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดจุด ต้องติดตั้งในระดับความสูงไม่เกิน 10.5 เมตร อุปกรณ์ตรวจจับชนิดจุดที่ติดตั้งที่ฝ้าเพดาน เมื่อติดตั้งแล้วควรห่างจากเพดานหรือหลังคาลงมาระหว่าง 25 มิลลิเมตร ถึง 270 มิลลิเมตร

2) อุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดลำแสง ต้องติดตั้งในระดับความสูงไม่เกิน 25.0 เมตร ถ้าฝ้าเพดานหรือหลังคามีความสูงเกิน 25.0 เมตร ให้ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดลำแสงหลายระดับ อุปกรณ์ตรวจจับต้องติดตั้งห่างจากฝ้าเพดานหรือหลังคาระหว่าง 300 มิลลิเมตร ถึง 750 มิลลิเมตร และอาจติดตั้งเพิ่มเติมที่ระดับต่ำกว่าก็ได้

ในสถานที่ซึ่งมีอุณหภูมิสูงใกล้ฝ้าเพดานหรือหลังคา อาจจำเป็นต้องย้ายตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับให้ต่ำลงเพื่อให้การตรวจจับได้ผลแน่นอนกว่าความสูงต่ำสุด ในการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับอาจเปลี่ยนแปลงให้เหมาะสมกับการทดสอบการใช้งานของแต่ละอุปกรณ์ตรวจจับ (การทดสอบจะใช้วิธี Smoke Test) ซึ่งจำเป็นสำหรับการการติดตั้งที่กำหนดเป็นระยะสูงสุดที่มาตรฐานยอมให้ทำได้ในกรณีที่ต้องการความไวในการตรวจจับสูงขึ้นอาจลดระยะห่างในการติดตั้งลงได้โดยใช้ความรู้ทางวิศวกรรม

ประกอบ ในการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับชนิดลำแสงตัวรับลำแสงต้องระวังไม่ให้ถูกกับแสงแดดโดยตรงหรือแสงจ้ามาก ๆ เพราะจะทำให้อุปกรณ์ทำงานผิดพลาดได้ ระยะห่างจากเพดานหรือหลังคาสำหรับอุปกรณ์ตรวจจับควันเป็นไปตามตารางที่ 2.10

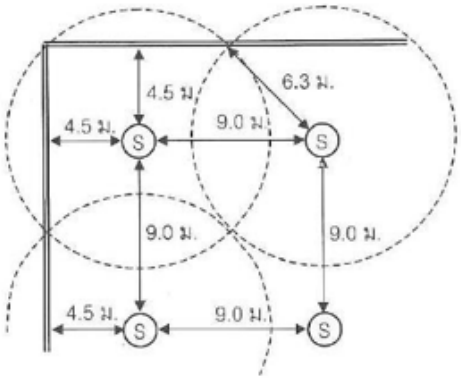
ตารางที่ 2.10 ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับควัน

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	-

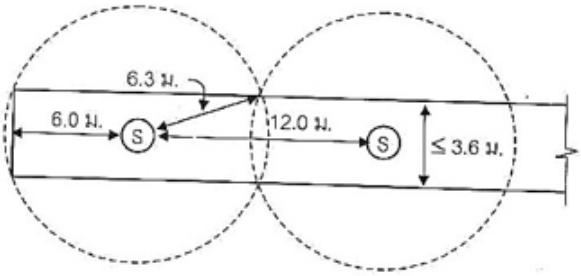
2.2.5.5 ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดจุด

(1) สำหรับเพดานหรือพื้นผิวแนวราบ อุปกรณ์ตรวจจับต้องติดตั้งให้สามารถตรวจจับการเกิดเพลิงไหม้ได้ทั่วพื้นที่ที่ต้องการป้องกัน มาตรฐานระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้กำหนดให้มีรัศมีการตรวจจับของอุปกรณ์สำหรับพื้นผิวแนวราบนับจากตัวอุปกรณ์ตรวจจับควันไม่เกิน 6.3 เมตร ซึ่งเมื่อเขียนพื้นที่วงกลมให้ครอบคลุมทั่วทั้งพื้นที่สำหรับห้องรูปสี่เหลี่ยมจะได้ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับเท่ากับ 9.0 เมตร ดังนั้นระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับจึงกำหนดไว้ไม่เกิน 9.0 เมตร และระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับกับผนังห้องไม่เกิน 4.5 เมตร สำหรับรูปสี่เหลี่ยมอื่น ๆ ระยะห่างในการติดตั้งอาจเปลี่ยนไปเช่นเดียวกับอุปกรณ์ตรวจจับความร้อน ข้อสำคัญคือทั่วทั้งพื้นที่ต้องอยู่ในรัศมีตรวจจับของอุปกรณ์ตรวจจับตัวใดตัวหนึ่ง

บริเวณช่องทางเดินที่มีความกว้างไม่เกิน 3.6 เมตร จะได้ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับไม่เกิน 12.0 เมตร และระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับกับผนังปลายทางเดินไม่เกิน 6.0 เมตร



รูปที่ 2.91 การหาระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดจุด สำหรับพื้นที่ทั่วไป
ที่มา: การออกแบบและติดตั้งระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้



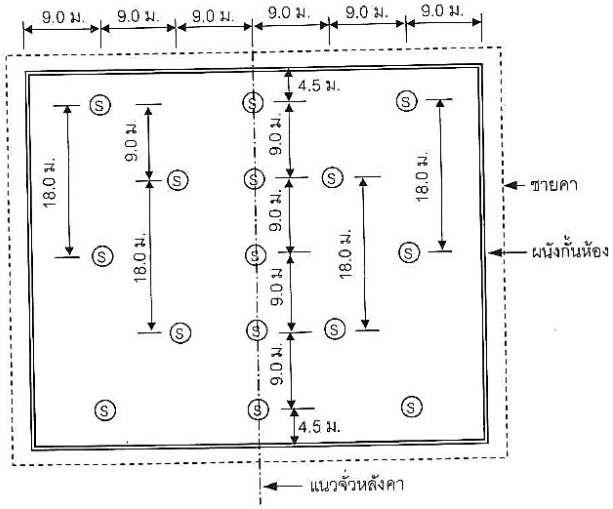
รูปที่ 2.92 การหาระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับควันสำหรับช่องทางเดินกว้างไม่เกิน 3.6 เมตร
ที่มา: การออกแบบและติดตั้งระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้

(2) สำหรับเพดานหรือพื้นผิวเอียง พื้นผิวเอียงคือพื้นผิวที่มีความลาดเอียงตั้งแต่ 1 ต่อ 20 ขึ้นไป พื้นผิวเอียงจะเป็นผลให้การไหลของควันเปลี่ยนไปจากสภาพปกติ การกำหนดระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับจะเปลี่ยนไป มาตรฐานกำหนดให้ระยะห่างที่วัดในแนวนอนระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับควันสำหรับพื้นผิวเอียงตามแนวยาวต้องเป็นดังนี้

1) ระยะห่างตามแนวยาวที่ขนานไปกับจั่วหลังคา แถวที่บริเวณจั่วหลังคา ต้องห่างกันไม่เกิน 9.0 เมตร

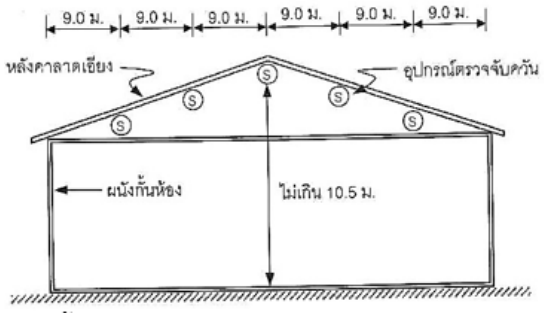
2) แถวของอุปกรณ์ตรวจจับที่อยู่ล่างสุด (ใกล้ชายคา) ต้องอยู่ห่างไม่เกิน 9.0 เมตร จากผนังหรือฉากกั้นและจากแถวของอุปกรณ์ตรวจจับที่อยู่ใกล้กันและต้องมีระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับในแนวเดียวกันไม่เกิน 18.0 เมตร

3) แถวของอุปกรณ์ตรวจจับที่อยู่ระหว่างแถวบนสุดกับแถวที่อยู่ล่างสุด ต้องมีระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ไม่เกิน 18.0 เมตร และมีระยะห่างระหว่างแถวไม่เกิน 9.0 เมตร



รูปที่ 2.93 การติดตั้งและระยะห่างของอุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดจุดสำหรับพื้นผิวเอียง
ที่มา: การออกแบบและติดตั้งระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้

ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับสำหรับพื้นผิวเอียงนี้จะมากกว่าพื้นผิวแนวราบซึ่งสอดคล้องตามข้อกำหนดมาตรฐาน ระยะห่างที่กำหนดนี้เป็นระยะห่างมากสุดที่ยอมให้ทำได้ในการติดตั้ง อาจใช้ระยะห่างตามพื้นผิวราบก็ได้ซึ่งจะได้ความสามารถในการป้องกันดีกว่า



รูปที่ 2.94 ความสูงในการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดจุด
ที่มา: การออกแบบและติดตั้งระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้

(3) ระยะห่างจากผนัง ควันและความร้อนจากการเกิดเพลิงไหม้จะลอยขึ้นด้านบนและขยายออกด้านข้างเมื่อชนเพดานตำแหน่งที่เพดานกับผนังต่อเชื่อมกันจะเป็นตำแหน่งที่อับอากาศอุปกรณ์ตรวจจับจึงต้องติดตั้งให้ห่างจากผนังไปไม่น้อยกว่า 300 มิลลิเมตร แต่ต้องไม่ห่างจนพ้นระยะตรวจจับของอุปกรณ์ตรวจจับ สำหรับอุปกรณ์ตรวจจับควันต้องติดตั้งห่างจากผนังไม่เกิน 4.5 เมตรบางสถานที่มีการ

แบ่งกั้นห้องภายหลังที่ก่อสร้างอาคารเสร็จโดยใช้เป็นผนังเบาหรือฉากกั้นสำหรับฉากกั้นที่ติดตั้งไม่ชนเพดานแต่ขอบบนอยู่ห่างจากเพดานไม่เกิน 300 มิลลิเมตร ให้ถือว่าเป็นผนังห้องระยะห่างของอุปกรณ์ตรวจจับจากผนังกั้นต้องไม่เกิน 4.5 เช่นเดียวกัน

สำหรับช่องทางเดิน ระยะห่างระหว่างผนังปลายทางกับอุปกรณ์ตรวจจับที่ใกล้ที่สุดต้องไม่เกิน 6.0 เมตร

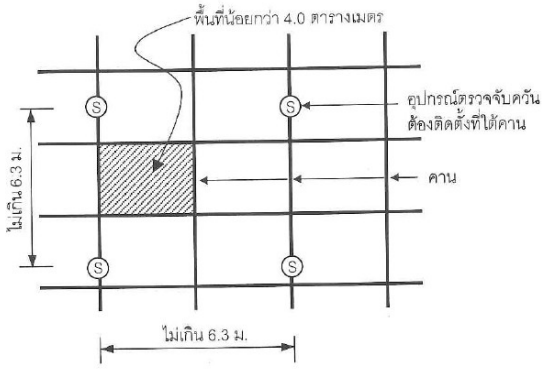
(4) ระยะห่างจากหัวจ่ายลมในห้องที่มีการติดตั้งระบบปรับอากาศ การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับต้องหลีกเลี่ยงการติดตั้งในตำแหน่งที่ลมอาจเป่าเบี่ยงเบนทิศทางของควันทำให้ควันมาถึงอุปกรณ์ตรวจจับเบาบางลงเป็นผลให้ความไวในการตรวจจับลดลงหรือทำให้อุปกรณ์ตรวจจับสกปรกและเกิดการแจ้งเหตุผิดพลาดได้ง่าย การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับจึงต้องติดตั้งห่างจากหัวจ่ายลมไม่น้อยกว่า 400 เมตร

(5) ระยะห่างในพื้นที่ที่มีอัตราการระบายอากาศสูง พื้นที่ที่มีอัตราการระบายอากาศสูง คือ ห้องที่มีปริมาตรอากาศระบายออกภายนอกหมดเป็นจำนวนมากกว่า 15 เท่า ของปริมาตรห้องในเวลา 1 ชั่วโมง หมายถึงอากาศทั้งหมดภายในห้องสามารถระบายออกได้หมดภายในเวลาน้อยกว่า 4 นาที แต่ในความเป็นจริงเมื่ออากาสระบายออกภายนอกก็จะมีอากาศจากภายนอกไหลเข้าแทนที่ ดังนั้น เมื่อเกิดเพลิงไหม้ควันจะระบายออกภายนอกได้อย่างรวดเร็วทำให้ควันเจือจางและการตรวจจับของอุปกรณ์ตรวจจับช้าลง ในการติดตั้งต้องลดระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ลงเหลือไม่เกิน 6.3 เมตร และระยะห่างจากกำแพงหรือผนังกั้นห้องไม่เกิน 3.15 เมตร หรือระยะอาจลดลงอีกตามความจำเป็นในพื้นที่ที่มีความเร็วลมมากกว่า 3.0 เมตรต่อวินาที จำเป็นต้องพิจารณาโดยใช้หลักการทางวิศวกรรมเป็นพิเศษ

(6) ระยะห่างในพื้นที่ที่มีสิ่งกีดขวางการไหลของควัน ในที่ซึ่งหลังคาหรือพื้นผิวแนวราบถูกแบ่งแยกโดยโครงสร้างซึ่งมีผลทำให้การไหลของควันเปลี่ยนไป ตำแหน่งและระยะห่างของอุปกรณ์ตรวจจับจะต้องเปลี่ยนไปเพื่อให้มั่นใจได้ว่าการตรวจจับทำได้ก่อนที่ควันจะเปลี่ยนทิศทางการไหลดังต่อไปนี้

1) พื้นที่ที่มีเพดานสูงเกิน 2.0 เมตร แต่ไม่เกิน 4.0 เมตร ที่เพดานมีคานยื่นลงมาเกิน 300 มิลลิเมตร การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับดูจากพื้นที่ที่อยู่ระหว่างคาน ดังนี้

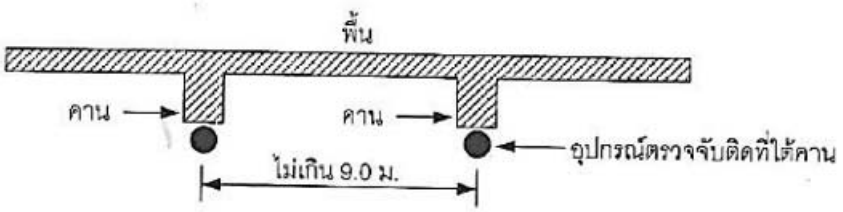
1.1) พื้นที่ระหว่างคานน้อยกว่า 4.0 ตารางเมตร ให้ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับที่ใต้คานระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับชนิดจุดไม่เกิน 6.3 เมตร และห่างจากผนังหรือกำแพงไม่เกิน 3.15 เมตร



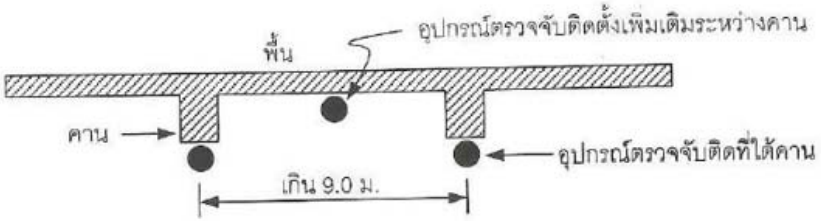
รูปที่ 2.95 เพดานสูงระหว่าง 2.0-4.0 เมตร พื้นที่ระหว่างคาน 4.0 ตารางเมตร ขึ้นไป
ที่มา: การออกแบบและติดตั้งระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้

1.2) พื้นที่ระหว่างคานตั้งแต่ 4.0 ตารางเมตรขึ้นไป ให้ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับอย่างน้อย 1 ตัวที่ทุกพื้นที่ที่อยู่ระหว่างคานคือติดตั้งเพดานโดยตรงนั่นเอง ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับชนิดจุดเป็นไปตามปกติคือ พื้นที่ทั่วไประยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับไม่เกิน 9.0 เมตร และห่างจากผนังกำแพงไม่เกิน 4.5 เมตร กรณีที่เป็นช่องทางเดินระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ไม่เกิน 12.0 เมตร และห่างจากผนังปลายทางเดินไม่เกิน 6.0 เมตร

2) พื้นที่ที่มีเพดานสูงเกิน 4.0 เมตร มีคานยื่นลงมาเกิน 100 มิลลิเมตร อุปกรณ์ตรวจจับตัวที่อยู่ใกล้กับคานต้องติดตั้งที่ใต้คาน ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับเป็นไปตามปกติคือ พื้นที่ทั่วไประยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับไม่เกิน 9.0 เมตร และห่างจากผนังหรือกำแพงไม่เกิน 4.5 เมตร กรณีที่เป็นช่องทางเดินระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ไม่เกิน 12.0 เมตร และห่างจากผนังปลายทางเดินไม่เกิน 6.0 เมตร ตามตัวอย่างในรูปที่ 2.96 และ 2.97



รูปที่ 2.96 การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับที่ใต้คานสำหรับเพดานสูงเกิน 4.0 เมตร
ที่มา: การออกแบบและติดตั้งระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้



รูปที่ 2.97 ระยะห่างระหว่างคานเกิน 9.0 เมตร ต้องติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับเพิ่มเติมที่เพดาน
ที่มา: การออกแบบและติดตั้งระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้

2.2.6 อุปกรณ์แจ้งเหตุเพลิงไหม้

เมื่อเกิดเหตุเพลิงไหม้และอุปกรณ์ตรวจจับสามารถตรวจจับได้แล้ว อุปกรณ์แจ้งเหตุจะทำหน้าที่ส่งสัญญาณเตือนภัยให้ผู้อาศัยในอาคารทราบเหตุ การแจ้งเหตุอาจแจ้งโดยอัตโนมัติหรือควบคุมโดยบุคคลขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ของการออกแบบ แต่สิ่งสำคัญคือการแจ้งเหตุต้องให้ผู้อาศัยในอาคารทราบอย่างทั่วถึงสามารถแจ้งเหตุได้รวดเร็วเพื่อให้ผู้อาศัยมีเวลาในการดับเพลิงการขนย้ายเอกสารหรือสิ่งของสำคัญหรือมีเวลาพอสำหรับการอพยพหนีไฟ การแจ้งเหตุทำได้หลายวิธีหลายขั้นตอนที่อาจแตกต่างกัน ในแต่ละสถานที่ที่สำคัญคือผู้อาศัยต้องเตรียมแผนการหนีไฟไว้ให้พร้อมในสถานที่ที่มีบุคคลจำนวนมากจะต้องมีการฝึกซ้อมตามระยะเวลาที่เหมาะสม

อุปกรณ์แจ้งเหตุเพลิงไหม้แบ่งออกเป็น 2 ชนิดใหญ่ๆ คืออุปกรณ์แจ้งเหตุด้วยเสียงและอุปกรณ์แจ้งเหตุด้วยแสง อุปกรณ์แจ้งเหตุด้วยสียงเช่น กระดิ่ง หวูด ไซเรนและลำโพง และชนิดที่แจ้งเหตุด้วยแสงเช่น สโตรบ อุปกรณ์แจ้งเหตุด้วยแสงนี้จะใช้กับสถานที่ที่มีเสียงดังมากไม่สามารถแจ้งเหตุด้วยเสียงได้หรือใช้ประกอบสำหรับการแจ้งแหตุด้วยเสียงหรือใช้ในสถานที่ที่มีบุคคลที่มีปัญหาการได้ยินอาศัยอยู่หรือในสถานพยาบาล

2.2.6.1 การแจ้งเหตุด้วยเสียง การวัดความดังเสียงทำได้โดยการใช้เครื่องมือวัดมีหน่วยเป็นเดซิเบล (Decibel) เขียนเป็นอักษรย่อว่า dB ต่อการได้ยินเสียงของมนุษย์ไม่ได้เป็นเส้นตรงตามเสียงที่เพิ่มขึ้น ดังนั้น เมื่อเดซิเบลเพิ่มเป็น 2 เท่า มนุษย์จะไม่รู้สึกว่าเสียงดังเป็น 2 เท่า เสียงที่ดังขึ้น 10 เท่าจึงจะทำให้มนุษย์รู้สึกว่าเสียงดังขึ้นเป็น 2 เท่า การวัดความดังเสียงจึงแสดงได้เป็น 2 แบบ เสียงที่มนุษย์ได้ยินจะแสดงในสเกลของ Logarithmic มีหน่วยเป็นเดซิเบลเอ (dBA) ความดังเสียงที่กล่าวถึงทั้งหมดในที่นี้จึงหมายถึงเดซิเบลเอ ในการวัดความดังเสียงด้วยเครื่องมือวัดจะต้องดูสเกลที่เครื่องวัดให้ถูกต้องด้วย

(1) ความดังเสียงที่ต้องการ อุปกรณ์แจ้งเหตุด้วยเสียงจะต้องมีเสียงดังเพียงพอที่จะส่งสัญญาณเตือนผู้อาศัยให้ทราบ เสียงแจ้งเหตุนี้ควรมีลักษณะความดังที่แตกต่างจากสัญญาณเสียงทั่วไป มีเสียงดังและหยุดเป็นจังหวะ ความดังของอุปกรณ์แจ้งเหตุสำหรับแต่ละสถานที่อาจแตกต่างกันไปตามสภาพในบริเวณที่มีเสียงรบกวนอื่น ๆ ก็จะต้องดังกว่าเสียงรบกวนเพื่อให้มั่นใจว่าบุคคลในพื้นที่สามารถได้ยินได้ชัดเจน ความดังเสียงมีรายะเอียดดังนี้

กรณีที่ใช้เป็นเครื่องกำเนิดเสียงอิเล็กทรอนิกส์ที่ให้สัญญาณเสียงอพยพ ในสถานที่ใด ๆ ที่มีเสียงสัญญาณความดังของเสียงสัญญาณต้องดังกว่าเสียงรบกวนเฉลี่ยไม่น้อยกว่า 10 เดซิเบล (dBA) เป็นระยะเวลาไม่น้อยกว่า 60 วินาที และระดับความดังของเสียงที่จุดใด ๆ ต้องไม่น้อยกว่า 65 เดซิเบล และไม่เกิน 105 เดซิเบล การติดตั้งจึงต้องกระจายให้อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสมทั่วพื้นที่สำหรับสัญญาณเสียงที่ต้องการปลุกผู้อยู่อาศัยที่กำลังหลับอยู่ต้องมีระดับความดังเสียงไม่น้อยกว่า 70 เดซิเบล การวัดความดังเสียงให้วัดในตำแหน่งซึ่งต้องการได้ยินเสียงที่อยู่ห่างจากแหล่งกำเนิดเสียงมากที่สุด สำหรับสถานที่นอนหลับให้วัดในตำแหน่งที่หลับอยู่

สำหรับสถานที่ซึ่งค่าเฉลี่ยของระดับเสียงรบกวนมากกว่า 95 เดซิเบล หรือในสถานที่ที่ใช้อุปกรณ์แจ้งเหตุแล้วมีปัญหา เช่นห้องผู้ป่วย สถานที่สำหรับผู้มีปัญหาการได้ยินต้องติดตั้งอุปกรณ์แจ้งเหตุด้วยแสงแทนในบางสถานที่อาจติดตั้งทั้งสองแบบ

สำหรับอาคารสูงอาคารขนาดใหญ่อาคารขนาดใหญ่พิเศษและสถานประกอบการพิเศษต้องมีอุปกรณ์ประกาศเรียกฉุกเฉินเพิ่มเติมจากอุปกรณ์แจ้งเหตุที่กล่าวข้างต้นและระดับความดังของเสียงต้องเป็นไปตามที่กำหนดข้างต้น

จากการทดลองพบว่าลำพังแต่เสียงกระดิ่ง หวูด ไซเรนหรือสัญญาณเสียง (tone) ยังไม่มีเพียงพอสำหรับการกระตุ้นจึงควรมีเสียงข้อความแจ้งเหตุด้วย ปกติจะเป็นลำโพงประกอบกับเครื่องขยายเสียงเป็นการสื่อสารแบบทางเดียวคือการแจ้งให้ผู้อยู่อาศัยทราบการเกิดเหตุใช้เพื่อการอพยพเสียงการแจ้งเหตุอาจเป็นเสียงที่ได้บันทึกไว้แล้วหรือเป็นการพูดผ่านทางไมโครโฟนจากศูนย์ควบคุมเพลิงไหม้ก็ได้

(2) การติดตั้ง การติดตั้งอุปกรณ์แจ้งเหตุต้องจัดให้มีกระดิ่งอย่างน้อยหนึ่งตัวที่ภายนอกอาคารและกระดิ่งนี้ต้องสามารถได้ยินหรือและและเห็นที่ทางเข้าหลักของอาคารและต้องให้อยู่ใกล้กับทางเข้าอาคารที่เจ้าหน้าที่ดับเพลิงจะเดินผ่านเพื่อไปดูที่แผงควบคุมแจ้งเหตุเพลิงไหม้ การติดตั้งอุปกรณ์แจ้งเหตุควรปฏิบัติตามคำแนะนำของผู้ผลิตและติดตั้งในตำแหน่งที่เห็นได้ชัดเจนมีเสียงดังได้ทั่วทั้งพื้นที่ อุปกรณ์แจ้งเหตุด้วยเสียงควรติดตั้งให้สูงกว่าอุปกรณ์ตกแต่งอาคารที่วางบนพื้น เพื่อให้เสียงสามารถเดินทางได้สะดวก ความดังเสียงเป็นไปตามที่กล่าวมาข้างต้น การติดตั้งลำโพงสามารถติดตั้งได้ทั้งที่เพดานและที่ผนังสำหรับการติดตั้งที่ผนัง ถ้าเพดานสูงพอสมควรติดตั้งที่ความสูงไม่น้อยกว่า 2.30 เมตร และห่างจากเพดานไม่น้อยกว่า 150 มิลลิเมตร (NFPA 72)

(3) การแจ้งเหตุด้วยลำโพง ลำโพงเป็นชนิดหนึ่งของอุปกรณ์แจ้งเหตุด้วยเสียงที่ต่อจากแผงควบคุมและแจ้งเหตุเพลิงไหม้ การเลือกใช้ลำโพงและเลือกใช่ตำแหน่งติดตั้งเป็นเรื่องสำคัญเนื่องจากจะต้องติดตั้งให้ความดังเสียงอยู่ในขีดจำกัดของมาตรฐาน คือเสียงต้องไม่ค่อยหรือดังจนเกินไปเมื่อจุดที่ฟังหรือได้ยินอยู่ห่างออกไปจากแหล่งกำเนิดเสียงความดังเสียงจะลดลง การออกแบบติดตั้งจะต้องเผื่อไว้ด้วยปกติจะลำโพงจะมีการทดสอบค่าความดังไว้ตามค่าวัตต์สูงสุด

อุปกรณ์ของระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ต้องมีการทดสอบตามมาตรฐานสถาบันทดสอบและรับรองระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ตามมาตรฐาน NFPA ได้แก่สถาบันมาตรฐานชื่อ Underwriters'Labolatories, Inc หรือเรียกย่อวา UL มีการทดสอบความดังของเสียงลำโพงที่ใช้ในระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ ผู้ผลิตจะต้องทำการกำหนดตามที่ UL อนุญาต และความดังที่กำหนดรายละเอียดของผู้ผลิตจะกำหนดที่ระยะทางตามมาตรฐานการทดสอบ คือระยะทาง 10 ฟุต หรือ 3.05 เมตร และโดยปกติความดังเสียงจะลดลงประมาณทุก 6 เดซิเบล เมื่อระยะทางห่างออกไปเป็น 2 เท่า เช่นระยะทางห่างออกไปเป็น 6.10 เมตร ความดังเสียงจะลดลง 6 เดซิเบล จากค่าที่กำหนดจากผู้ผลิตและระยะทางเพิ่มขึ้นเป็น 12.20 เมตร ความดังเสียงจะลดลง 12 เดซิเบลเป็นต้น แต่ในการออกแบบจะต้องพิจารณาส่วนประกอบอื่น ๆ ของห้องที่จะเป็นผลต่อความดังเสียงด้วยเช่น ม่าน พรม การสะท้อนเสียงและอื่น ๆ

ในการทดสอบความดังของลำโพงจะกำหนดที่วัตต์ค่าหนึ่ง การเพิ่มหรือลดกำลังของเครื่องขยายเสียง (วัตต์) ที่จ่ายให้ลำโพงต่างไปจากที่กำหนดโดยผู้ผลิตเป็นผลให้ความดังเสียงเปลี่ยนไปเช่นกัน กำลังเครื่องขยายเสียงที่เพิ่มขึ้นเป็นผลให้เสียงดังขึ้น ในทางตรงกันข้ามถ้าลดกำลังเครื่องขยายเสียงลงเสียงก็จะดังน้อยลง กำลังเครื่องขยายเสียงที่เพิ่มขึ้นเท่าตัวเป็นผลให้ความดังเสียงเพิ่มขึ้นเพียง 3 เดซิเบล เช่นกัน

1) แนวทางการออกแบบติดตั้งลำโพง จากหลักการที่ว่าการติดตั้งลำโพงต้องให้สามารถได้ยินชัดเจนทั่วทั้งอาคารและในการติดตั้งจะต้องคำนึงถึงคุณภาพเสียงด้วย ปกติการเลือกแทปลำโพงที่กำลังวัตต์ต่ำจะให้คุณภาพเสียงดีกว่าเลือกใช้แทปที่กำลังวัตต์สูง

การก่อสร้างอาคารสมัยใหม่วัสดุที่ใช้จะเพิ่มความเป็นฉนวนของเสียงมากขึ้นโดยเฉพาะระหว่างทางเดินกับพื้นที่ใช้สอยเป็นผลให้การเดินทางของอุปสรรคเกิดความสูญเสียของเสียงมาก เสียงที่ผ่านทะลุผนังจะมีค่าสูญเสียมากน้อยตามชนิดของวัสดุที่ใช้ทำผนังประมาณต้องแต่ 15 ถึง 40 เดซิเบล สำหรับประตูทึบอาจทำให้เสียงลดลงได้ประมาณ 25 ถึง 30 เดซิเบล กรณีนี้อาจต้องเพิ่มความดังของเสียงที่ลำโพงขึ้นเพื่อให้สามารถทะลุผ่านพื้นที่ที่ต้องการ ในทางปฏิบัติอาจแก้ไขโดยการใช้ลำโพงที่วัตต์ต่าง ๆ แต่เพิ่มจำนวนให้มากขึ้นเพื่อให้การได้ยินทั่วทั้งพื้นที่

ความดังเสียงลดลงประมาณ 6 เดซิเบล เมื่อระยะทางเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า แต่การดูดซับเสียงของวัสดุที่ใช้ทำอาคารจะมีผลให้ดังเสียงลดลงอีกม่านหรือผ้าม่านที่ติดตั้งใกล้ลำโพงอาจจะทำให้ความดังลดลงอีกประมาณ 2 ถึง 3 เดซิเบล สำหรับพื้นที่ปูพรมอาจทำให้ความดังเสียงลดลงอีกประมาณ 3 เดซิเบล ทั้งหมดนี้จะต้องนำมาพิจารณาด้วย

วงจรไฟฟ้าสำหรับลำโพงเป็นไฟฟ้ากระแสตรง การต่อสายเข้าลำโพงจึงต้องต่อขั้วเข้าให้เหมือนกันทุกตัวถ้าการต่อสายเข้าลำโพงต่างขั้วกันจะทำให้เกิดการต่างเฟสกัน ดังนั้น บางความถี่ของเสียงที่จะมีเฟสตรงข้ามกันและหักล้างกันทำให้เสียงเบาลงหรือเพี้ยนไป

ปกติลำโพงจะมีแทปต่อสายให้เลือกหลายแทปตามวัตต์ที่ต้องการในการเลือกว่าจะใช้แทปใดจะต้องวัดระดับทางจากจุดที่ติดตั้งลำโพงจนถึงจุดที่ไกลสุดที่ต้องการได้ยินจากนี้จึงจะไปเลือกใช้ลำโพงตามรายละเอียด (Specification) ของลำโพงที่จะใช้ที่ความดังเสียงที่ต้องการก็จะได้กำลังวัตต์ของลำโพงในการทำงานจึงต้องหารายละเอียดจากผู้ผลิตเพิ่มเติมให้ได้มากที่สุด

ตัวอย่าง การกำหนดความดังของลำโพง

สำนักงานแห่งหนึ่งติดตั้งระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ ในการติดตั้งระบบแจ้งเหตุต้องการลำโพงแจ้งเหตุเพลิงไหม้ติดตั้งที่ผนังที่ให้ความดังเสียงตรงตำแหน่งห่างจากจุดติดตั้งลำโพง 10 เมตร ไม่ต่ำกว่า 70 เดซิเบล ต้องการหาว่าลำโพงที่ติดตั้งต้องมีความดังเท่าไหร่

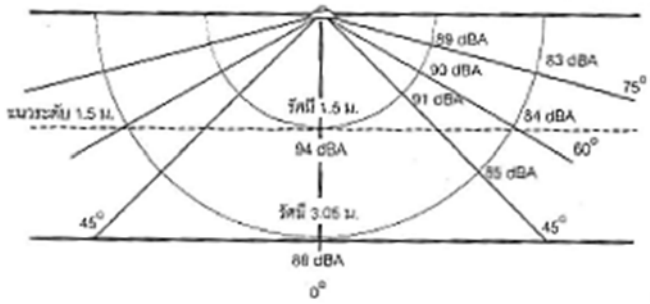
วิธีทำ

ใช้หลักการที่ว่า ความดังเสียงลดลง 6 เดซิเบล เมื่อระยะทางเพิ่มเป็น 2 เท่า หรือ

จะได้ว่า ที่ระยะ 10 เมตร ความดังเสียงลดลงประมาณ 11 เดซิเบล

ต้องเลือกลำโพงที่มีความดังเสียงไม่ต่ำกว่า 70+11=81 เดซิเบล และอาจต้องเผื่อไว้สำหรับค่าสูญเสียอื่น ๆ ด้วย ถ้า 81 เดซิเบลไม่ตรงกับที่มีขายในท้องตลาดให้เลือกขนาดใกล้เคียงที่สุด

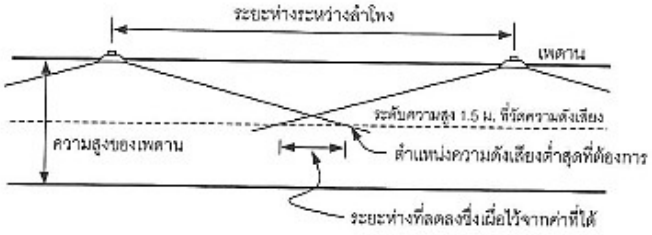
2) แพตเทิร์นเสียง (Sound Pattern) ความดังเสียงจะมีค่าสูงสุดในทิศทางตั้งฉากกับลำโพงสำหรับระยะทางที่เท่ากัน เมื่อตำแหน่งที่ได้ยินทำมุมห่างออกไปจากแนวตั้งฉากกับลำโพงความดังเสียงจะลดลง ค่าต่าง ๆ เหล่านี้จะสามารถหาได้จากผู้ผลิตในรูปของกราฟเรียกว่าแพตเทิร์นเสียง ค่ามุมที่แตกต่างไปจากที่แสดงจะสามารถหาได้โดยประมาณด้วยวิธีการเฉลี่ย



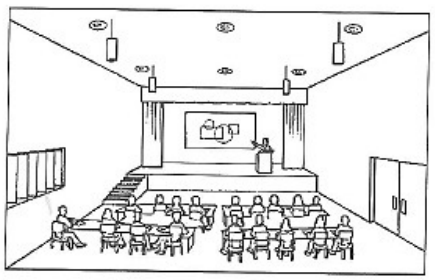
รูปที่ 2.98 ตัวอย่างแพตเทิร์นเสียง

ที่มา: การออกแบบและติดตั้งระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้

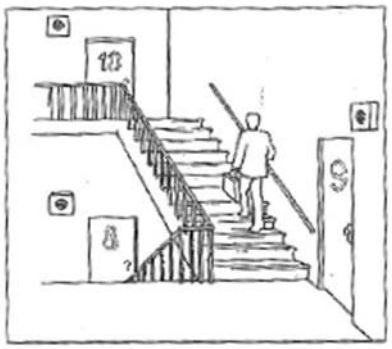
3) การติดตั้งลำโพงที่เพดาน บุคคลใช้หูในการรับฟังเสียงสัญญาณดังนั้นในการติดตั้งลำโพงที่เพดานการวัดความดังเสียงจะวัดที่ความสูงประมาณ 1.5 เมตร (NFPA 72) เพราะเป็นระดับหูฟัง การติดตั้งลำโพงจะติดตั้งที่เพดานตรงกลางห้อง กรณีที่เป็นพื้นที่ขนาดใหญ่ก็จะต้องติดตั้งลำโพงมากกว่าหนึ่งตัว การพิจารณาอย่างง่ายสำหรับการติดตั้งลำโพงสองตัวจะอาศัยหลักที่ความดังเสียงลดลง 6 เดซิเบลเมื่อระยะทางเพิ่มขึ้น 2 เท่าเช่นกัน ข้อแนะนำเบื้องต้นในการออกแบบคือจะต้องเขียนแพตเทิร์นเสียงที่ระยะและมุมต่าง ๆ จากนั้นกำหนดความดังเสียงที่ต้องการที่ความสูงจากพื้น 1.5 เมตร จะได้ระยะห่างไกลสุดจากลำโพง ลำโพงตัวอื่นจะห่างจากจุดที่กำหนดนี้ในทิศทางตรงข้ามเป็นระยะเท่า ๆ กัน นำไปเขียนลงบนพื้นที่ที่ต้องการก็จะได้ตำแหน่งติดตั้งลำโพง ในการคิดอย่างง่ายนี้อาจมีค่าผิดพลาดบ้างเนื่องจากคุณสมบัติในการสะท้อนเสียงดูดซับเสียงและผลรวมของเสียงที่ทับซ้อนกันอาจผิดพลาดได้ประมาณ 1 ถึง 2 เดซิเบล ซึ่งยอมรับได้ตามที่แสดงในรูปที่ 2.99 ในการใช้งานจริงควรเผื่อไว้บ้างโดยการลดระยะห่างระหว่างลำโพงหรือโดยการปรับแทปลำโพงช่วย การกำหนดแบบนี้ใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการกำหนดตำแหน่งติดตั้งและเมื่อติดตั้งเสร็จแล้วต้องทดสอบวัดเสียงในสถานที่ติดตั้งจริงด้วย



รูปที่ 2.99 แนวทางการกำหนดระยะห่างระหว่างลำโพงชนิดติดเพดาน
ที่มา: การออกแบบและติดตั้งระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้



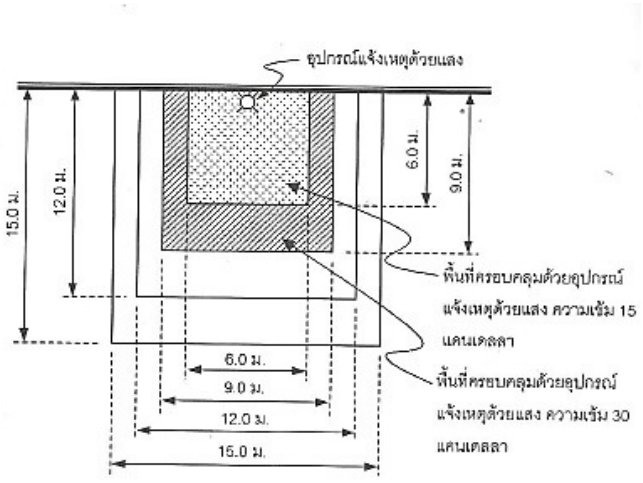
รูปที่ 2.100 การติดตั้งลำโพงในหอประชุม
ที่มา: การออกแบบและติดตั้งระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้



รูปที่ 2.101 การติดตั้งลำโพงในช่องบันได
ที่มา: การออกแบบและติดตั้งระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้

2.2.6.2 การแจ้งเหตุด้วยแสง การแจ้งเหตุด้วยแสงคือการส่งสัญญาณเตือนด้วยแสงกระพริบที่มีความสว่างเพียงพอที่จะกระตุ้นเตือนให้ผู้อาศัยในอาคารทราบการเกิดเหตุ สถานที่ที่มีความจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์แจ้งเหตุด้วยแสงคือบริเวณที่มีเสียงรบกวนดังมากการกระตุ้นเตือนด้วยเสียงอาจไม่เพียงพอจึงใช้ในพื้นที่ที่มีเสียงดังเกิน 95 เดซิเบล และบริเวณที่การใช้อุปกรณ์แจ้งเหตุด้วยเสียงอาจมีปัญหาเช่น ห้องผู้ป่วย สถานที่สำหรับผู้มีปัญหาการได้ยินต้องมีการแจ้งเหตุด้วยอุปกรณ์แจ้งเหตุด้วยแสง อุปกรณ์แจ้งเหตุด้วยแสงจะใช้เป็นแสงสีขาวกระพริบด้วยอัตรา 1-2 ครั้งต่อวินาที

(1) ระยะห่างในการติดตั้ง อุปกรณ์แจ้งเหตุด้วยแสงต้องติดตั้งในตำแหน่งที่มองเห็นได้ง่ายในทุกพื้นที่และครอบคลุมทั่วทั้งพื้นที่ ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์แจ้งเหตุขึ้นอยู่กับความเข้มแสงของอุปกรณ์ต้องไม่เกิน 30 เมตร



รูปที่ 2.102 พื้นที่ครอบคลุมของอุปกรณ์แจ้งเหตุด้วยแสงที่ความเข้มแสงต่าง ๆ
ที่มา: การออกแบบและติดตั้งระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม

การติดตั้งอุปกรณ์แจ้งเหตุด้วยแสงตามที่กำหนดในมาตรฐานระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ กำหนดให้แบ่งพื้นที่ครอบคลุมออกเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส อุปกรณ์ที่มีความเข้มแสงสูงจะครอบคลุมพื้นที่ขนาดใหญ่กว่าที่มีความเข้มแสงต่ำจากตารางที่ 2.11 จะได้ว่าอุปกรณ์ที่มีความเข้มแสง 30 แคนเดลลา จะสามารถครอบคลุมพื้นที่ได้ 9.0x9.0 ตารางเมตร ในขณะที่อุปกรณ์ที่มีความเข้มแสง 15 แคนเดลลา สามารถครอบคลุมพื้นที่ได้เพียง 6.0x6.0 ตารางเมตร เป็นต้น เขียนเป็นพื้นที่ครอบคลุมได้ตามรูปที่ 2.102 สำหรับจำนวนอุปกรณ์แจ้งเหตุด้วยแสงที่ระดับความเข้มแสงต่าง ๆ ซึ่งติดตั้งในพื้นที่ต่าง ๆ เป็นไปตามที่กำหนดในตารางที่ 2.11 จากตารางพบว่าการติดตั้งอุปกรณ์แจ้งเหตุจำนวน 2 ชุดไม่สามารถครอบคลุมพื้นที่ได้ทั้งห้อง ในการออกแบบจึงควรเลือกใช้ในกรณีที่การแจ้งเหตุไม่มีความจำเป็นต้องให้ทั่วทั้งพื้นที่ ถ้าต้องการให้ครอบคลุมทั่วทั้งพื้นที่ควรเลือกติดตั้งอุปกรณ์แจ้งเหตุจำนวน 1 ชุด หรือ 4 ชุดจะดีกว่า

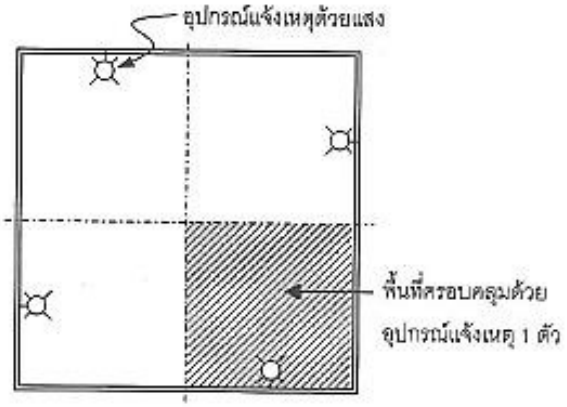
ตารางที่ 2.11 ค่าความเข้มแสงของอุปกรณ์แจ้งเหตุชนิดติดผนังที่ระดับความสูงไม่เกิน 2.4 เมตร

พื้นที่ครอบคลุมสูงสุด (เมตรxเมตร)	**ค่าความเข้มแสงต่ำสุดของอุปกรณ์แจ้งเหตุแต่ละชุด เป็นแคนเดลลา (cd)**		
	อุปกรณ์แจ้งเหตุ1ชุด ติดตั้งด้านหนึ่งของผนัง	**อุปกรณ์แจ้งเหตุ 2 ชุด ติดตั้งที่ผนังตรงข้ามกัน**	**อุปกรณ์แจ้งเหตุ4 ชุด ติดตั้งที่ผนังด้านละชุด**
6.00x6.00	15	-	-
9.00x9.00	30	15	-
12.00x12.00	60	30	-
15.00x15.00	95	60	-
19.00x19.00	135	95	-
21.00x21.00	185	95	-
24.00x24.00	240	135	60
27.00x27.00	305	185	95
30.00x30.00	375	240	95
33.00x33.00	455	240	135
36.00x36.00	540	305	135
39.00x39.00	635	375	185

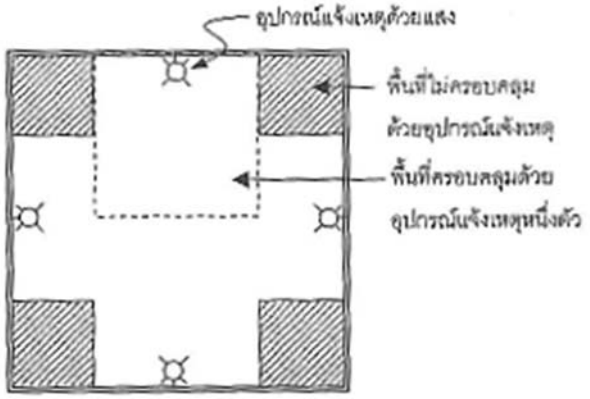
(2) ความสูงในการติดตั้ง การแบ่งพื้นที่ตามตารางที่ 2.11 ใช้สำหรับการติดตั้งที่ระดับความสูงไม่เกิน 2.4 เมตร จึงเหมาะสำหรับการติดตั้งกับผนังหรือในพื้นที่ที่ความสูงของเพดานไม่มากนัก มาตรฐานระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ไม่ได้กำหนดความสูงของการติดตั้งไว้ในมาตรฐาน NFPA กำหนดความสูงในการติดตั้งไวว่าถ้าใช้อุปกรณ์แจ้งเหตุด้วยแสงชนิดที่ติดตั้งที่ผนัง ให้ติดตั้งในระดับความสูงจากพื้นระหว่าง 2.0 เมตร ถึง 2.4 เมตร (80 นิ้ว ถึง 96 นิ้ว) และต่ำลงมาจากเพดานไม่น้อยกว่า 150 มิลลิเมตร สำหรับอุปกรณ์แจ้งเหตุด้วยแสงชนิดติดตั้งบนเพดานต้องสูงจากพื้นไม่เกิน 9.15 เมตร (30 ฟุต) กรณีที่เพดานห้องสูงเกิน 9.15 เมตร ให้ลดระดับการติดตั้งลงมาที่ระดับ 9.15 เมตรหรือเปลี่ยนไปติดที่ผนังแทน การติดตั้งอุปกรณ์แจ้งเหตุชนิดแสงกับเพดานที่มีความสูงมากกว่า 2.4 เมตร ค่าความเข้มแสงเป็นไปตามที่กำหนดในตารางที่ 2.12 (ตาม NFPA 72)

ตารางที่ 2.12 ค่าความเข้มแสงของอุปกรณ์แจ้งเหตุชนิดติดเพดาน

พื้นที่ครอบคลุมสูงสุด (เมตรxเมตร)	**ค่าความเข้มแสงต่ำสุดของอุปกรณ์แจ้งเหตุเป็นแคนเดลลา (cd)**	
	ความสูงของเพดานมากสุด (เมตร)	**อุปกรณ์แจ้งเหตุ 1 ชุด**
6.00x6.00	3.0	15
9.00x9.00	3.0	30
12.00x12.00	3.0	60
15.00x15.00	3.0	95
6.00x6.00	6.0	30
9.00x9.00	6.0	45
12.00x12.00	6.0	80
15.00x15.00	6.0	115
6.00x6.00	9.0	55
9.00x9.00	9.0	75
12.00x12.00	9.0	115
15.00x15.00	9.0	150

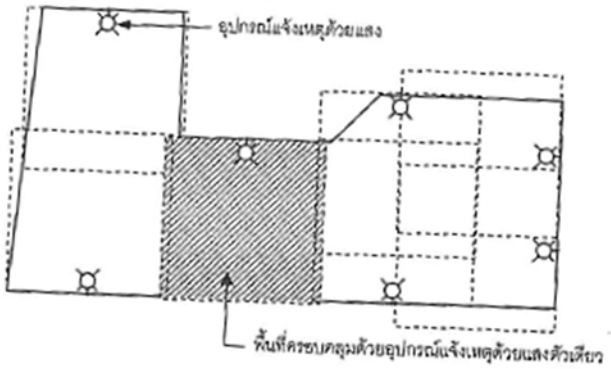


รูปที่ 2.103 การแบ่งพื้นที่ครอบคลุมของอุปกรณ์แจ้งเหตุด้วยแสงแต่ละตัว
ที่มา: การออกแบบและติดตั้งระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้



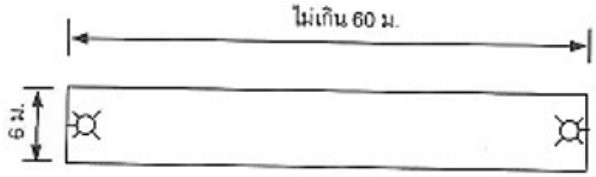
รูปที่ 2.104 การแบ่งพื้นที่ครอบคลุมที่ไม่ดีไม่ครอบคลุมทุกพื้นที่
ที่มา: การออกแบบและติดตั้งระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้

ในการติดตั้งใช้งานจริงลักษณะห้องอาจไม่เป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส ในการออกแบบติดตั้งจะต้องกำหนดตำแหน่งการติดตั้งให้สามารถครอบคลุมได้ทั่วทั้งพื้นที่เช่นเดียวกับการกำหนดตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับ ในการกำหนดตำแหน่งจะต้องทราบขนาดความเข้มแสงที่เลือกใช้แล้วเขียนเป็นตารางสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาดตามความเข้มแสงเมื่อเขียนแล้วต้องสามารถครอบคลุมพื้นที่ได้ทั้งหมดนอกจากจะมั่นใจว่าพื้นเป็นพื้นที่ที่ไม่มีบุคคลอยู่และไม่ต้องการแจ้งเหตุเช่นเป็นที่วางของ

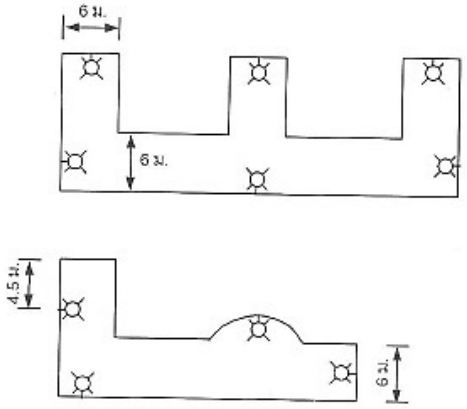


รูปที่ 2.105 ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์แจ้งเหตุด้วยแสงให้ครอบคลุมทั่วทั้งพื้นที่
ที่มา: การออกแบบและติดตั้งระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้

การติดตั้งนอกจากจะต้องให้ครอบคลุมทั่วทั้งพื้นที่แล้วยังต้องให้อยู่ในตำแหน่งที่สามารถ มองเห็นได้ง่ายและชัดเจนไม่ว่าจะอยู่ตรงจุดใด ๆ ในพื้นที่ป้องกันตามที่กำหนดในข้อ (1) ซึ่งใช้กับพื้นที่ทั่วไป สำหรับการติดตั้งในช่องทางเดินตามที่กำหนดโดย NFPA 72 เป็นตามที่แสดงในรูปที่ 2.106 และรูป ที่ 2.107

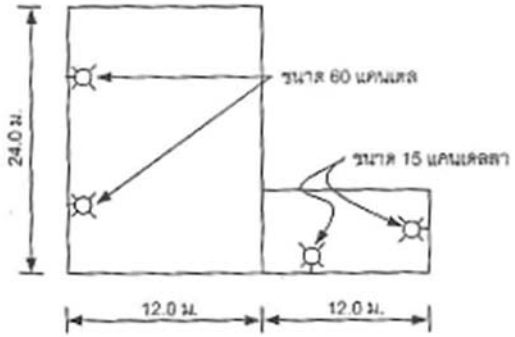


รูปที่ 2.106 การติดตั้งในช่องทางเดินทั่วไป
ที่มา: การออกแบบและติดตั้งระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้



รูปที่ 2.107 การติดตั้งในช่องทางเดินรูปทรงต่าง ๆ
ที่มา: การออกแบบและติดตั้งระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้

การติดตั้งอุปกรณ์แจ้งเหตุด้วยแสงในบางสถานที่อาจต้องใช้ความเข้มแสงหลายขนาดปนกันเพื่อให้พอดีกับสถานที่และในการติดตั้งสามารถติดตั้งปนกันในลักษณะของการติดตั้งที่ผนังกับเพดาน

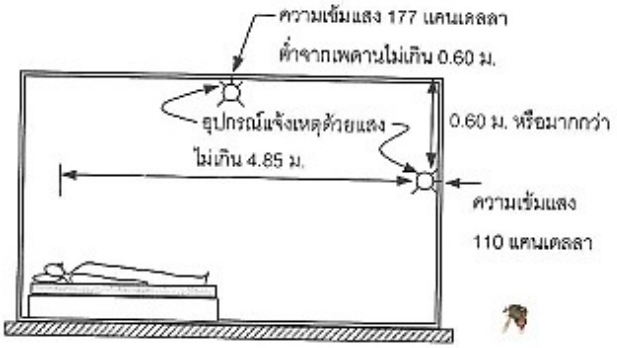


รูปที่ 2.108 การติดตั้งอุปกรณ์แจ้งเหตุด้วยแสงที่มีความเข้มแสงต่างกัน
ที่มา: การออกแบบและติดตั้งระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้

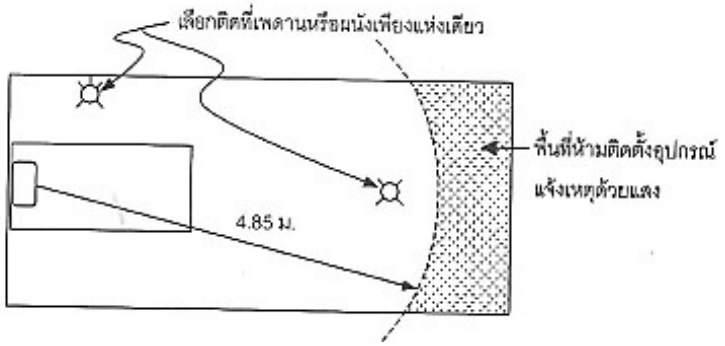
(3) ตำแหน่งติดตั้งมาตรฐาน NFPA (National Fire Protection Association) กำหนดหารติดตั้งไว้ดังนี้

1) ในสถานที่ซึ่งไม่เป็นที่หลับนอน ถ้าใช้อุปกรณ์แจ้งเหตุด้วยแสงชนิดที่ติดตั้งที่ผนังให้ติดตั้งที่ระดับความสูงจากพื้นระหว่าง 2.0 ถึง 2.4 เมตร และมีระยะห่างลงมาจากเพดานไม่น้อยกว่า 150 มิลลิเมตร (ห้ามติดตั้งชนิดเพดาน) สำหรับอุปกรณ์แจ้งเหตุด้วยแสงชนิดติดตั้งบนเพดานต้องสูงจากพื้นไม่เกิน 9.15 เมตร

2) ในสถานที่ซึ่งใช้เป็นที่หลับนอน มาตรฐาน NFPA กำหนดให้ติดตั้งอุปกรณ์แจ้งเหตุด้วยแสงที่มีความเข้มแสงไม่ต่ำกว่า 177 แคนเดลลา (cd) ที่ระดับต่ำลงมาจากเพดานไม่เกิน 0.60 เมตร ถ้าจำเป็นต้องติดตั้งอุปกรณ์แจ้งเหตุที่ระดับต่ำลงมาจากเพดานเกิน 0.60 เมตร ให้เลือกติดตั้งอุปกรณ์แจ้งเหตุด้วยแสงที่มีความเข้มแสง 110 แคนเดลลา ที่ผนังและทั้งสองกรณีอุปกรณ์แจ้งเหตุต้องอยู่ห่างจากหมอนไม่เกิน 4.85 เมตร



รูปที่ 2.109 การติดตั้งอุปกรณ์แจ้งเหตุด้วยแสงในสถานที่หลับนอน
ที่มา: การออกแบบและติดตั้งระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้



รูปที่ 2.110 การติดตั้งอุปกรณ์แจ้งเหตุด้วยแสงสำหรับห้องนอนขนาดใหญ่
ที่มา: การออกแบบและติดตั้งระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้

2.2.7 แผงควบคุมและแจ้งเหตุเพลิงไหม้

แผงควบคุมและแจ้งเหตุเพลิงไหม้คือ อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่รับแจ้งเหตุการณ์เกิดเพลิงไหม้จากอุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้และอุปกรณ์แจ้งเหตุด้วยมือและแสดงการเกิดเพลิงไหม้ให้ผู้ควบคุมหรือผู้อยู่ในอาคารทราบรวมทั้งยังทำงานร่วมกับระบบอื่นของอาคารอีกเช่น ระบบดับเพลิงด้วยสารเคมีระบบลิฟต์ ระบบปรับอากาศ ระบบอัดอากาศ และระบบเปิดหรือปิดประตูอัตโนมัติเป็นต้น โดยปกติเมื่อแผงควบคุมและแจ้งเหตุเพลิงไหม้ได้รับสัญญาณแจ้งเหตุแล้วจะหน่วงเวลาได้ระยะหนึ่งเพื่อการตรวจสอบ เมื่อถึงเวลาที่กำหนดจะส่งสัญญาณแจ้งเหตุการณ์เกิดเพลิงไหม้ การแจ้งเหตุอาจแจ้งเหตุทั้งอาคารหรือเฉพาะบริเวณที่กำหนดก็ได้

2.2.7.1 การทำงาน เมื่ออุปกรณ์เริ่มสัญญาณทำงานและส่งสัญญาณแจ้งเหตุมายังแผงควบคุมและแจ้งเหตุ เพลิงไหม้จะมีเสียงสัญญาณเสียงดังเตือนที่แผงควบคุมและแจ้งเหตุเพลิงไหม้พร้อมทั้งแสดงโซนที่เกิดเหตุและถ้ามีแผนผังแสดงเหตุก็จะแสดงด้วย การแจ้งเหตุนี้เพื่อให้ผู้ควบคุมทราบการเกิดเหตุในเบื้องต้นและทำการตรวจสอบหรือพิสูจน์การเกิดเพลิงไหม้ ถ้าพบว่าการแจ้งเหตุเกิดจากการทำงาน

ผิดพลาดของอุปกรณ์ตรวจจับ ผู้ควบคุมจะทำการปรับตั้งระบบใหม่ กรณีนี้จะไม่มีการแจ้งเหตุให้ผู้อยู่ในอาคารทราบ หากการปรับตั้งใหม่ไม่ทำภายในระยะเวลาที่กำหนด ระบบจะทำการแจ้งเหตุในการแจ้งเหตุแผงควบคุมและแจ้งเหตุเพลิงไหม้จะสั่งให้อุปกรณ์แจ้งเหตุทั้งที่เป็นชนิดเสียงและแสงทำงาน การแจ้งเหตุสามารถออกแบบให้แจ้งเหตุเฉพาะในบริเวณโซนที่เกิดเหตุหรือโซนที่เกี่ยวข้องหรือใกล้เคียงหรือแจ้งเหตุทั้งอาคารก็ได้ ในการออกแบบระบบจะต้องพิจารณาการแจ้งเหตุในเหมาะสมตามลักษณะการใช้อาคารและบุคคลที่อยู่ในอาคาร

กรณีระบบควบคุมและแจ้งเหตุเพลิงไหม้เกิดการขัดข้องจะแสดงสถานะขัดข้อง ปกติจะมีเสียงสัญญาณบัสเซอร์เตือนดังที่แผงควบคุมและแจ้งเหตุเพลิงไหม้พร้อมทั้งมีไฟแสดงสถานะขัดข้องด้วยตามการออกแบบของผู้ผลิต กรณีที่มีวงจรหน่วงเวลาควรต้องการหน่วงเวลาไว้ที่ 1-5 นาที หลังมีสัญญาณแจ้งเหตุการณ์ตั้งเวลาจะต้องสัมพันธ์กับระยะเวลาค้นหาเพื่อพิสูจน์การเกิดเพลิงไหม้ อาคารที่มีพื้นที่มากหรือจำนวนชั้นมาก ระยะเวลาค้นหาก็จะมากด้วยแผงควบคุมและแจ้งเหตุเพลิงไหม้จะต้องสามารถทำงานเองได้อัตโนมัติ ผู้ควบคุมสามารถแทรกหรือหยุดการทำงานของแผงควบคุมแจ้งเหตุเพลิงไหม้ได้ทุกขั้นตอน

2.2.7.2 ชนิดของแผงควบคุมและแจ้งเหตุเพลิงไหม้ แผงควบคุมและแจ้งเหตุเพลิงไหม้ แบ่งตามลักษณะการใช้งานได้หลายชนิด ดังนี้

(1) ชนิดทั่วไป (Conventional) แผงควบคุมและแจ้งเหตุเพลิงไหม้ชนิดนี้ปกติจะใช้กับวงจรโซนตรวจจับแบบ 2 สาย และแบบ 4 สาย โดยใช้อุปกรณ์เริ่มและแสดงสัญญาณแบบทั่วไปสามารถแบ่งย่อยได้อีก เช่น

1) แบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ประกอบด้วยแผงวงจรสำเร็จสามารถถอดเปลี่ยนได้ทำให้สะดวกในการติดตั้งและบำรุงรักษา กำหนดฟังก์ชั่นการทำงานของแผงควบคุมแจ้งเหตุเพลิงไหม้ทำได้ด้วยการต่อสายภายในให้ตรงตามที่ต้องการ โดยทั่วไปจะเป็นแผงขนาดเล็กที่มีโซนแจ้งเหตุเพลิงไหม้ไม่มากจึงเหมาะที่จะใช้ในอาคารที่มีการแบ่งโซนไม่มากนัก ในการใช้งานควรมีวงจรหน่วงเวลาหรือแจ้งเตือน (Pre-Signal) ก่อนส่งสัญญาณแจ้งเหตุ

2) แบบไมโครโพรเซสเซอร์ ประกอบด้วยแผงวงจรสำเร็จควบคุมด้วย ไมโครโพรเซสเซอร์กำหนดขั้นตอนการทำงานได้โดยใช้โปรแกรมเป็นแผงควบคุมและแจ้งเหตุเพลิงไหม้ที่มีขนาดวงจรโซนแจ้งเหตุมากขึ้น สามารถต่อกับเครื่องพิมพ์รายงานเหตุการณ์และอื่น ๆ ได้ตามการออกแบบ

การเดินสายไฟฟ้าจะต้องเดินสายจากแต่ละโซนมาเข้าที่แผงควบคุม ถ้าเป็นวงจรแบบ 2 สายก็จะเดินสายมาสองเส้นสำหรับวงจร 4 สาย จะต้องเดินมาสี่เส้นในการติดตั้งที่มีจำนวนโซนมากจึงต้องเดินสายเป็นจำนวนมากด้วย

(2) ชนิดระบุตำแหน่งได้ (Addressable) แผงควบคุมและแจ้งเหตุเพลิงไหม้แบบนี้บางผู้ผลิตเรียกว่า แบบมัลติเพลกซ์ (Multiplex) หรือแบบอัจฉริยะ (Intelligent) ประกอยด้วยแผงวงจรสำเร็จควบคุมด้วยไมโครโพรเซสเซอร์ วงจรมัลติเพลกซ์ 1 วงจร จะสามารถต่อใช้งานกับอุปกรณ์เริ่มสัญญาณชนิดระบุตำแหน่งได้จำนวนมากโดยไม่ซ้ำกัน ระบบนี้สามารถประหยัดและลดความยุ่งยากในการเดินสายไฟได้มาก ปกติจะสามารถต่อกับเครื่องพิมพ์ จอภาพและเครื่องคอมพิวเตอร์ได้การทำงานของระบบควบคุมสามารถสั่งงานได้ในลักษณะเป็นขั้นตอน การกำหนดขั้นตอนการทำงานได้โดยการเปลี่ยนโปรแกรมไม่ต้องเปลี่ยนแปลงหรือแก้การเดินสายไฟฟ้า หน่วยความจำที่ใช้เป็นชนิดที่ข้อมูลไม่สูญหายขณะไฟดับ การเพิ่มหรือลดตำแหน่งอุปกรณ์สามารถทำได้โดยการเดินสายไฟฟ้าเพิ่มหรือลดจากส่วนใดส่วนหนึ่งของวงจรมัลติเพลกซ์หลักในลักษณะแตกกิ่งหรือต่อแยกไม่ต้องเดินสายมายังแผงควบคุมและแจ้งเหตุเพลิงไหม้ แต่จำนวนอุปกรณ์ชนิดบอกตำแหน่งต้องไม่เกินจำนวนสูงสุดที่วงจรมัลติเพลกซ์รับได้ แผงควบคุมและแจ้งเหคุเพลิงไหม้แบบระบุตำแหน่งได้นี้ยังแบ่งย่อยได้เป็นแบบระบุตำแหน่งได้เต็มรูปแบบและแบบกึ่งระบุตำแหน่งได้

1) แบบระบุตำแหน่งได้เต็มรูปแบบ (Full Addressable) อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบทุกตัวจะเป็นชนิดระบุตำแหน่งได้ทั้งหมดเช่น อุปกรณ์ตรวจจับควัน อุปกรณ์ตรวจจับความร้อน เป็นต้น เนื่องจากอุปกรณ์แต่ละตัวมีหมายเลขประจำตัว (สามารถตั้งได้) ดังนั้นเมื่ออุปกรณ์ตรวจจับสามารถตรวจจับได้ก็จะแจ้งผลมาที่แผงควบคุม แผงควบคุมจะทราบว่าอุปกรณ์ตัวใดทำงานจึงสามารถระบุตำแหน่งที่แน่นอนได้ต่างจากชนิดทั่วไปที่การระบุตำแหน่งที่เกิดเหตุต้องระบุเป็นพื้นที่ที่เรียกว่าโซน การต่อใช้งานร่วมกับอุปกรณ์ตรวจจับชนิดอื่นเช่น สวิตช์ตรวจการไหลของน้ำและสวิตช์แม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งไม่ได้เป็นชนิดระบุตำแหน่งได้ทำได้โดยการต่อผ่านโมดูล แบบระบุตำแหน่งได้นี้จึงมีข้อดีหลายประการ

1.1) สามารถทราบจุดเพลิงไหม้ได้แน่นอน เพราะในระบบจะมีตำแหน่งที่แน่นอนเพียงตำแหน่งเดียว

1.2) สามารถปรับความไวของอุปกรณ์ตรวจจับควันหรือความร้อนได้ด้วยการสั่งทางโปรแกรมหรือเวลาที่เครื่อง

1.3) สามารถพิสูจน์สัญญาณที่อุปกรณ์และปรับตั้งใหม่ (Reset) สู่สภาวะปกติได้เอง

2) แบบกึ่งระบุตำแหน่งได้ (Semi-Addressable) อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบเช่น อุปกรณ์ตรวจจับจะใช้แบบทั่วไป การระบุตำแหน่งสามารถทำได้โดยการต่อผ่านอุปกรณ์รับและส่งสัญญาณ มีชื่อเรียกแตกต่างกันตามแต่ผู้ผลิตเช่น Monitor Module, Zone Addressable Module, Control Module เป็นต้น การระบุตำแหน่งจึงระบุเป็นแต่ละพื้นที่ตามโมดูลที่อุปกรณ์ต่อใช้งาน มีข้อดีคือ

2.1) สามารถใช้กับอุปกรณ์แบบเดิมที่มีใช้ทั่วไปในท้องตลาดได้

2.2) สามารถเพิ่มหรือลดอุปกรณ์ตรวจจับในอุปกรณ์รับและส่งสัญญาณได้ แต่ต้องไม่เกินจำนวนสูงสุดที่ระบุโดยผู้ผลิตโดยไม่ต้องแก้ไขโปรแกรม

2.3) สามารถใช้กับอุปกรณ์ตรวจจับอื่นที่ไม่ได้เป็นอุปกรณ์แจ้งเหตุเพลิงไหม้โดยต่อผ่านโมดูลเช่น สวิตช์ตรวจการไหลของน้ำและสวิตช์แม่เหล็กไฟฟ้า เป็นต้น

(3) ชนิดเครือข่าย (Network) ประกอบด้วยแผงควบคุมและแจ้งเหตุเพลิงไหม้ที่ทำงานด้วยไมโครโพรเซสเซอร์ ตั้งแต่ 2 ชุดขึ้นไปต่อเชื่อมกันสามารถทำงานแบบเดี่ยวหรือทำงานร่วมกับแผงควบคุมและแจ้งเหตุเพลิงไหม้ตัวอื่นได้เสมือนเป็นแผงควบคุมและแจ้งเหตุเพลิงไหม้เดียวกันโดยการใช้โปรแกรมควบคุมการทำงานศูนย์กลางของระบบอาจเป็นแผงควบคุมและแจ้งเหตุเพลิงไหม้หลักหรือเป็นเครื่องคอมพิวเตอร์และสามารถมีได้มากกว่า 1 ชุด บางผู้ผลิตออกแบบให้สามารถต่อเข้าระบบรักษาความปลอดภัยอื่นได้เช่น โทรทัศน์วงจรปิด โดยทำงานร่วมกันเหมือนเป็นระบบเดียวกัน ระบบนี้เหมาะสำหรับอาคารที่ประกอบด้วยหลายหลังหรือหลายส่วนเช่น ศูนย์การค้า อาคารสำนักงาน สถานศึกษา และอาคารชุด เป็นต้น การสั่งการจะรวมศูนย์สั่งการหรือรักษาความปลอดภัยไว้ที่เดียวกัน

2.2.7.3 อุปกรณ์ประกอบที่สำคัญ

(1) ตัวตู้หรือแผง ตู้หรือแผงควรมีกุญแจไขปิดเปิดตู้สำหรับควบคุมการทำงานหรือซ่อมบำรุงตัวตู้จะต้องมีขนาดใหญ่เพียงพอที่บรรจุแผงควบคุมและแจ้งเหตุเพลิงไหม้ แบตเตอรี่และเอกสารของระบบได้เมื่อยืนอยู่หน้าแผงจะต้องสามารถมองเห็นไฟแสดงสัญญาณต่าง ๆ ที่จำเป็นได้โดยไม่ต้องเปิดฝาตู้ ตู้หรือแผงควรออกแบบให้สามารถทำการซ่อมบำรุงได้จากทางด้านหน้าตู้เอกสารของระบบที่เก็บในตู้ประกอบด้วย แบบการติดตั้งระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ ใบรับรองการติดตั้งและรายงานการตรวจสอบคู่มือการใช้งานและสมุดบันทึกประวัติการทำงานของระบบ (Logbook)

(2) ไฟแสดงสัญญาณ (Indicator Lamp) แผงควบคุมและแจ้งเหตุเพลิงไหม้ควรมีไฟแสดงสัญญาณแสดงสภาวะการทำงานโดยทั่วไป ตัวอย่างไฟแสดงสัญญาณดังนี้

Power แสดงการจ่ายไฟอย่างถูกต้อง

System Alarm แสดงว่าอยู่ในสถานะแจ้งเหตุ

System Trouble แสดงว่าอยู่ในสถานะขัดข้อง

AC Power Fail แสดงแหล่งจ่ายไฟหลักขัดข้อง

Battery Fail แสดงการประจุแบตเตอรี่หรือแบตเตอรี่ขัดข้อง

Ground Fault แสดงการรั่วลงดินของระบบการเดินสาย

Alarm Zone แสดงสถานะของโซนอยู่ในสภาวะแจ้งเหตุ

Trouble Zone แสดงสถานะของโซนอยู่ในสถานะขัดข้อง

(3) สวิตช์ควบคุม (Control Switch) แผงควบคุมและแจ้งเหตุเพลิงไหม้ควรมีสวิตช์หรือปุ่มเพื่อควบคุมการทำงานทั่วไป เช่น

Acknowledge เพื่อรับทราบเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นและทำให้เสียงบัสเซอร์หยุด

System Reset เพื่อปรับตั้งระบบใหม่ให้กลับสู่สภาวะปกติพร้อมทำงาน

Signal Silence เพื่อระงบเสียงหรือแสงการแจ้งสัญญาณเป็นการชั่วคราว

Lamp Test เพื่อทดสอบไฟ LED แผง LCD หรือเสียงบัสเซอร์สำหรับแผงควบคุมแล้วแจ้งเหตุเพลิงไหม้ที่มีจำนวนโซนหลายโซน

(4) แผงแสดงผลเพลิงไหม้ (Annunciator) แผงควบคุมและแจ้งเหตุเพลิงไหม้ควรมีแผงแสดงผลที่สามารถแสดงโซนที่เกิดเหตุได้นอกเหนือจากที่แสดงที่แผงควบคุมและแจ้งเหตุเพลิงไหม้ ติดตั้งในสถานที่ห่างออกไปจุดประสงค์เพื่อให้เจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องสามารถระบุสถานที่เกิดเหตุได้รวดเร็วและแม่นยำการแสดงผลสามารถแบ่งได้เป็นหลายแบบ เช่น

1) แบบแสดงโซนเกิดเหตุด้วยหลอดไฟ หรือ LED พร้อมป้ายบอกโซน

2) แบบข้อความเป็นอักษรบนจอบางผู้ผลิตสามารถบอกวันและเวลาได้ด้วย

3) แบบแผนผังอาคาร (Graphic Annunciator) โดยจัดทำเป็นรูปแผนผังอาคารที่เข้าใจง่ายและมีหลอด LED แสดงโซนที่เกิดเหตุ

4) แบบไมโครคอมพิวเตอร์ จะใช้กับแผงควบคุมและแจ้งเหตุเพลิงไหม้ชนิดระบุตำแหน่งได้แบบนี้สามารถแสดงแผนผังอาคารเป็นรูปสีได้และมีได้หลายรูป อาจเป็นรูปแผนผังประจำชั้นหรืออาคารด้านในด้านหนึ่งสามารถทำให้มีการเปลี่ยนสีโซนจากสีปกติเป็นสีแดงได้เมื่อมีการแจ้งเหตุ และเปลี่ยนเป็นสีเหลืองในกรณีขัดข้อง นอกจากนี้แล้วยังสามารถเป็นมอนิเตอร์ควบคุมแผงควบคุมและแจ้งเหตุเพลิงไหม้ได้อีกด้วย

แผงแสดงผลจะเป็นแบบใดก็ตามจะต้องสามารถแยกความแตกต่างของเหตุการณ์ที่มี การรับทราบแล้วกับเหตุการณ์ใหม่ที่ยังไม่ได้รับทราบได้ การแยกความแตกต่างปกติจะใช้เป็นไฟติดค้าง และไฟกระพริบโดยมีสวิตช์ทดสอบและไฟแสดงการทำงานของอุปกรณ์และอื่น ๆ ตามแต่ผู้ผลิต สำหรับแผงควบคุมและแจ้งเหตุเพลิงไหม้ที่เป็นชนิดระบุตำแหน่งได้ควรมีระบบแผงแสดงผลที่เป็นชนิดระบุตำแหน่งได้ด้วย

แผงแสดงผลเพลิงไหม้ควรติดตั้งในที่หรือบริเวณทางเข้าหลักของอาคาร โดยเฉพาะทางเข้าของพนักงานดับเพลิงหรือในศูนย์สั่งการดับเพลิง (Fire Command Center) เพื่อให้สามารถตรวจสอบบริเวณเกิดเหตุได้โดยไม่มีเสียเวลาในการค้นหา การแสดงเหตุควรเลือกรูปแบบที่ง่ายและรวดเร็วต่อการทำความเข้าใจการแสดงด้วยรูปภาพจะเข้าใจง่ายกว่าการใช้ข้อความและอาจมีได้หลายชุดตามความเหมาะสม

(5) โทรศัพท์ฉุกเฉิน แผงควบคุมและแจ้งเหตุเพลิงไหม้ของอาคารชุด อาคารสูงขนาดใหญ่และสถานประกอบการพิเศษควรมีระบบโทรศัพท์สำหรับนักผจญเพลิงหรือเจ้าหน้าที่ เพื่อใช้ทำการติดต่อกับเจ้าหน้าที่ที่แผงควบคุมแจ้งเหตุด้วยเพลิงไหม้หรือศูนย์สั่งการฯ ในกรณีเกิดเพลิงไหม้เพื่อประสานงานดับเพลิงโทรศัพท์ควรติดตั้งในตู้เดียวกับแผงควบคุมและแจ้งเหตุเพลิงไหม้หรือที่ศูนย์สั่งการดับเพลิง แหล่งจ่ายไฟอาจใช้ร่วมกับแผงควบคุมและแจ้งเหตุเพลิงไหม้หรือแยกต่างหากโดยมีระบบไฟฟ้าสำรองเองก็ได้แต่ที่สำคัญต้องไม่รวมกับระบบโทรศัพท์ปกติของอาคาร แผงควบคุมระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้หลายผู้ผลิตจะเป็นชนิดที่มีระบบโทรศัพท์อยู่ด้วย มาตรฐานมีข้อกำหนดสำหรับโทรศัพท์ฉุกเฉินดังนี้

1) ระบบและอุปกรณ์โทรศัพท์ต้องเป็นชนิดที่ออกแบบให้ใช้กับระบบแจ้งเหตุโดยเฉพาะจะนำระบบโทรศัพท์ธรรมดามาใช้ไม่ได้

2) สายสัญญาณทั้งหมดต้องมีวงจรตรวจคุมเพื่อแจ้งเหตุขัดข้องได้เมื่อมีเหตุการณ์ผิดปกติได้แก่สายสัญญาณในระบบขาดหรือลัดวงจร

3) โทรศัพท์ต้องติดตั้งอย่างน้อยที่สุดในพื้นที่ต่อไปนี้คือ ช่องบันไดอย่างน้อยทุก ๆ 3 ชั้น ในห้องเครื่องลิฟต์ทุกห้องในห้องเครื่องสูบน้ำดับเพลิงและในห้องปลอดควันไฟหน้าลิฟต์ดับเพลิงทุกชั้น

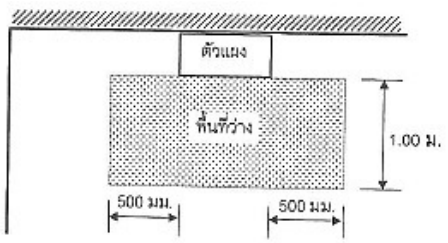
2.2.7.4 ตำแหน่งติดตั้ง

(1) แผงควบคุม แผงควบคุมต้องติดตั้งดังนี้

1) อาคารสูง อาคารขนาดใหญ่หรืออาคารขนาดใหญ่พิเศษหรือสถานประกอบการพิเศษต้องติดตั้งแผงควบคุมหลักภายในศูนย์สั่งการดับเพลิงซึ่งตั้งอยู่ชั้นล่างของอาคาร ข้อกำหนดนี้ไม่รวมถึงแผงแสดงผลเพลิงไหม้ระยะไกลซึ่งต้องติดตั้งในสถานที่ห่างไกลออกไป

2) อาคารขนาดเล็ก ให้ติดตั้งแผงควบคุมในห้องหรือบริเวณที่มีคนอยู่ประจำตลอดเวลาหรือในพื้นที่ที่มีคนเห็นได้ง่ายและห้ามติดตั้งในสถานที่เปียกชื้นหรือที่มีความชื้นสูงหรือมีฝุ่นมาก

พื้นที่ปฏิบัติงานหน้าแผงควบคุมต้องเพียงพอที่จะเข้าไปปฏิบัติงานได้สะดวกโดยมีพื้นที่การปฏิบัติงานไม่น้อยกว่าที่แสดงในรูปที่ 2.111 เพดานบริเวณที่ติดตั้งแผงต้องสูงไม่น้อยกว่า 1.80 เมตร และเป็นที่ว่างสามารถเข้าถึงเพื่อปฏิบัติงานได้



รูปที่ 2.111 พื้นที่ว่างสำหรับแผงควบคุมและแจ้งเหตุเพลิงไหม้
ที่มา: การออกแบบและติดตั้งระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้

(2) แผงแสดงผลเพลิงไหม้ (Annunciator) สำหรับอาคารสูง อาคารขนาดใหญ่ อาคารขนาดใหญ่พิเศษ หรือสถานประกอบการพิเศษและอาคารขนาดเล็กต้องติดตั้งแผงแสดงผลเพลิงไหม้เช่นเดียวกับแผงควบคุมตามข้อ (1) การติดตั้งต้องอยู่ในตำแหน่งที่มองเห็นได้ชัดเจนอยู่ในพื้นที่ทางเข้าหลักของอาคารหรืออยู่ในห้องควบคุม หรือศูนย์สั่งการดับเพลิงที่สามารถเข้าบำรุงรักษาได้สะดวกพื้นที่ปฏิบัติงานไม่น้อยกว่าที่กำหนดดังรูปที่ 2.111 และมีความสูงจากพื้นระหว่าง 0.75 เมตร ถึง 1.85 เมตร โดยวัดจากขอบล่างของแผง

ในที่ซึ่งแผงแสดงผลเพลิงไหม้มีประตูปิดอยู่ ที่ประตูนี้ต้องมีเครื่องหมายแสดงเป็นตัวอักษรว่า”แผงแสดงผลเพลิงไหม้” ด้วยสีและขนาดที่เห็นได้ชัดเจน ขนาดความสูงของตัวอักษรไม่น้อยกว่า 50 มิลลิเมตร และต้องไม่มีอักษรอื่นรวมอยู่ด้วยบนประตูบานเดียวกันนี้ ประตูควรเป็นชนิดที่ไม่สามารถล็อกได้เพื่อให้สามารถเปิดประตูได้ตลอดเวลา

ถ้าแผงแสดงผลเพลิงไหม้ติดตั้งในพื้นที่ซึ่งห่างออกไป ต้องมีแผนผังแสดงตำแหน่งที่ตั้งของแผงแสดงผลเพลิงไหม้ติดตั้งที่ทางเข้าหลักของอาคารในตำแหน่งที่เห็นได้ชัดเจน

2.2.7.5 ขั้นตอนการแจ้งเหตุ เมื่อแผงควบคุมและแจ้งเหตุเพลิงไหม้ได้รับสัญญาณการเกิดเพลิงไหม้จากอุปกรณ์เริ่มสัญญาณก็จะทำการแจ้งเหตุตามขั้นตอนที่กำหนด โดยทั่วไปการแจ้งเหตุแบ่งออกเป็นแบบขั้นตอนเดียวและหลายขั้นตอน

(1) การแจ้งเหตุแบบขั้นตอนเดียว หมายถึงการที่อุปกรณ์แจ้งเหตุทำงานทันทีเมื่ออุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้ทำงาน

(2) การแจ้งเหตุแบบหลายขั้นตอน หมายถึงการแจ้งเหตุที่ต้องการการตรวจสอบก่อน การแจ้งเหตุแบบหลายขั้นตอนแบ่งออกเป็น 3 แบบ ดังนี้

1) แจ้งเหตุให้ทราบเฉพาะที่ศูนย์ดับเพลิงก่อน เพื่อทำการตรวจสอบเหตุการณ์ก่อน (Pre-Signal) จากนั้นแจ้งเหตุอัตโนมัติในเวลาที่กำหนด

2) แจ้งเหตุด้วยสัญญาณอพยพ (Evacuation Signal) เฉพาะพื้นที่ที่อุปกรณ์ตรวจจับส่งสัญญาณหรือพื้นที่ต้นเพลิงและบริเวณใกล้เคียงรวมทั้งพื้นที่ที่มีความเสี่ยงสูงในอาคารหรือหนีไฟยาก พร้อมกันนั้นส่งสัญญาณเตรียมพร้อม (Alert Signal) ในพื้นที่ที่เหลือและเปลี่ยนเป็นสัญญาณแจ้งเหตุเพลิงไหม้เมื่อเกินเวลาที่กำหนด

3) แบบผสม คือแบบที่เป็นทั้งแบบที่ (1) และ (2) รวมกัน

การแจ้งเหตุเฉพาะเจ้าหน้าที่ (Staff Alarm) ตามที่กำหนดในมาตรฐานระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้อนุญาตให้ใช้ได้เฉพาะสถานพยาบาลเท่านั้น

2.2.8 สายไฟฟ้าและการเดินสาย

สายไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่จ่ายกำลังไฟฟ้าให้ระบบและทำหน้าที่รับส่งสัญญาณระหว่างอุปกรณ์แจ้งเหตุเพลิงไหม้ด้วยกัน รวมทั้งเป็นตัวเชื่อมระหว่างระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้กับอุปกรณ์ที่ทำงานร่วมอื่น ๆ หากสายไฟฟ้าเกิดการชำรุดอาจทำให้ระบบไม่สามารถทำงานได้ การเลือกสายไฟฟ้าและการเดินสายไฟฟ้าและการเดินสายจึงต้องให้เหมาะสมกับการใช้งานทั้งชนิดและขนาดของสายไฟฟ้า ในข้อกำหนดของมาตรฐานจะกำหนดชนิดของสายไฟฟ้าสำหรับบางพื้นที่ไว้เพื่อให้มั่นใจว่าระบบยังคงสามารถใช้งานได้เมื่อเกิดเพลิงไหม้ ในบางส่วนของวงจรจะไม่กำหนดชนิดของสายไฟฟ้าไว้ ผู้ออกแบบจะเลือกได้ตามที่เห็นเหมาะสม

2.2.8.1 ชนิดของสายไฟฟ้า ระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้สามารถเลือกใช้สายไฟฟ้าได้หลายชนิดตามความต้องการและความเหมาะสมกับระบบและสภาพการใช้งาน แต่ในบางสถานที่ได้มีการกำหนดชนิดของสายไฟฟ้าที่ใช้ไว้โดยเฉพาะ เพราะต้องการให้ระบบสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องเมื่อเกิดเพลิงไหม้ ชนิดของสายไฟฟ้าที่ใช้อาจเป็นชนิดใดชนิดหนึ่งหรือหลายชนิดก็ได้ ดังนี้

(1) สายทองแดงหุ้มฉนวน พีวีซี ตาม มอก. 11-2531

(2) สายทนไฟมาตรฐาน IEC 331

(3) สายทนไฟมาตรฐาน BS 6387

(4) สายทนไฟมาตรฐาน AS 3013

(5) สายทองแดงหุ้มฉนวนเอ็กซ์แอลพีอี (XLPE) หรือฉนวนต้านเปลวเพลิงอื่น ๆ

(6) สายใยแก้ว (Optical Fiber)

(7) สายโทรศัพท์

(8) สายชีลด์ (Shield)

2.2.8.2 สายทองแดงหุ้มฉนวน พีวีซี ตาม มอก.11-2531 สายทองแดงหุ้มฉนวนพีวีซีเป็นสายไฟฟ้าที่ผลิตตามมาตรฐานอุตสาหกรรม ซึ่งแบ่งสายไฟฟ้าเป็นหลายชนิดด้วยกันตามความต้องการใช้งานมีทั้งสายไฟฟ้าที่ใช้ในระบบไฟฟ้ากำลัง สายที่ใช้ในวงจรควบคุม ในรถยนต์และอื่น ๆ โดยมาตรฐานจะแบ่งชนิดของสายไฟฟ้าเป็นหลายตาราง ในทางปฏิบัติไม่สะดวกในการเรียกเป็นตารางจึงนิยมเรียกเป็นชื่อตามที่คุ้นเคยซึ่งไม่มีระบุไว้ในมาตรฐานสายไฟฟ้าที่ใช้ในระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้มีดังนี้

(1) สายชนิด วีเอเอฟ (VAF) เป็นสายชนิดทนแรงดัน 300 โวลต์ มีทั้งชนิดที่เป็นสายเดี่ยว สายคู่ ถ้าเป็นสายเดี่ยวจะเป็นสายกลมและถ้าเป็นชนิด 2 แกน สายจะมีรูปร่างแบน ตัวนำนอกจากจะมีฉนวนหุ้มแล้วยังมีเปลือกหุ้มอีกชั้นหนึ่งเพื่อป้องกันทางกายภาพ สายเดี่ยวเมื่อดูจากภายนอกจะมีรูปร่างเหมือนสายไอวีในระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ สายไฟฟ้าต้องเดินในช่องเดินสายในการใช้งานจึงต้องใช้สายเป็นชนิดสายเดี่ยว สายชนิดนี้สามารถทนความชื้นได้จึงสามารถเดินใช่องเดินสายที่อยู่ในสถานที่แจ้งหรือร้อยท่อฝังดินได้แต่ในการเดินสายจะต้องป้องกันไม่ให้น้ำเข้าไปในท่อได้

(2) สายชนิด ทีเอชอับเบิลยู (THW) เป็นสายชนิดทนแรงดัน 750 โวลต์ เป็นสายแกนเดียวหุ้มฉนวนไม่มีเปลือกนอก นิยมใช้อย่างกว้างขวางในระบบไฟฟ้ากำลังในโรงงานอุตสาหกรรม ใช้สำหรับการจ่ายกำลังไฟฟ้าให้ระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้และใช้เป็นสายของวงจรตรวจจับและแจ้งเหตุในการใช้งานต้องดูข้อกำหนดการใช้งานประกอบด้วย ในการใช้งานจะเดินร้อยในท่อร้อยสายหรือในช่องเดินสายอื่น เมื่อเดินร้อยในท่อร้อยสายสามารถเดินฝังดินได้แต่ต้องมีการป้องกันน้ำเข้าในท่อ

(3) สายชนิด เอ็นวายวาย (NYY) เป็นสายที่มีทั้งชนิดแกนเดียวและหลายแกน สายหลายแกนก็จะเป็นสายกลมเช่นกัน สายชนิดนี้ทนแรงดัน 750 โวลต์ นิยมใช้อย่างกว้างขวางในระบบไฟฟ้ากำลังเนื่องจากมีความคงทนต่อสภาพแวดล้อมเพราะมีเปลือกหุ้มอีกชั้นหนึ่ง ในระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้กำหนดการใช้งานเช่นเดียวกับสายทีเอชดับเบิลยู สายชนิดนี้มีฉนวนและยังมีเปลือกอีกสองชั้นเปลือกชั้นในทำหน้าที่เป็นแบบ (Form) ให้สายแต่ละแกนที่ตีเกลียวเข้าด้วยกันมีลักษณะกลมแล้วจึงมีเปลือกชั้นนอกหุ้มอีกชั้นหนึ่งทำหน้าที่ป้องกันความเสียหายทางกายภาพ

(4) สายชนิด วีซีที (VCT) เป็นสายกลมมีทั้งชนิด 1 แกน 2 แกน 3 แกน และ 4 แกน ทนแรงดัน 750 โวลต์ มีฉนวนและเปลือกเช่นกัน มีข้อพิเศษกว่าก็คือตัวนำจะประกอบด้วยทองแดงฝอยเส้นเล็ก ๆ ทำให้มีข้อดีคืออ่อนตัวและทนต่อสภาพการสั่นสะเทือนได้ดี สายชนิดนี้ใช้งานทั่วไปเหมือนสายชนิดเอ็นวายวาย

2.2.8.3 สายทนไฟ คือสายไฟฟ้าที่มีความสามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าได้โดยไม่ขาดหรือเกิดลัดจรในขณะที่เกิดเพลิงไหม้แต่จะเสียสภาพการใช้งาน สายทนไฟมีหลายแบบตามมาตรฐานการผลิต มาตรฐานที่นิยมใช้อ้างอิงคือมาตรฐาน IEC (International Electro Technical Commission) มาตรฐาน BS (British Standard) และมาตรฐาน AS (Australian Standard)

(1) สายทนไฟตามมาตรฐาน IEC 331 เป็นมาตรฐานของสายทนไฟมาตรฐานกำหนดให้สายชนิดนี้ต้องสามารถใช้งานได้อย่างต่อเนื่องที่อุณหภูมิ 750 องศาเซลเซียสได้นานไม่น้อยกว่า 3 ชั่วโมง โดยไม่มีการกำหนดความสามารถในการทนน้ำและทนแรงทางกล โครงสร้างของสายไฟฟ้ามีหลายแบบตามผู้ผลิตและความต้องการใช้งาน

(2) สายทนไฟมาตรฐาน BS 6387 เป็นสายทนไฟที่ผลิตตามมาตรฐาน BS ของประเทศอังกฤษในมาตรฐานแยกการทนไฟออกเป็น 3 ชนิดคือ สายทนไฟ สายทนไฟและทนน้ำและสายทนไฟและแรงสากล

1) การทนไฟ มาตรฐาน BS กำหนดการทนไฟของสายไฟฟ้าออกเป็น 4 ระดับ แสดงด้วยตัวอักษรตามตารางที่ 2.13

2) การทนไฟและทนน้ำ เป็นความสามารถในการทนไฟและทนน้ำในขณะที่เกิดเพลิงไหม้ สายไฟฟ้าชนิดนี้จึงต้องสามารถใช้งานได้ต่อเนื่องขณะเมื่อเกิดเพลิงไหม้และมีน้ำจากการดับเพลิงด้วยแสดงด้วยสัญลักษณ์เป็นตัวอักษร W ซึ่งในมาตรฐานกำหนดให้ต้องทนไฟได้นา 15 นาที

ที่อุณหภูมิ 650 องศาเซลเซียส และยังสามารถทนไฟและน้ำที่ฉีดจากหัวกระจายน้ำดับเพลิงพร้อมกันได้อีก เป็นเวลา 15 นาที

3) การทนแรงทางกล สายชนิดนี้มีจุดประสงค์ให้สามารถทนแรงกระแทกได้ด้วย ความสามารถในการทนแรงทางกลแสดงด้วยตัวอักษร ตามตารางที่ 2.14

ตารางที่ 2.13 การทนไฟของสายไฟฟ้าตามมาตรฐาน BS 6387

สัญลักษณ์	**อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)**	**ระยะเวลา(ชั่วโมง)**
A	650	3
B	750	3
C	950	3
D	950	1/3

ตารางที่ 2.14 แสดงการทนแรงทางกล

สัญลักษณ์	**อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส) ที่เวลานาน 15 นาที**
X	650
Y	750
Z	950

สายชนิดนี้จะระบุลักษณะสมบัติต่าง ๆ ด้วยตัวอักษรสามตัว ดังนี้

AWX

A คือการทนไฟ

W คือการทนไฟและน้ำ

X คือทนแรงทางกล (ตารางที่ 2.14)

จากตัวอย่างที่แสดงข้างบนหมายความว่า เป็นสายทนไฟที่ทนอุณหภูมิได้ถึง 650 องศาเซลเซียสและในขณะเดียวกันยังสามารถทนน้ำและทนแรงทางกลได้ด้วย

(3) สายทนไฟตามมารฐาน AS 3013 เป็นสายทนไฟที่ผลิตตามมาตรฐาน AS ของประเทศออสเตรเลียสายชนิดนี้สามารถทนไฟได้ทนแรงทางกลและทนน้ำได้ แสดงด้วยตัวเลขและตัวอักษร ดังนี้

WS54W

WS คือ ระบบการเดินสาย

5 คือ การทนไฟ (ตารางที่ 2.15)

4 คือ การทนแรงทางกล (ตารางที่ 2.16)

W คือ ทนน้ำ

ตารางที่ 2.15 การทนไฟของสายไฟฟ้าตามมาตรฐาน AS 3013

หมายเลข	อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)	ระยะเวลา(นาที)
1	718	15
2	821	30
3	925	60
4	986	90
5	1029	120

ตารางที่ 2.16 แสดงการทนแรงทางกล

หมายถึง	ความสามารถในการแรงาทางกล
1	เบา
2	ปานกลาง
3	หนัก
4	หนักมาก
5	หนักมากพิเศษ

2.2.8.4 สายทนไฟชนิดสายเอ็มไอ (Mineral Insulated Cable) สายทนไฟชนิดเอ็มไอหรือเรียกว่าเอ็มไอเคเบิล เป็นสายที่ผลิตตามมาตรฐานต่างประเทศมีใช้ในหลายประเทศมีโครงสร้างหลายแบบตามการออกแบบของผู้ผลิต เอ็มไอเคเบิล คือสายเคเบิลที่มีเปลือกเป็นโลหะ (ปกติเป็นทองแดง) ใช้ตัวนำเป็นทองแดงและมีฉนวนเป็นแร่แมกนีเซียมออกไซด์โครงสร้าง สายมีทั้งชนิดที่เป็นสายแกนเดียวและหลายแกนมีหลายขนาดตั้งแต่ขนาด 1.0 ตารางมิลลิเมตร ขึ้นไป

สายเอ็มไอ บางรุ่นจะมีฉนวนพลาสติกหุ้มอีกชั้นหนึ่ง เพื่อความสวยงามและให้มีสีตามข้อกำหนดความต้องการใช้งานการต่อระหว่างสายและการต่อเข้ากับอุปกรณ์ต้องใช้อุปกรณ์ที่ผลิตมาโดยเฉพาะ จึงมีข้อกำหนดในการใช้งานอยู่บ้างแต่ข้อดีของสายชนิดนี้คือมีความสามารในการทนแรงทาง

กลได้และน้ำได้ดีและในการเดินสายไม่จำเป็นต้องร้อยในท่อร้อยสายหรือเดินในรางเดินสาย สามารถใช้ได้ในทุกส่วนของวงจรในระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้แต่มีราคาสูงกว่าสายไฟฟ้าทั่วไป การออกแบบและติดตั้งจึงควรเลือกใช้ในพื้นที่ที่จำเป็นและมีความสำคัญ

2.2.8.5 สายทนไฟอื่น (Fire Resistance) ได้แก่สายที่มีฉนวนต้านเปลวเพลิงเช่นสายชนิด FP และ FR เป็นต้น โครงสร้างของสายเป็นทองแดงหุ้มด้วยสารประเภทถ่านหรือไมก้าและมีฉนวนหุ้มอีกชั้นหนึ่ง บางชนิดมีฉนวนเป็นคลอสลิงค์ชนิดหนึ่ง (Electron Crosslinked EPDM Based Compound) หรือชนิดอื่นตามมาตรฐานของผู้ผลิตมีคุณสมบัติที่อ่อนตัวได้จึงสามารถเดินในท่อร้อยสายไฟฟ้าได้ เมื่อสายไฟฟ้าถูกความร้อนไหม้ฉนวนหรือเปลือกของสายจะหลอมละลายแต่ส่วนที่เป็นถ่านหรือไมก้าจะยังคงห่อหุ้มสายอยู่ทำให้ยังสามารถจ่ายไฟได้ต่อไปอีกอาจนานเป็นชั่วโมง ซึ่งจะสอดคล้องตามมาตรฐานที่ผลิตเมื่อเพลิงสงบสายไฟฟ้าจะเสียสภาพต้องรื้อออกและเปลี่ยนใหม่

สายบางชนิดถ้าต้องให้สามารถทนแรงทางกลและทนน้ำได้ด้วยจะต้องเดินร้อยในท่อร้อยสายหรือรางเดินสาย บางชนิดออกแบบให้สามารถทนน้ำฉีดเบา ๆ ได้ เช่นน้ำจากหัวกระจายน้ำดับเพลิง การเลือกใช้งานต้องพิจารณาให้เหมาะสมด้วย

2.2.8.6 สายทองแดงหุ้มฉนวน เอ็กซ์แอลพีอี (XLPE) สายชนิดนี้มีคุณสมบัติพิเศษคือ ฉนวนเอ็กซ์แอลพีอีสามารถทนอุณหภูมิได้สูงและมีความแข็งแรงทนต่อแรงเสียดสีได้ดีเป็นสายที่ผลิตตามมาตรฐานต่างประเทศ ส่วนใหญ่เป็นสายชนิดทนแรงดัน 600 โวลต์ เป็นสายชนิดตัวนำทองแดงอุณหภูมิใช้งานของฉนวน 90 องศาเซลเซียส เรียกชื่อตามท้องตลาด ว่าสายไฟฟ้าชนิด ซีวี (CV) จึงเป็นสายที่มีขนาดกระแสสูงกว่าสายหุ้มฉนวน พีวีซี ตาม มอก.11-2531 ที่ ขนาดเดียวกันและมีวิธีการเดินสายเหมือนกัน สายชนิดนี้มีทั้งแกนเดียวและหลายแกน (Multi-Core) มีเปลือกนอกเพื่อป้องกันความเสียหายทางกายภาพจึงใช้งานได้ทั่วไปไปรวมทั้งใช้เดินฝังดินโดยตรง ในระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้กำหนดการใช้งานเหมือนสายที่ผลิตตามมาตรฐาน มอก.11-2531

2.2.8.7 สายใยแก้ว (Optical Fiber) สายใยแก้วเป็นสายที่ทำจากแก้วหรือพลาสติก การส่งสัญญาณจึงแตกต่างจากการไฟฟ้า เนื่องจากไม่ได้ส่งในรูปของกระแสไฟฟ้าแต่ส่งในรูปของแสงที่มีแก้วหรือพลาสติกเป็นตัวนำไป ในการใช้งานจึงต้องมีอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็นตัวส่งและตัวรับแสงที่มีเทคโนโลยีหลายแบบ สายใยแก้วมีข้อดีกว่าสายทั่วไปคือป้องกันคลื่นรบกวนได้ส่งสัญญาณได้ไกลโดยสัญญาณไม่อ่อนลงและส่งสัญญาณได้มากช่วงคลื่นกว่า แต่ข้อเสียคือมีราคาแพงติดตั้งและบำรุงรักษายากและชำรุดได้ง่ายกว่าสายไฟฟ้าทั่วไป

2.2.8.8. สายโทรศัพท์ เป็นสายทองแดงหุ้มด้วยฉนวนพีวีซี มีใช้ในวงจรสายโทรศัพท์ตามบ้านที่อยู่อาศัยทั่วไป มีทั้งชนิดที่เป็นคู่สายเดียวและหลายคู่สายตามความต้องการใช้งาน การใช้สายโทรศัพท์มีข้อจำกัดในมาตรฐานอนุญาตให้ใช้เป็นสายเดินระหว่างแผงควบคุมกับแผงแสดงผลเพลิงไหม้เดินระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้กับอุปกรณ์แสดงผลระยะไกลและใช้เดินในระบบโทรศัพท์

ฉุกเฉินเท่านั้น ในส่วนอื่น ๆ ของวงจรต้องใช้สายชนิดอื่นและที่สำคัญในการเดินสายคือต้องมีการป้องกันความเสียหายทางกลด้วยการป้องกันทำได้โดยการร้อยท่อร้อยสายหรือเดินในรางเดินสายก็ได้

2.2.8.9 สายชิลด์ คือสายที่แต่ละคู่สายหุ้มด้วยโลหะมีทั้งที่เป็นแผ่นบาง ๆ และที่เป็นเส้นโลหะถัก ชิลด์โลหะจะทำหน้าที่ป้องกันคลื่นรบกวนสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Noise) และยังสามารถลดการกวนระหว่างคู่สายที่เรียกปรากฏการณ์ crosstalk ซึ่งเกิดจากสายคู่หนึ่งรับสัญญาณจากอีกคู่สายหนึ่งที่มักพบเสมอคือขณะที่ใช้โทรศัพท์อาจได้ยินเสียงพูดแทรกซ้อนจากคู่สายอื่นกรณีที่ใช้สายไม่มีการชิลด์ สายชิลด์มีหลายชนิดตามความต้องการใช้งาน สายที่ใช้ในระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้คือชนิดตีเกลียว (Shield Twisted- Pair) สายตีเกลียวคือสายที่และคู่สายมีการพันกันหรือตีเกลียวเพื่อลดคลื่นรบกวนจากภายนอกจำนวนเกลียวต่อความยาวยิ่งมากก็จะสามารถลดคลื่นรบกวนได้ดี ปกติตัวนำจะเป็นทองแดงตัน (Solid) หุ้มด้วย พีวีซี ประกอบเป็นคู่สายเดียวหรือหลายคู่สายและมีเปลือกพลาสติกหุ้มอีกชั้นหนึ่งหรือหลายชั้นตามการออกแบบและความต้องการใช้งาน นิยมใช้ระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ที่แผงควบคุมเป็นชนิดระบุตำแหน่งได้

2.2.8.10 การเลือกชนิดและขนาดของสายไฟฟ้า แต่ละส่วนของวงจรในระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้มีข้อกำหนดการเดินสายที่ต่างกัน การเดินสายของอุปกรณ์เริ่มสัญญาณทั้งหมดเช่น อุปกรณ์ตรวจจับอัตโนมัติ อุปกรณ์แจ้งเหตุด้วยมือ ต้องมีการควบคุมเพื่อให้มั่นใจว่าเมื่อมีการถอดชิ้นส่วนใด ๆ จากวงจรโซนตรวจจับหรือสายของวงจรขัดข้องจะมีสัญญาณเตือนที่แผงควบคุม สายของระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ต้องเดินแยกจากระบบไฟฟ้ากำลังอื่น ๆ แต่การเดินสายต้องทำตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย

(1) ชนิดของสายไฟฟ้า ในแต่ละส่วนของวงจรอาจใช้สายไฟฟ้าต่างชนิดกันตามจุดประสงค์การใช้งานดังนี้

1) การใช้สายทนไฟ สายที่เดินในช่องเปิดแนวดิ่ง สายไฟระหว่างแผงควบคุมกับอุปกรณ์แจ้งเหตุ สายระหว่างแผงควบคุมกับระบบที่ทำงานร่วมกับระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ เช่นระบบลิฟต์ ระบบอัดอากาศ ระบบควบคุมควัน เป็นต้น ต้องเป็นสายชนิดทนไฟ สายไฟยังสามารถใช้ในส่วนอื่นของวงจรได้ด้วย

2) สายไฟฟ้าทองแดง ใช้เดินได้ในทุกส่วนของวงจร กรณีที่ใช้เดินแทนสายทนไฟตามที่กำหนดในข้อ (1) ต้องเดินในส่วนปิดล้อมทนไฟที่ทนไฟได้นานอย่างน้อย 1 ชั่วโมง ถ้าใช้ในวงจรสัญญาณต้องระวังการรบกวนด้วยอาจต้องใช้สายชนิดอื่นแทน

3) สายใยแก้ว ใช้เป็นสายสัญญาณได้ดี แต่มีข้อจำกัดการใช้งานเรื่องการติดตั้งและบำรุงรักษายากจึงเหมากับเครือข่ายขนาดใหญ่ รวมทั้งในการติดตั้งต้องมีวิธีการที่จะให้สามารถทนไฟได้ตามที่กำหนดในมาตรฐานด้วย

4) สายโทรศัพท์ เป็นสายที่ยอมให้ใช้ในวงจรที่เดินระหว่างแผงควบคุมกับแผงแสดงผลเพลิงไหม้ระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้กับอุปกรณ์แสดงผลระยะไกล และใช้ในการเดินระบบโทรศัพท์ฉุกเฉินเท่านั้น

5) สายชิลด์ ใช้เป็นสายสัญญาณสามารถป้องกันการรบกวนได้ดี ในการติดตั้งต้องป้องกันความเสียหายจากเพลิงไหม้เช่น เดินในส่วนปิดล้อมทนไฟนาน 1 ชั่วโมงเป็นต้น

(2) ขนาดสายไฟ สายไฟต้องมีขนาดใหญ่พอที่จะสามารถนำกระแสได้ โดยเฉพาะสายไฟฟ้าที่หน้าที่จ่ายไฟให้แผงควบคุม และไม่ทำให้มีค่าแรงดันตกหรือความต้านทานวงจรมากเกินไปจนระบบทำงานผิดพลาด ค่าแรงดันตกหรือความต้านทานวงจรให้ใช้ค่าที่แนะนำโดยผู้ลิตอุปกรณ์ แต่เพื่อความแข็งแรงทางกลสายไฟฟ้าที่ใช้ต้องมีขนาดไม่เล็กกว่า 1.5 ตร.มม. กรณีที่ใช้เป็นสายทนไฟเช่น เอ็มไอเคเบิล จะใช้ขนาดเล็กกว่าได้เนื่องจากมีความแข็งแรงทางกลเพียงพอ

การหาค่าแรงดันตกในสายไฟฟ้าสำหรับการกำหนดขนาดความยาวของสายไฟฟ้าทำได้โดยใช้กฎของโอห์มจากความสัมพันธ์ที่ว่า แรงดันตกมีค่าเท่ากับกระแสคูณความต้านทาน จะเขียนสมการได้ดังนี้

กำหนดให้

VD = แรงดันตก เป็นโวลต์

I = กระแสที่ไหลในสายไฟฟ้า เป็นแอมแปร์

R = ความต้านทานของสายเป็นโอห์ม

ในการคำนวณแรงดันตกจะต้องทราบปริมารกระแสไฟฟ้าทั้งหมดของวงจรที่ไหลในสายไฟฟ้า ทราบขนาดและความยาวของสายไฟฟ้าเพื่อหาความต้านทาน การคำนวณแรงดันตกควรใช้ค่าความต้านทานที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ในวงจรไฟฟ้า 1 เฟส หรือวงจรไฟฟ้ากระแสตรงที่จ่ายด้วย

สายสองเส้น การหาความต้านทานของสายไฟฟ้าเพื่อหาค่าแรงดันตกต้องคิดความยาวทั้งไปและกลับ สายไฟฟ้าชนิดตัวนำทองแดงที่มีขนาดเท่ากันจะมีความต้านทานเท่ากันไม่ว่าจะเป็นสายชนิดใด

ในบางผู้ผลิตอุปกรณ์แจ้งเหตุเพลิงไหม้ แนะนำให้วงจรมีค่าแรงดันตกไม่เกิน 10 % ดังนั้นในวงจรแจ้งเหตุเพลิงไหม้ที่ใช้ไฟฟ้ากระแสตรงแรงดัน 24 โวลต์ จะมีค่าแรงดันตกไม่เกิน 2.4 โวลต์ และถ้าใช้ระบบแรงดัน 12 โวลต์ ก็จะมีค่าแรงดันตกไม่เกิน 1.2 โวลต์ เป็นต้นกรณีกำหนดค่าความต้านทานวงจรก็จะสามารถหาค่าความต้านทานได้โดยตรงจากตารางที่ 2.17 หรือตามแต่ชนิดชองสายที่ใช้งาน

ตารางที่ 2.17 ความต้านทานของสายไฟฟ้าทองแดง

ขนาดสายไฟฟ้า (ตารางมิลลิเมตร)	ความต้านทาน ที่ 20°C (มิลลิโอห์ม/เมตร)	ความต้านทาน ที่ 40°C (มิลลิโอห์ม/เมตร)	ความต้านทาน ที่ 70°C (มิลลิโอห์ม/เมตร)
0.5	36.0000	38.75862	42.89655
1.0	18.1000	19.48697	21.56743
1.5	12.1000	13.0272	14.41801
2.5	7.4100	7.977816	8.82954
4.0	4.6100	4.963257	5.493142
6.0	3.0800	3.316015	3.670038
10	1.8300	1.97023	2.180575
16	1.1500	1.238123	1.370307
25	0.7270	0.782709	0.866272
35	0.5240	0.564153	0.624383
50	0.3870	0.416655	0.461138
70	0.2680	0.288536	0.319341
95	0.1930	0.207789	0.229973
120	0.1530	0.164724	0.18231
150	0.1240	0.133502	0.147755
185	0.0991	0.1066694	0.118085
240	0.0754	0.081178	0.089844
300	0.0601	0.064705	0.071613
400	0.0470	0.050602	0.056004
500	0.0366	0.039405	0.043611

2.2.8.11 วิธีเดินสาย มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้า มีการเดินสายหลายวิธีด้วยกันเพื่อให้เลือกตามความเหมาะสม ในระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้จะเลือกใช้วิธีเดินสายเป็นบางวิธี แต่การเดินสายต้องสอดคล้องกับที่กำหนดในมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้า วิธีเดินสายที่นิยมคือ

(1) การเดินสายร้อยท่อ ท่อที่ใช้ร้อยสายไฟฟ้าที่ใช้ในระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้แบ่งออกเป็นท่อโลหะและท่ออโลหะ สำหรับสถานที่ที่ต้องการการป้องกันแรงทางกลและทนไฟต้องใช้ท่อโลหะเท่านั้น

1) การเดินในท่อโลหะ หมายถึงการเดินสายในท่อชนิดท่อโลหะบาง (EMT) ท่อโลหะหนาปานกลาง (IMC) และท่อโลหะหนา (RSC) ท่อทั้งสามชนิดมีข้อกำหนดการติดตั้งที่แตกต่างกันเพียงเล็กน้อย ท่อโลหะหนาและหนาปานกลางมีลักษณะการใช้งานที่สามารถใช้ทดแทนกันได้สำหรับท่อโลหะบางห้ามทำเกลียวและไม่สามารถใช้เดินฝังดินได้

ท่อโลหะทั้งสามชนิดทำด้วยเหล็กอาบสังกะสีเพื่อป้องกันการผุกร่อน เมื่อทำการตัดปลายท่อต้องทำการลบคมเพื่อป้องกันการบาดสาย กรณีเดินฝังในคอนกรีตจะต้องใช้ข้อต่อชนิดที่ฝังในคอนกรีตได้ การโค้งงอท่อขนาดเล็ก ๆ สามารถใช้อุปกรณ์ดัดท่อได้แต่ท่อขนาดใหญ่ๆ จะใช้ท่อที่โค้งงอมาสำเร็จแล้ว เมื่อเดินท่อแล้วควรตรวจดูว่าท่อช่วงที่อยู่ระหว่างจุดดึงสายซึ่งอาจเป็นกล่องต่อสายหรือกล่องอุปกรณ์ไฟฟ้าต้องมีความโค้งรวมกันไม่เกิน 360 องศา เพื่อให้สามารถดึงสายได้ จำนวนสายไฟฟ้าที่ร้อยในท่อร้อยสายต้องมีจำนวนไม่มากเกินไป ในมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทยกำหนดจำนวนสายไฟฟ้าไว้เป็นพื้นที่หน้าตัดของสายไฟฟ้ารวมฉนวนและเปลือกที่ร้อยในท่อร้อยสายไว้ว่าต้องไม่เกินตามที่กำหนดในตารางที่ 2.18

ตารางที่ 2.18 พื้นที่หน้าตัดสูงสุดในท่อร้อยสายไฟฟ้า

จำนวนสายไฟฟ้าในท่อ	1	2	ตั้งแต่ 3 เส้น ขึ้นไป
พื้นที่หน้าตัด(ร้อยละ)	53	31	40

ที่ปลายท่อมีการตัดต้องทำการลบคมเพื่อป้องกันการบาดสายไฟฟ้า และจุดที่ท่อร้อยสายเดินเข้ากล่องต่อสายต้องใช้อุปกรณ์ที่เหมาะสมเพื่อป้องกันการบาดสาย การต่อท่อชนิดทำเกลียวเข้ากล่องต่อสายต้องใช้บุชชิ่งและล็อกนัตและถ้าใช้ท่อชนิดบางต้องใช้หัวต่อท่อร่วมกับล็อกนัตและบุชชิ่งให้เหมาะสม

2) การเดินสายในท่ออโลหะ ท่ออโลหะที่นิยมใช้คือท่อพีวีซี ท่อชนิดนี้สามารถป้องกันทางกลได้บ้าง แต่ไม่สามารถป้องกันสายทางกลขณะเกิดเพลิงไหม้ได้จึงไม่เหมาะที่จะใช้ร้อยสายทนไฟบางชนิดที่เมื่อไฟไหม้แล้วต้องการการทนแรงทางกลด้วย เนื่องจากไม่สามารถป้องสายจากน้ำดับเพลิง ได้จึงนำมาใช้กับบางส่วนของวงจรและกับสายไฟฟ้าบางชนิดเท่านั้น ข้อควรระวังในการใช้ท่อพีวีซีคือ ควันจากการเผาไหม้พีวีซีจะเป็นพิษต่อบุคคลที่สูดดมเข้าไป ผู้สูดดมควันพิษอาจหมดสติก่อนที่จะหนีไฟได้ทันการใช้งานจึงควรเลือกใช้ในบริเวณที่ควันจากการเผาไหม้สามารถควบคุมให้อยู่ในพื้นที่ที่จำกัดได้หรือในพื้นที่ที่การระบายควันสามารถทำได้ดี เป็นต้น

(2) การเดินสายในรางเดินสาย (Wire ways) รางเดินสายมีลักษณะเป็นแผ่นเหล็กพับขึ้นเป็นรูปร่างเหมือนรางน้ำ มีฝาปิด มีทั้งที่ผลิตเป็นท่อนสำเร็จรูปจากโรงงานและแบบที่ทำใช้เอง การเดินสายในรางเดินสายแตกต่างจากการเดินสายร้อยท่อเพราะการเดินสายในรางเดินสายต้องใช้วิธีการวาง

สายลงในรางแล้วปิดฝารางจะดึงสายแบบเดินร้อยท่อไม่ได้เพราะรางจะบาดฉนวนของสายชำรุด ดังนั้น ในการติดตั้งรางเดินสายจึงต้องติดตั้งในสถานที่ที่สามารถเปิดรางเพื่อการบำรุงรักษาได้ รางเดินสายจึงห้ามเดินในสถานที่ปิดเช่น บนฝ้าหรือในสถานที่อื่นที่ไม่สามารถเข้าถึงได้เพื่อเปิดฝารางได้

รางเดินสายมีข้อดีตรงที่สามารถเดินสายได้จำนวนมากและมีราคาถูกกว่าการเดินสายร้อยท่อแต่มีข้อจำกัดในการใช้งานดังกล่าว และทำให้เสียความสวยงามในบางสถานที่การเดินสายในรางสามารถต่อสายในรางเดินสายได้โดยไม่ต่อสายต่างหาก จำนวนสายไฟฟ้าที่เดินในรางเดินสายเมื่อคิดพื้นที่หน้าตัดรวมฉนวนและเปลือกของสายไฟฟ้าทุกเส้นรวมกันต้องไม่เกินร้อยละ 20 ของพื้นที่หน้าตัดรางเดินสาย

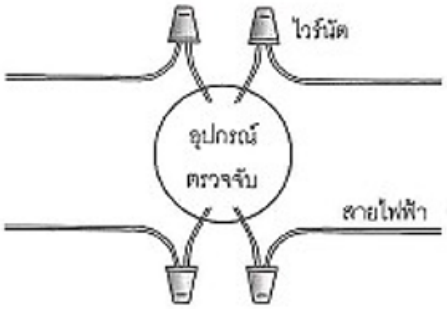
2.2.8.12 การต่อสาย การต่อสายไฟฟ้ามีความสำคัญมาก ถ้าจุดต่อชำรุดหรือหลุดหลวมวงจรไฟฟ้าจะถูกตัดขาดทันที การที่จุดต่อสายหลวมจะเกิดปัญหาหลายอย่างอาจทำให้ไฟติด ๆ ดับๆ การหาจุดหลวมทำได้ยาก อุปกรณ์อาจชำรุดเสียหายไม่ทำงานเกิดความร้อนเพลิงไหม้และปัญหาอื่นอีกมากมาย ในการต่อสายจึงต้องให้ความสำคัญเป็นพิเศษ การต่อสายมีหลักการที่สำคัญคือต้องใช้อุปกรณ์ต่อสายที่เหมาะสมและปฏิบัติงานอย่างถูกต้องอุปกรณ์การต่อสายเช่น ไวร์นัต ตัวต่อสายมีทั้งชนิดบีบและขันแน่นด้วยสกรูและการต่อสายต้องต่อในกล่องต่อสายและรางเดินสายเท่านั้น

สายไฟฟ้าที่ทำจากโลหะต่างชนิดกันที่จุดต่อสายอาจเกิดการกัดกร่อนด้วยปฏิกิริยาทางเคมีจนจุดต่อสายชำรุดในที่สุด การต่อสายไฟฟ้าที่ทำจากโลหะต่างชนิดกันจะต้องใช้ตัวต่อที่เหมาะสำหรับใช้ต่อสายต่างชนิด เรียกว่าตัวต่อสายยูนิเวอร์แซล (Universal) มีการใส่คอมปาวด์ใช้เครื่องมือให้ถูกต้องตามความต้องการของตัวต่อสาย

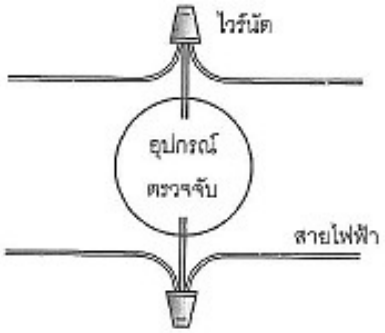
การต่อตัวนำเข้ากับขั้วต่อสายของอุปกรณ์ต้องเป็นการต่อที่ดีและไม่ทำให้ตัวนำเสียหาย ขั้วต่อสายต้องเป็นแบบบีบหรือแบบขันแน่นด้วยหมุดเกลียวหรือแป้นเกลียว ในกรณีที่สายขนาดไม่ใหญ่กว่า 6 ตร.มม. ให้ใช้สายพันรอยหมุดเกลียวหรือเดือยเกลียว (Stud) ได้เมื่อหมุนรอบแล้วต้องขันให้แน่น แต่การต่อสายเข้าอุปกรณ์ที่ให้ความมั่นใจได้ดีคือการใช้หางปลา ถ้าสามารถปฏิบัติได้ในการใช้งานควรเลือกใช้หางปลาจะดีกว่า

การต่อสายเพื่อเพิ่มความยาวสาย ต้องต่อโดยใช้อุปกรณ์สำหรับการต่อสายที่เหมาะสมกับงานหรือโดยการเชื่อมประสาน (Brazing) การเชื่อม (Welding) หรือการบัดกรี (Soldering) ที่เหมาะสมกับสภาพการใช้งาน หากใช้วิธีบัดกรีต้องต่อให้แน่นทั้งทางกลและทางไฟฟ้าเสียก่อนแล้วจึงบัดกรีทับรอยต่อ ปลายสายที่ตัดทิ้งไว้ต้องมีการหุ้มฉนวนด้วยเทปหรืออุปกรณ์ที่ทนแรงดันไฟฟ้าได้เทียบเท่ากับฉนวนของสายและเหมาะสมกับการใช้งาน สำหรับสายแกนเดียวที่มีขนาดใหญ่เกิน 2.5 ตร.มม. สามารถใช้วิธีการต่อสายโดยตรงด้วยการพันเกลียวและหุ้มฉนวนอีกชั้นหนึ่งด้วยเทปพีวีซี

การต่อสายเข้าหรือออกจากอุปกรณ์ตรวจจับ เมื่อสายหลายเส้นต่อกันต้องแยกตัวต่อสายหรือหัวต่อสายเป็นคนละตัวกัน



รูปที่ 2.112 การต่อสายเข้าอุปกรณ์ที่ถูกต้อง
ที่มา: การออกแบบและติดตั้งระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้



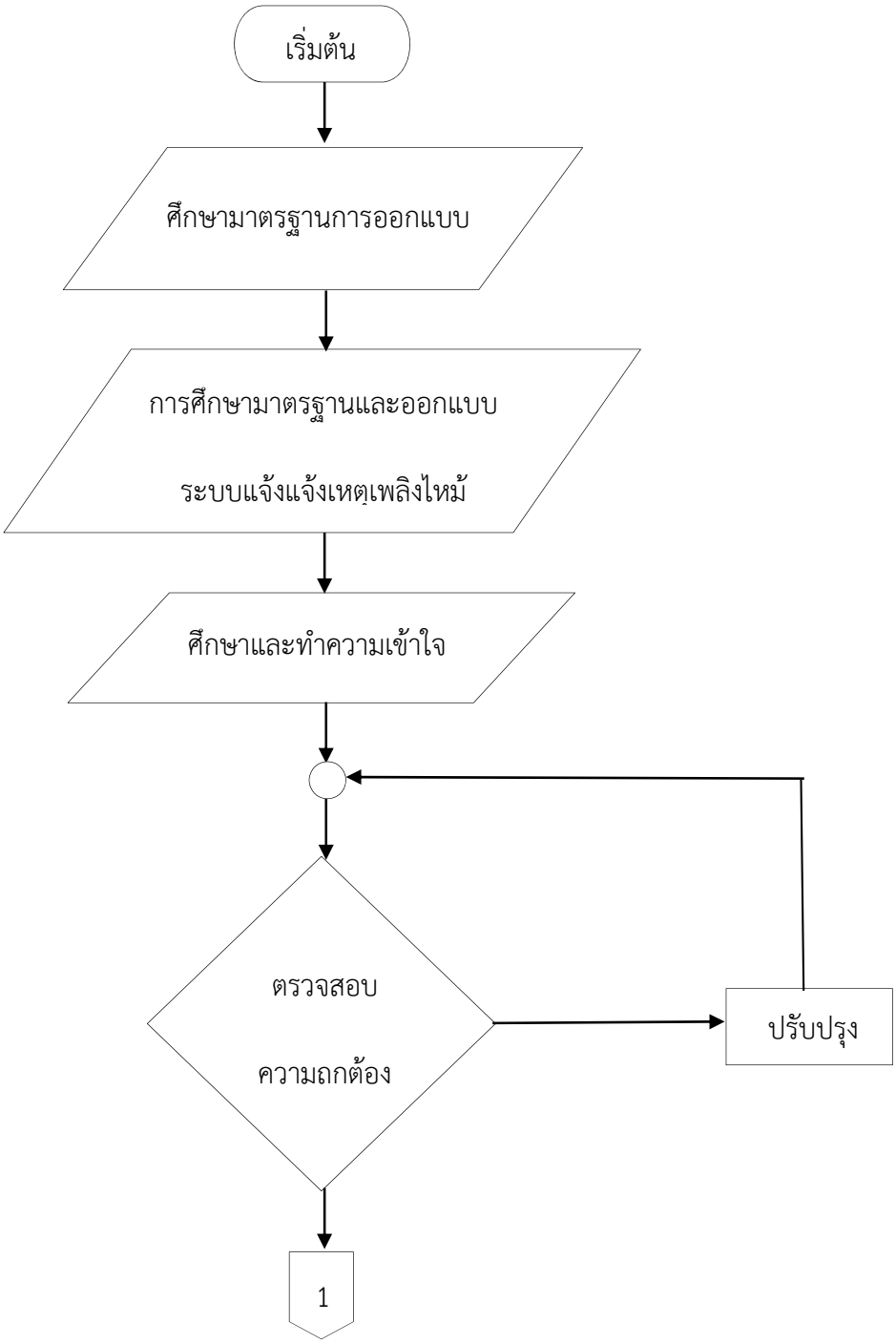
รูปที่ 2.113 การต่อสายเข้าอุปกรณ์ที่ไม่ถูกต้อง
ที่มา: การออกแบบและติดตั้งระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้

การต่อสายในรูปที่ 2.112 เมื่อเกิดเหตุสายที่จุดต่อสายเข้าอุปกรณ์ตรวจจับหลุด วงจรจะขาดแผงควบคุมจะสามารถตรวจสอบวงจรได้ แต่ถ้าเป็นการต่อสายตามรูปที่ 2.113 เมื่อสายที่อุปกรณ์หลุดอุปกรณ์ตัวนั้นจะไม่สามารถส่งสัญญาณได้ถึงแม้จะตรวจจับได้แล้วก็ตามในขณะเดียวกัน แผงควบคุมจะไม่สามารถตรวจสอบการขาดของวงจรได้โดยเฉพาะอุปกรณ์ที่เป็นชนิดหน้าสัมผัสปกติเปิดเช่น อุปกรณ์ตรวจจับความร้อน

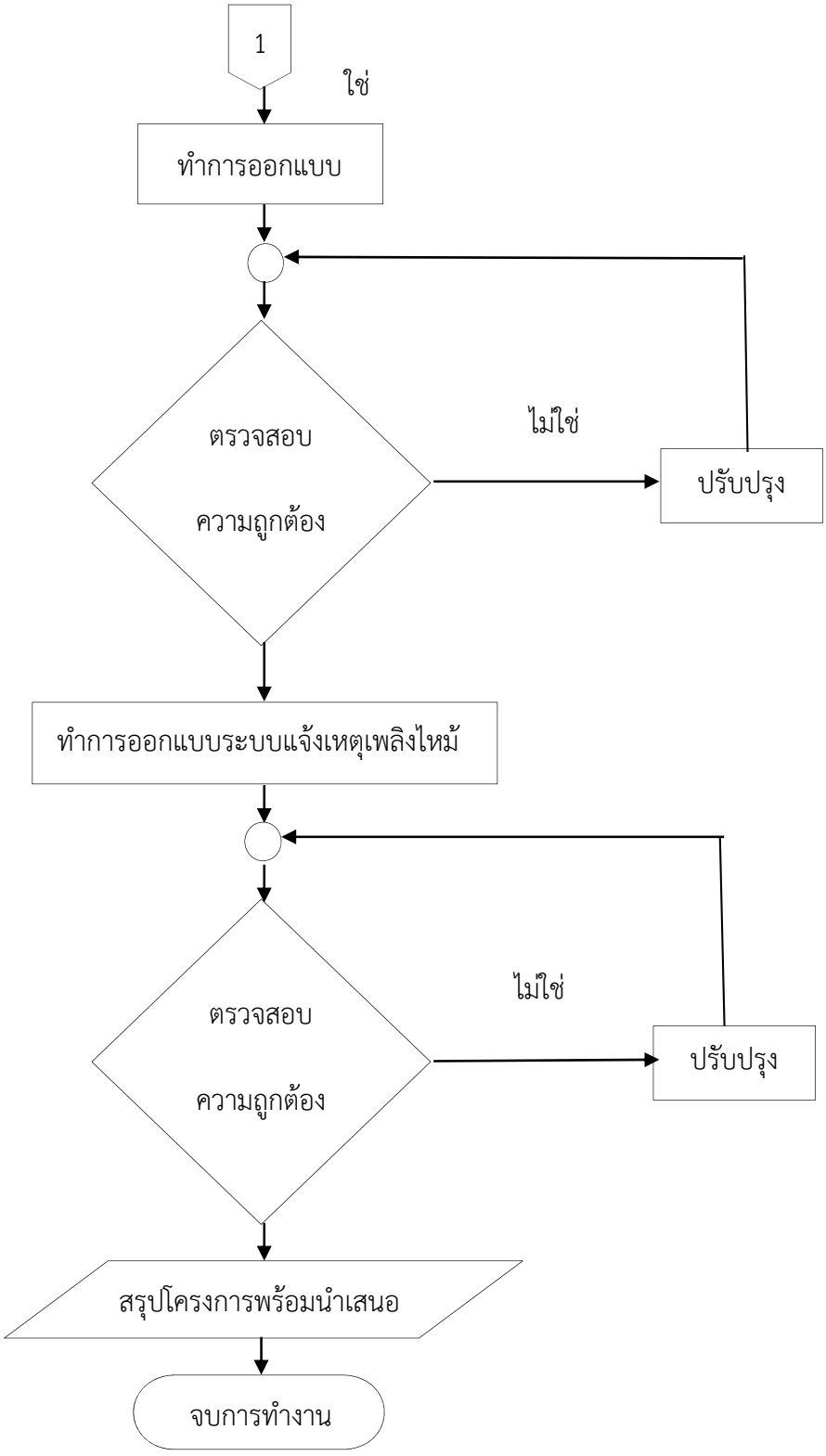
กรณีที่ใช้สายทนไฟ การต่อสายทนไฟต้องใช้อุปกรณ์การต่อสายที่ใช้สำหรับการต่อสายทนไฟเท่านั้น เพื่อให้มั่นใจว่าเมื่อต่อสายแล้วจะไม่ทำให้ความสามารถในการทนไฟลดลง

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงาน

3.1 แผนการดำเนินงาน

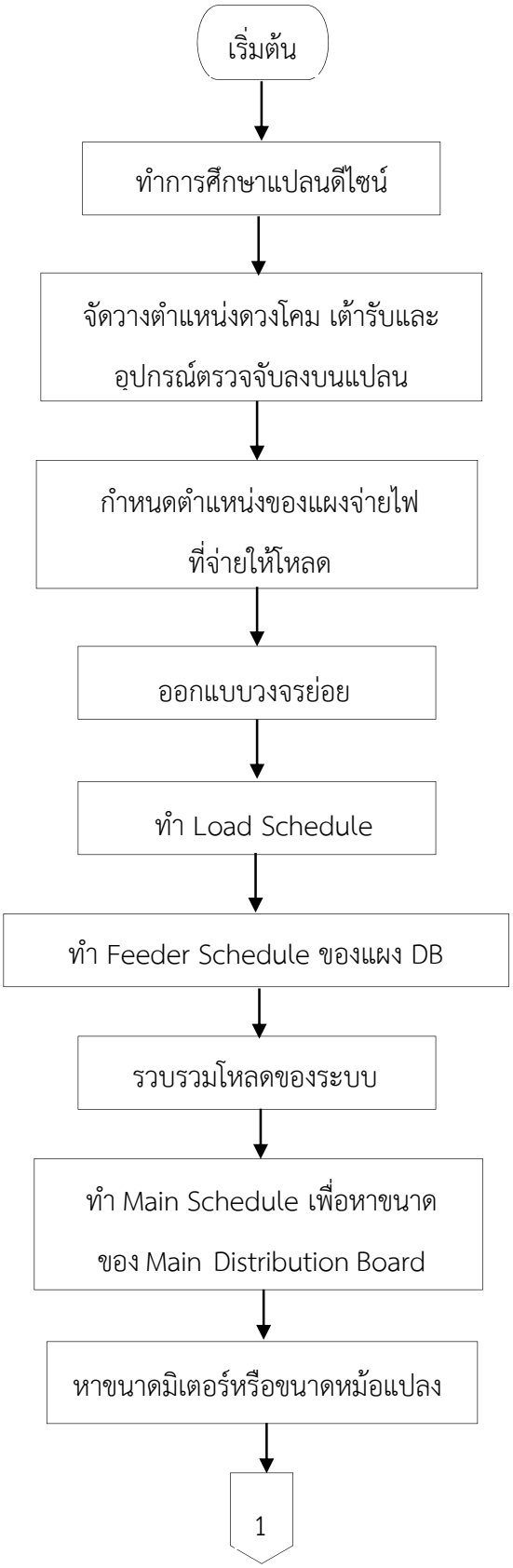


รูปที่ 3.1 แผนการดำเนินงาน

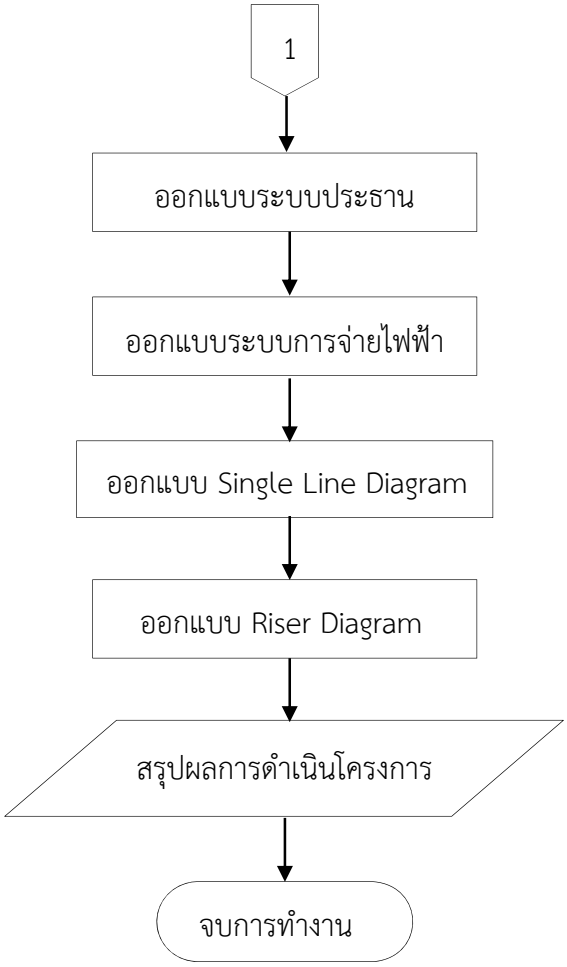


รูปที่ 3.1 แผนการดำเนินงาน(ต่อ)

3.2 ขั้นตอนการออกแบบ



รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการออกแบบ



รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการออกแบบ(ต่อ)

3.3 แผนผังระยะเวลาทำโครงงาน

ตารางที่ 3.1 แสดงระยะเวลาที่ทำโครงงาน

ขั้นตอน	ระยะเวลา (เดือน)								
	ส.ค. 2559	ก.ย. 2559	ต.ค. 2559	พ.ย. 2559	ธ.ค. 2559	ม.ค. 2560	ก.พ. 2560	มี.ค. 2560	เม.ย. 2560
นำเสนอหัวข้อโครงงาน									
ศึกษาข้อมูลและแบบดีไซน์									
ออกแบบระบบไฟฟ้า									
ออกแบบระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้									
คำนวณโหลดของวงจรย่อยและจัดทำตารางโหลด									
จัดวางตำแหน่งของโคมเต้ารับลงในแปลน									
จัดวางตำแหน่งของอุปกรณ์ตรวจจับของระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้									
วิเคราะห์และสรุปผล									

บทที่ 4
ผลการดำเนินงาน

สำหรับเนื้อหาในบทนี้จะแสดงผลการคำนวณทั้งหมด โดยเริ่มต้นจากการคำนวณโหลดวงจรย่อยของทุกห้องพักและส่วนกลาง คำนวณโหลดรวมห้องพักและส่วนกลาง นำค่าที่คำนวณได้มาหาขนาดสายป้อนและอุปกรณ์ป้องกันสายป้อน ซึ่งการหาขนาดสายป้อนของห้องพักจะใช้ค่าดีมานด์แฟกเตอร์ (Demand Factor) คูณกับโหลดเครื่องใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ เพื่อทำให้ได้ขนาดสายป้อนที่เล็กลงและเหมาะสม แต่ยังคงจ่ายโหลดได้ จากนั้นรวมโหลดของแต่ละชั้นเพื่อกำหนดขนาดสายป้อนและอุปกรณ์ป้องกันสายป้อนที่มีขนาดที่เหมาะสม ซึ่งคำนวณโดยใช้ค่าโคอินซิเดนท์แฟกเตอร์ นำโหลดทั้งหมดของทั้งอาคารมารวมกันเพื่อกำหนดขนาดหม้อแปลง ขนาดสายเมนแรงต่ำเข้าอาคาร อุปกรณ์ป้องกันสายเมน และขนาดของรางเคเบิลที่เหมาะสมต่อไป

4.1 สูตรที่ใช้ในการคำนวณ

การคำนวณหากระแสไฟฟ้าในระบบไฟฟ้า 1 เฟส

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

การคำนวณหากระแสไฟฟ้าในระบบไฟฟ้า 3 เฟส

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

การคำนวณกำลังไฟฟ้า

$$S = \frac{watt}{PF.} \tag{4.3}$$

การคำนวณกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ

$$S = \frac{BTU}{EER \times PF.} \tag{4.4}$$

คำนวณหาขนาดเครื่องปรับอากาศ

$$BTU = \text{พื้นที่ห้อง (ตารางเมตร)} \times 900 \tag{4.5}$$

การแปลงค่า $SEER$ เป็นค่า EER

$$EER = \left(-0.02 \times SEER^2\right) + \left(1.12 \times SEER\right) \tag{4.6}$$

โดยที่ S คือ กำลังไฟฟ้าปรากฏ (VA)

V คือ แรงดันไฟฟ้า (V)

I คือ กระแสไฟฟ้า (A)

BTU คือ ขนาดทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ (Btu/h)

EER คือ ประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ $Btu/W-h$

$SEER$ คือ ค่าที่ใช้วัดประสิทธิภาพในการใช้พลังงานตามฤดูกาลของเครื่องปรับอากาศ

$PF.$ คือ ตัวประกอบกำลัง ใช้ค่า 0.6-0.8

4.2 การคำนวณโหลดของห้องพัก

คำนวณโหลดวงจรย่อยของห้องพัก Type-A

คำนวณโหลดวงจรย่อยแสงสว่างโดยใช้หลอดไฟ E27 LED ขนาด 7 วัตต์ จำนวน 7 ดวง รวมกับโหลดพัดลมระบายอากาศ (Ventilators Fan) Mitsubishi Electric รุ่น EX-20FH5T ติดผนัง ขนาดใบพัด 8 นิ้ว ระบบการทำแบบแบบดูดอากาศออก กำลังไฟฟ้า 19 วัตต์

จำนวนวัตต์ของโหลดแสงสว่างทั้งหมด $= 7 \times 7 = 49$ วัตต์

ปริมาณโหลดของโหลดแสงสว่าง $S = \frac{49}{0.9}$

ดังนั้น ปริมาณโหลดของโหลดแสงสว่าง $S = 54.44VA$

จำนวนวัตต์ของโหลดพัดลมระบายอากาศ $= 19$ วัตต์

ปริมาณโหลดของโหลดพัดลมระบายอากาศ $S = \frac{19}{0.7}$

ดังนั้น ปริมาณโหลดของโหลดพัดลมระบายอากาศ $S = 27.14VA$

จะได้ ปริมาณโหลดรวมของโหลดแสงสว่างและโหลดพัดลมระบายอากาศ

$54.44 + 27.14 = 81.58VA$

กระแสโหลด $I_L = \frac{81.58}{230}$

$I_L = 0.35\ A$

คิดเผื่อกกระแส 25% $I_c = 1.25 \times 0.35$

$I_c = 0.44A$

ดังนั้น เลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด $15AT$

ใช้สาย IEC 01 ขนาดสาย $2 \times 2.5mm^2$ (พิกัดกระแส $21A$)

$G - 2.5mm^2$

ขนาดท่อ สาย 2.5 mm^2 มีพื้นที่หน้าตัด $= 2 \times 12.5 = 25mm^2$

สาย 2.5 mm^2 มีพื้นที่หน้าตัด $= 12.5mm^2$

พื้นที่หน้าตัดรวม $= 25 + 12.5 = 37.5mm^2$

ดังนั้น เลือกใช้ท่อขนาด $15mm(1/2")$ชนิดท่อ EMT

คำนวณโหลดวงจรย่อยเต้ารับ ประกอบด้วย 2 วงจรย่อย ดังนี้

1.วงจรย่อยเต้ารับภายในห้องครัว จำนวน 2 จุด กำลังไฟฟ้าจุดละ $180VA$

ดังนั้น ปริมาณโหลด $S = 2 \times 180 = 360VA$

กระแสเต้ารับ $I_L = \frac{360}{230}$

$I_L = 1.57 \ \ A$

คิดเผื่อกระแส 25% $I_c = 1.25 \times 1.57$

$I_c = 1.96A$

ดังนั้น เลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด $20AT$

ใช้สาย IEC 01 ขนาดสาย $2 \times 4 \ mm^2$ (พิกัดกระแส $28A$)

$G - 2.5mm^2$

ขนาดท่อ สาย $4 \ mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $= 2 \times 16.6 = 33.2mm^2$

สาย $2.5mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $= 12.5 \ \ mm^2$

พื้นที่หน้าตัดรวม $= 33.2 + 12.5 = 45.7 \ mm^2$

ดังนั้น เลือกใช้ท่อขนาด $15mm(1/2")$ ชนิดท่อ EMT

2.วงจรย่อยเต้ารับภายในห้องนอนและห้องนั่งเล่น จำนวน 4 จุด กำลังไฟฟ้าจุดละ $180VA$

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

กระแสเต้ารับ $I_L = \frac{720}{230}$

$I_L = 3.13$

คิดเผื่อกระแส 25% $I_c = 1.25 \times 3.13$

$I_c = 3.91 \ A$

ดังนั้น เลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด $20AT$

ใช้สาย IEC 01 ขนาดสาย $2 \times 4 \ mm^2$ (พิกัดกระแส $28A$)

$G - 2.5mm^2$

ขนาดท่อ สาย $4 \ mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $= 2 \times 16.6 = 33.2 \ \ mm^2$

สาย $2.5mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $= 12.5 \ mm^2$

พื้นที่หน้าตัดรวม $= 33.2 + 12.5 = 45.7 \ \ mm^2$

ดังนั้น เลือกใช้ท่อขนาด $15mm(1/2")$ ชนิดท่อ EMT

คำนวณโหลดวงจรย่อยเครื่องปรับอากาศ

ห้องนอนมีพื้นที่ 7.2993 ตารางเมตร ขนาดเครื่องปรับอากาศคือ

$$BTU = 7.2993 \times 900 = 6569.37$$

ดังนั้น เลือกใช้เครื่องปรับอากาศขนาด 8,700 BTU ยี่ห้อ DAIKIN รุ่น Inverter-R32 SMART ซึ่งมีค่า

$SEER = 23.76 \ Btu/W-h$

แปลงค่า $SEER$ เป็นค่า EER

โดย $EER = \left(-0.02 \times 23.76^2\right) + \left(1.12 \times 23.76\right)$

ดังนั้น $EER = 15.32\ BTU/h/w$

ปริมาณโหลด $S = \frac{8700}{15.32 \times 0.6}$

$S = 946.48VA$

กระแสโหลดเครื่องปรับอากาศ $I_L = \frac{946.48}{230}$

$I_L = 4.12\ \ A$

คิดเผื่อกระแส 25% $I_c = 1.25 \times 4.12$

$I_c = 5.15\ \ A$

พิกัดปรับตั้ง Circuit Breaker $= 2 \times 5.15 = 10.3\ A$

ดังนั้น เลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด $20AT$

ใช้สาย IEC 01 ขนาดสาย $2 \times 4\ mm^2$ (พิกัดกระแส $28A$)

$G - 2.5mm^2$

ขนาดท่อ สาย $4\ mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $= 2 \times 16.6 = 33.2\ \ mm^2$

สาย $2.5mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $= 12.5\ \ mm^2$

พื้นที่หน้าตัดรวม $= 33.2 + 12.5 = 45.7\ \ mm^2$

ดังนั้น เลือกใช้ท่อขนาด $15mm(1/2")$ ชนิดท่อ EMT

ห้องนั่งเล่นมีพื้นที่ 13.4396 ตารางเมตร ขนาดเครื่องปรับอากาศคือ

$$BTU = 13.4396 \times 900 = 12095.64$$

ดังนั้น เลือกใช้เครื่องปรับอากาศขนาด 14,300 BTU ยี่ห้อ DAIKIN รุ่น Inverter-R32 SMART ซึ่งมีค่า

$SEER = 20.44\ BTU/W-h$

แปลงค่า $SEER$ เป็นค่า EER

โดย $EER = \left(-0.02 \times 20.44^2\right) + \left(1.12 \times 20.44\right)$

ดังนั้น $EER = 14.54\ BTU/h/w$

ปริมาณโหลด $S = \frac{14300}{14.54 \times 0.6}$

$S = 1639.16VA$

กระแสโหลดเครื่องปรับอากาศ $I_L = \frac{1639.16}{230}$

$I_L = 7.13\ \ A$

คิดเผื่อกระแส 25% $I_c = 1.25 \times 7.13$

$I_c = 8.91\ \ A$

พิกัดปรับตั้ง Circuit Breaker $= 2 \times 8.91 = 17.82\ A$

ดังนั้น เลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด $20AT$

ใช้สาย IEC 01 ขนาดสาย $2 \times 4\ mm^2$ (พิกัดกระแส $28A$)

$G - 2.5mm^2$

ขนาดท่อ สาย $4\ mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $= 2 \times 16.6 = 33.2\ mm^2$

สาย $2.5mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $= 12.5\ mm^2$

พื้นที่หน้าตัดรวม $= 33.2 + 12.5 = 45.7\ mm^2$

ดังนั้น เลือกใช้ท่อขนาด $15mm(1/2")$ ชนิดท่อ EMT

คำนวณโหลดวงจรย่อยเครื่องทำน้ำอุ่น ขนาด 5,500 วัตต์

เนื่องจากเครื่องทำน้ำอุ่นเป็นโหลดประเภท โหลดชนิดความต้านทาน (Resistive Load) ค่า power factor เท่ากับ 1

ดังนั้น ปริมาณโหลด $S = \frac{5500}{1} = 5500VA$

กระแสโหลดเครื่องทำน้ำอุ่น $I_L = \frac{5500}{230}$

$I_L = 23.91\ A$

คิดเผื่อกระแส 25% $I_c = 1.25 \times 23.91$

$I_c = 29.89\ A$

ดังนั้น เลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด $30AT$

ใช้สาย IEC 01 ขนาดสาย $2 \times 6\ mm^2$ (พิกัดกระแส $36A$)

$G - 4\ mm^2$

ขนาดท่อ สาย $6\ mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $= 2 \times 21.2 = 42.4\ mm^2$

สาย $4\ mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $= 16.6\ mm^2$

พื้นที่หน้าตัดรวม $= 42.4 + 16.6 = 59\ mm^2$

ดังนั้น เลือกใช้ท่อขนาด $15mm(1/2")$ ชนิดท่อ EMT

คำนวณโหลดวงจรย่อยเครื่องดูดควัน (Hood) กำลังไฟฟ้าสูงสุด 249 วัตต์

ปริมาณโหลด $S = \frac{249}{0.6}$

$S = 415VA$

กระแสโหลดเครื่องดูดควัน $I_L = \frac{415}{230}$

$I_L = 1.80\ A$

คิดเผื่อกระแส 25% $I_c = 1.25 \times 1.80$

$I_c = 2.25 \ A$

ดังนั้น เลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด $15AT$

ใช้สาย IEC 01 ขนาดสาย $2 \times 2.5 \ mm^2$ (พิกัดกระแส $21A$)

$G - 2.5 \ mm^2$

ขนาดท่อ สาย $2.5 \ mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $= 2 \times 12.5 = 25 \ mm^2$

สาย $2.5 \ mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $= 12.5 \ mm^2$

พื้นที่หน้าตัดรวม $= 25 + 12.5 = 37.5 \ mm^2$

ดังนั้น เลือกใช้ท่อขนาด $15mm(1/2")$ ชนิดท่อ EMT

คำนวณโหลดวงจรย่อยเตาประกอบอาหาร (Hob) กำลังไฟฟ้าสูงสุด 3,000 วัตต์

ปริมาณโหลด $S = \frac{3000}{1} = 3000 \ VA$

กระแสโหลดเตาประกอบอาหาร $I_L = \frac{3000}{230}$

$I_L = 13.04 \ A$

คิดเผื่อกระแส 25% $I_c = 1.25 \times 13.04$

$I_c = 16.3 \ A$

ดังนั้น เลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด $20AT$

ใช้สาย IEC 01 ขนาดสาย $2 \times 4 \ mm^2$ (พิกัดกระแส $28A$)

$G - 2.5 \ mm^2$

ขนาดท่อ สาย $4 \ mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $= 2 \times 16.6 = 33.2 \ mm^2$

สาย $2.5 \ mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $= 12.5 \ mm^2$

พื้นที่หน้าตัดรวม $= 33.2 + 12.5 = 45.7 \ mm^2$

ดังนั้น เลือกใช้ท่อขนาด $15mm(1/2")$ ชนิดท่อ EMT

การคำนวณโหลดวงจรย่อยของห้องพัก Type-B

คำนวณโหลดวงจรย่อยแสงสว่าง โดยใช้หลอดไฟ E27 LED ขนาด 7 วัตต์ จำนวน 13 ดวง รวมกับโหลดวงจรย่อยพัดลมระบายอากาศ (Ventilators Fan) Mitsubishi Electric รุ่น EX-20FH5T ติดผนัง ขนาดใบพัด 8 นิ้ว ระบบการทำแบบแบบดูดอากาศออก กำลังไฟฟ้า 19 วัตต์

จำนวนวัตต์ของโหลดแสงสว่างทั้งหมด $= 7 \times 13 = 91$ วัตต์

ปริมาณโหลดของโหลดแสงสว่าง $S = \frac{91}{0.9}$

ดังนั้น ปริมาณโหลดของโหลดแสงสว่าง $S = 101.11VA$

จำนวนวัตต์ของโหลดพัดลมระบายอากาศ $= 19$ วัตต์

ปริมาณโหลดของโหลดพัดลมระบายอากาศ $S = \frac{19}{0.7}$

ดังนั้น ปริมาณโหลดของโหลดพัดลมระบายอากาศ $S = 27.14VA$

จะได้ ปริมาณโหลดรวมของโหลดแสงสว่างและโหลดพัดลมระบายอากาศ

$= 101.11 + 27.14 = 128.25VA$

กระแสโหลดแสงสว่าง $I_L = \frac{128.25}{230}$

$I_L = 0.56 \ A$

คิดเผื่อกระแส 25% $I_c = 1.25 \times 1.80$

$I_c = 2.25 \ A$

ดังนั้น เลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด $15AT$

ใช้สาย IEC 01 ขนาดสาย $2 \times 2.5 \ mm^2$ (พิกัดกระแส $21A$)

$G - 2.5 \ mm^2$

ขนาดท่อ สาย $2.5 \ mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $= 2 \times 12.5 = 25 \ mm^2$

สาย $2.5 \ mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $= 12.5 \ mm^2$

พื้นที่หน้าตัดรวม $= 25 + 12.5 = 37.5 \ mm^2$

ดังนั้น เลือกใช้ท่อขนาด $15mm(1/2")$ ชนิดท่อ EMT

คำนวณโหลดวงจรย่อยเต้ารับ ประกอบด้วย 2 วงจรย่อย ดังนี้

1.วงจรย่อยเต้ารับภายในห้องครัว จำนวน 2 จุด กำลังไฟฟ้าจุดล $180VA$

ดังนั้น ปริมาณโหลด $S = 2 \times 180 = 360VA$

กระแสเต้ารับ $I_L = \frac{360}{230}$

$I_L = 1.57 \ A$

คิดเผื่อกระแส 25% $I_c = 1.25 \times 1.57$

$I_c = 1.96 \ A$

ดังนั้น เลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด $20AT$

ใช้สาย IEC 01 ขนาดสาย $2 \times 4 \ mm^2$ (พิกัดกระแส $28A$)

$G - 2.5 \ mm^2$

ขนาดท่อ สาย $4 \ mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $= 2 \times 16.6 = 33.2 \ mm^2$

สาย $2.5 \ mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $= 12.5 \ mm^2$

พื้นที่หน้าตัดรวม $= 33.2 + 12.5 = 45.7 \ mm^2$

ดังนั้น เลือกใช้ท่อขนาด $15mm(1/2")$ ชนิดท่อ EMT

2.วงจรย่อยเต้ารับภายในห้องนอนและห้องนั่งเล่น จำนวน 6 จุด กำลังไฟฟ้าจุดละ $180VA$

ดังนั้น ปริมาณโหลด $S = 6 \times 180 = 1080VA$

กระแสเต้ารับ $I_L = \frac{1080}{230}$

$I_L = 4.70 \ \ A$

คิดเผื่อกระแส 25% $I_c = 1.25 \times 1.57$

$I_c = 1.96 \ \ A$

ดังนั้น เลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด $20AT$

ใช้สาย IEC 01 ขนาดสาย $2 \times 4 \ mm^2$ (พิกัดกระแส $28A$)

$G - 2.5 \ mm^2$

ขนาดท่อ สาย $4 \ mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $= 2 \times 16.6 = 33.2 \ \ mm^2$

สาย $2.5 \ mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $= 12.5 \ mm^2$

พื้นที่หน้าตัดรวม $= 33.2 + 12.5 = 45.7 \ mm^2$

ดังนั้น เลือกใช้ท่อขนาด $15mm(1/2")$ ชนิดท่อ EMT

คำนวณโหลดวงจรย่อยเครื่องปรับอากาศ

ห้องนอนมีพื้นที่ 8.9908 ตารางเมตร ขนาดเครื่องปรับอากาศคือ

$$BTU = 8.9908 \times 900 = 9091.72$$

ดังนั้น เลือกใช้เครื่องปรับอากาศขนาด 8,700 BTU ยี่ห้อ DAIKIN รุ่น Inverter-R32 SMART ซึ่งมีค่า

$SEER = 23.76 \ BTU/W-h$

แปลงค่า $SEER$ เป็นค่า EER

โดย $EER = \left(-0.02 \times 23.76^2\right) + \left(1.12 \times 23.76\right)$

ดังนั้น $EER = 15.32 \ BTU/h/w$

ดังนั้น ปริมาณโหลด $S = \frac{8700}{15.32 \times 0.6}$

$S = 946.48VA$

กระแสโหลดเครื่องปรับอากาศ $I_L = \frac{946.48}{230}$

$I_L = 4.12 \ \ A$

คิดเผื่อกระแส 25% $I_c = 1.25 \times 4.12$

$I_c = 5.15 \ \ A$

พิกัดปรับตั้ง Circuit Breaker $= 2 \times 5.15 = 10.3 \ A$

ดังนั้น เลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด $20AT$

ใช้สาย IEC 01 ขนาดสาย $2\times4\ mm^2$ (พิกัดกระแส $28A$)

$$G-2.5\ mm^2$$

ขนาดท่อ สาย $4\ mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $= 2\times16.6 = 33.2\ mm^2$

สาย $2.5\ mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $= 12.5\ mm^2$

พื้นที่หน้าตัดรวม $= 33.2+12.5 = 45.7\ mm^2$

ดังนั้น เลือกใช้ท่อขนาด $15mm(1/2")$ ชนิดท่อ EMT

ห้องนั่งเล่นมีพื้นที่ 11.8604 ตารางเมตร ขนาดเครื่องปรับอากาศคือ

$$BTU = 11.8604\times900 = 10674.36$$

ดังนั้น เลือกใช้เครื่องปรับอากาศขนาด 11,900 BTU ยี่ห้อ DAIKIN รุ่น Inverter-R32 ซึ่งมีค่า

$SEER = 21.81\ BTU/W-h$

แปลงค่า $SEER$ เป็นค่า EER

โดย $EER = \left(-0.02\times21.81^2\right)+\left(1.12\times21.81\right)$

ดังนั้น $EER = 14.91\ BTU/h/w$

ดังนั้น ปริมาณโหลด $S = \dfrac{11900}{14.91\times0.6}$

$S = 1330.20VA$

กระแสโหลดเครื่องปรับอากาศ $I_L = \dfrac{1330.20}{230}$

$I_L = 5.78\ A$

คิดเผื่อกระแส 25% $I_c = 1.25\times5.78$

$I_c = 7.23\ A$

พิกัดปรับตั้ง Circuit Breaker $= 2\times7.23 = 14.46\ A$

ดังนั้น เลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด $20AT$

ใช้สาย IEC 01 ขนาดสาย $2\times4\ mm^2$ (พิกัดกระแส $28A$)

$$G-2.5\ mm^2$$

ขนาดท่อ สาย $4\ mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $= 2\times16.6 = 33.2\ mm^2$

สาย $2.5\ mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $= 12.5\ mm^2$

พื้นที่หน้าตัดรวม $= 33.2+12.5 = 45.7\ mm^2$

ดังนั้น เลือกใช้ท่อขนาด $15mm(1/2")$ ชนิดท่อ EMT

คำนวณโหลดวงจรย่อยเครื่องทำน้ำอุ่น ขนาด 5,500 วัตต์

เนื่องจากเครื่องทำน้ำอุ่นเป็นโหลดประเภท โหลดชนิดความต้านทาน (Resistive Load) ค่า power factor เท่ากับ 1

ดังนั้น ปริมาณโหลด $S = \frac{5500}{1} = 5500 \ VA$

กระแสโหลดเครื่องทำน้ำอุ่น $I_L = \frac{5500}{230}$

$I_L = 23.91 \ A$

คิดเผื่อกระแส 25% $I_c = 1.25 \times 23.91$

$I_c = 29.89 \ A$

ดังนั้น เลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด $30AT$

ใช้สาย IEC 01 ขนาดสาย $2 \times 6 \ mm^2$ (พิกัดกระแส $36A$)

$G - 4 \ mm^2$

ขนาดท่อ สาย $6 \ mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $= 2 \times 21.2 = 42.4 \ mm^2$

สาย $4 \ mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $= 16.6 \ mm^2$

พื้นที่หน้าตัดรวม $= 42.4 + 16.6 = 59 \ mm^2$

ดังนั้น เลือกใช้ท่อขนาด $15mm(1/2")$ ชนิดท่อ EMT

คำนวณโหลดวงจรย่อยเครื่องดูดควัน (Hood) กำลังไฟฟ้าสูงสุด 249 วัตต์

ปริมาณโหลด $S = \frac{249}{0.6}$

$S = 415VA$

กระแสโหลดเครื่องดูดควัน $I_L = \frac{415}{230}$

$I_L = 1.80 \ A$

คิดเผื่อกระแส 25% $I_c = 1.25 \times 1.80$

$I_c = 2.25 \ A$

ดังนั้น เลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด $15AT$

ใช้สาย IEC 01 ขนาดสาย $2 \times 2.5 \ mm^2$ (พิกัดกระแส $21A$)

$G - 2.5 \ mm^2$

ขนาดท่อ สาย $2.5 \ mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $= 2 \times 12.5 = 25 \ mm^2$

สาย $2.5 \ mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $= 12.5 \ mm^2$

พื้นที่หน้าตัดรวม $= 25 + 12.5 = 37.5 \ mm^2$

ดังนั้น เลือกใช้ท่อขนาด $15mm(1/2")$ ชนิดท่อ EMT

คำนวณโหลดวงจรย่อยเตาประกอบอาหาร (Hob) กำลังไฟฟ้าสูงสุด 3,000 วัตต์

ปริมาณโหลด $S = \frac{3000}{1} = 3000\ VA$

กระแสโหลดเตาประกอบอาหาร $I_L = \frac{3000}{230}$

$I_L = 13.04\ \ A$

คิดเผื่อกระแส 25% $I_c = 1.25 \times 13.04$

$I_c = 16.3\ A$

ดังนั้น เลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด $20AT$

ใช้สาย IEC 01 ขนาดสาย $2 \times 4\ mm^2$ (พิกัดกระแส $28A$)

$G - 2.5\ mm^2$

ขนาดท่อ สาย $4\ mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $= 2 \times 16.6 = 33.2\ mm^2$

สาย $2.5\ mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $= 12.5\ \ mm^2$

พื้นที่หน้าตัดรวม $= 33.2 + 12.5 = 45.7\ \ mm^2$

ดังนั้น เลือกใช้ท่อขนาด $15mm(1/2")$ ชนิดท่อ EMT

การคำนวณโหลดวงจรย่อยของห้อง Duplex

คำนวณโหลดวงจรย่อยแสงสว่าง โดยใช้หลอดไฟ E27 LED ขนาด 7 วัตต์ จำนวน 18 ดวง รวมกับโหลดวงจรย่อยพัดลมระบายอากาศ (Ventilators Fan) Mitsubishi Electric รุ่น EX-20FH5T ติดผนัง ขนาดใบพัด 8 นิ้ว ระบบการทำแบบแบบดูดอากาศออก กำลังไฟฟ้า 19 วัตต์ จำนวน 2 ตัว

จำนวนวัตต์ของโหลดแสงสว่างทั้งหมด $= 7 \times 18 = 126$ วัตต์

ปริมาณโหลดของโหลดแสงสว่าง $S = \frac{126}{0.9}$

ดังนั้น ปริมาณโหลดของโหลดแสงสว่าง $S = 140$

จำนวนวัตต์ของโหลดพัดลมระบายอากาศ $= 2 \times 19 = 38$ วัตต์

ปริมาณโหลดของโหลดพัดลมระบายอากาศ $S = \frac{38}{0.7}$

ดังนั้น ปริมาณโหลดของพัดลมระบายอากาศ $S = 54.29VA$

จะได้ ปริมาณโหลดรวมของโหลดแสงสว่างและโหลดพัดลมระบายอากาศ คือ

$= 140 + 54.29 = 194.29VA$

กระแสโหลดแสงสว่าง $I_L = \frac{194.29}{230}$

$I_L = 0.84\ A$

คิดเผื่อกระแส 25% $I_c = 1.25 \times 0.84$

$I_c = 1.05\ \ A$

ดังนั้น เลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด $15AT$

ใช้สาย IEC 01 ขนาดสาย $2\times2.5\ mm^2$ (พิกัดกระแส $21A$)

$G-2.5\ mm^2$

ขนาดท่อ สาย $2.5\ mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $=2\times12.5=25\ mm^2$

สาย $2.5\ mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $=12.5\ mm^2$

พื้นที่หน้าตัดรวม $=25+12.5=37.5\ mm^2$

ดังนั้น เลือกใช้ท่อขนาด $15mm(1/2")$ ชนิดท่อ EMT

คำนวณโหลดวงจรย่อยเต้ารับ ประกอบด้วย 2 วงจรย่อย ดังนี้

1.วงจรย่อยเต้ารับภายในห้องครัว จำนวน 2 จุด กำลังไฟฟ้าจุดละ $180VA$

ปริมาณโหลด $S=2\times180=360VA$

กระแสเต้ารับ $I_L=\frac{360}{230}$

$I_L=1.57\ A$

คิดเผื่อกระแส 25% $I_c=1.25\times1.57$

$I_c=1.96\ A$

ดังนั้น เลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด $20AT$

ใช้สาย IEC 01 ขนาดสาย $2\times4\ mm^2$ (พิกัดกระแส $28A$)

$G-2.5\ mm^2$

ขนาดท่อ สาย $4\ mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $=2\times16.6=33.2\ mm^2$

สาย $2.5\ mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $=12.5\ mm^2$

พื้นที่หน้าตัดรวม $=33.2+12.5=45.7\ mm^2$

ดังนั้น เลือกใช้ท่อขนาด $15mm(1/2")$ ชนิดท่อ EMT

2.วงจรย่อยเต้ารับภายในห้องนอนและห้องนั่งเล่น จำนวน 5 จุด กำลังไฟฟ้าจุดละ $180VA$

ปริมาณโหลด $S=5\times180=900VA$

กระแสเต้ารับ $I_L=\frac{900}{230}$

$I_L=3.91$

คิดเผื่อกระแส 25% $I_c=1.25\times3.91$

$I_c=4.89\ A$

ดังนั้น เลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด $20AT$

ใช้สาย IEC 01 ขนาดสาย $2\times4\ mm^2$ (พิกัดกระแส $28A$)

$G-2.5\ mm^2$

ขนาดท่อ สาย $4\ mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $= 2 \times 16.6 = 33.2\ mm^2$

สาย $2.5\ mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $= 12.5\ mm^2$

พื้นที่หน้าตัดรวม $= 33.2 + 12.5 = 45.7\ mm^2$

ดังนั้น เลือกใช้ท่อขนาด $15mm(1/2")$ ชนิดท่อ EMT

คำนวณโหลดวงจรย่อยเครื่องปรับอากาศ

ชั้น 1 มีพื้นที่ 15.9918 ตารางเมตร ขนาดเครื่องปรับอากาศคือ

$$BTU = 15.9918 \times 900 = 14392.62$$

ดังนั้น เลือกใช้เครื่องปรับอากาศขนาด 17,700 BTU ยี่ห้อ DAIKIN รุ่น Inverter-R32 SMART ซึ่งมีค่า

$SEER = 22.75\ BTU/W-h$

แปลงค่า $SEER$ เป็นค่า EER

โดย $EER = \left(-0.02 \times 22.75^2\right) + \left(1.12 \times 22.75\right)$

ดังนั้น $EER = 15.13\ BTU/h/w$

ดังนั้น ปริมาณโหลด $S = \dfrac{17700}{15.13 \times 0.6}$

$S = 1949.77VA$

กระแสโหลดเครื่องปรับอากาศ $I_L = \dfrac{1949.77}{230}$

$I_L = 8.48\ A$

คิดเผื่อกระแส 25% $I_c = 1.25 \times 8.48$

$I_c = 10.6\ A$

พิกัดปรับตั้ง Circuit Breaker $= 2 \times 10.6 = 21.2\ A$

ดังนั้น เลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด $25AT$

ใช้สาย IEC 01 ขนาดสาย $2 \times 6\ mm^2$ (พิกัดกระแส $36A$)

$G - 4\ mm^2$

ขนาดท่อ สาย $6\ mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $= 2 \times 21.2 = 42.4\ mm^2$

สาย $4\ mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $= 16.6\ mm^2$

พื้นที่หน้าตัดรวม $= 42.4 + 16.6 = 59\ mm^2$

ดังนั้น เลือกใช้ท่อขนาด $15mm(1/2")$ ชนิดท่อ EMT

ชั้น 2 มีพื้นที่ 14.8183 ตารางเมตร ดังนั้นจะได้ขนาดเครื่องปรับอากาศคือ

$$BTU = 14.8183 \times 900 = 13336.47$$

ดังนั้น เลือกใช้เครื่องปรับอากาศขนาด 14,300 BTU ยี่ห้อ DAIKIN รุ่น Inverter-R32 SMART ซึ่งมีค่า

$SEER = 20.44\ BTU/W-h$

แปลงค่า $SEER$ เป็นค่า EER

โดย $EER = \left(-0.02 \times 20.44^2\right) + \left(1.12 \times 20.44\right)$

ดังนั้น $EER = 14.54\ BTU/h/w$

ดังนั้น ปริมาณโหลด $S = \dfrac{14300}{14.54 \times 0.6}$

$S = 1639.16VA$

กระแสโหลดเครื่องปรับอากาศ $I_L = \dfrac{1639.16}{230}$

$I_L = 7.13\ A$

คิดเผื่อกระแส 25% $I_c = 1.25 \times 7.13$

$I_c = 8.91\ A$

พิกัดปรับตั้ง Circuit Breaker $= 2 \times 8.91 = 17.82\ A$

ดังนั้น เลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด $20AT$

ใช้สาย IEC 01 ขนาดสาย $2 \times 4\ mm^2$ (พิกัดกระแส $28A$)

$G - 2.5\ mm^2$

ขนาดท่อ สาย $4\ mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $= 2 \times 16.6 = 33.2\ mm^2$

สาย $2.5\ mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $= 12.5\ mm^2$

พื้นที่หน้าตัดรวม $= 33.2 + 12.5 = 45.7\ mm^2$

ดังนั้น เลือกใช้ท่อขนาด $15mm(1/2")$ ชนิดท่อ EMT

คำนวณโหลดวงจรย่อยเครื่องทำน้ำอุ่น ขนาด 5,500 วัตต์

เนื่องจากเครื่องทำน้ำอุ่นเป็นโหลดประเภท โหลดชนิดความต้านทาน (Resistive Load) ค่า power factor เท่ากับ 1

ดังนั้น ปริมาณโหลด $S = \dfrac{5500}{1} = 5500\ VA$

กระแสโหลดเครื่องทำน้ำอุ่น $I_L = \dfrac{5500}{230}$

$I_L = 23.91\ A$

คิดเผื่อกระแส 25% $I_c = 1.25 \times 23.91$

$I_c = 29.89 \ \ A$

ดังนั้น เลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด $30AT$

ใช้สาย IEC 01 ขนาดสาย $2 \times 6 \ mm^2$ (พิกัดกระแส $36A$)

$G - 4 \ mm^2$

ขนาดท่อ สาย $6 \ mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $= 2 \times 21.2 = 42.4 \ \ mm^2$

สาย $4 \ mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $= 16.6 = 16.6 \ \ mm^2$

พื้นที่หน้าตัดรวม $= 42.4 + 16.6 = 59 \ mm^2$

ดังนั้น เลือกใช้ท่อขนาด $15mm(1/2")$ ชนิดท่อ EMT

คำนวณโหลดวงจรย่อยเครื่องดูดควัน (Hood) กำลังไฟฟ้าสูงสุด 249 วัตต์

ปริมาณโหลด $S = \frac{249}{0.6}$

$S = 415VA$

กระแสโหลดเครื่องดูดควัน $I_L = \frac{415}{230}$

$I_L = 1.80 \ \ A$

คิดเผื่อกระแส 25% $I_c = 1.25 \times 1.80$

$I_c = 2.25 \ \ A$

ดังนั้น เลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด $15AT$

ใช้สาย IEC 01 ขนาดสาย $2 \times 2.5 \ mm^2$ (พิกัดกระแส $21A$)

$G - 2.5 \ mm^2$

ขนาดท่อ สาย $2.5 \ mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $= 2 \times 12.5 = 25 \ \ mm^2$

สาย $2.5 \ mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $= 12.5 \ \ mm^2$

พื้นที่หน้าตัดรวม $= 25 + 12.5 = 37.5 \ \ mm^2$

ดังนั้น เลือกใช้ท่อขนาด $15mm(1/2")$ ชนิดท่อ EMT

คำนวณโหลดวงจรย่อยเตาประกอบอาหาร (Hob) กำลังไฟฟ้าสูงสุด 3,000 วัตต์

ปริมาณโหลด $S = \frac{3000}{1} = 3000 \ \ VA$

กระแสโหลดเตาประกอบอาหาร $I_L = \frac{3000}{230}$

$I_L = 13.04 \ \ A$

คิดเผื่อกระแส 25% $I_c = 1.25 \times 13.04$

$I_c = 16.3 \ A$

ดังนั้น เลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด $20AT$

ใช้สาย IEC 01 ขนาดสาย $2\times4\ mm^2$ (พิกัดกระแส $28A$)

$G-2.5\ mm^2$

ขนาดท่อ สาย $4\ mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $=2\times16.6=33.2\ mm^2$

สาย $2.5\ mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $=12.5\ mm^2$

พื้นที่หน้าตัดรวม $=33.2+12.5=45.7\ mm^2$

ดังนั้น เลือกใช้ท่อขนาด $15mm(1/2")$ ชนิดท่อ EMT

การคำนวณโหลดรวมของห้องพักแต่ละประเภท

โหลดรวมของห้องพัก Type-A

โหลดไฟฟ้าแสงสว่าง $81.58VA$

ดีมานด์แฟกเตอร์สำหรับโหลดแสงสว่าง ชนิดอาคารที่พักอาศัยขนาดของไฟแสงสว่างไม่เกิน $2000VA$ ดีมานด์แฟกเตอร์ เท่ากับ 100%

ดังนั้น ไฟฟ้าแสงสว่าง $=81.5\times1=81.5VA$

โหลดเต้ารับสำหรับห้องนอนและห้องนั่งเล่น $=720\times1=720VA$

เครื่องหุงต้มอาหาร คือ รวมโหลดเต้ารับสำหรับห้องครัว เครื่องดูดควัน (Hood) และเตาประกอบอาหาร (Hob)

ดังนั้น โหลดรวมของเครื่องหุงต้มอาหาร $=360+415+3000$

$=3775VA$

ดีมานด์แฟกเตอร์สำหรับเครื่องใช้ไฟฟ้าทั่วไป ประเภทของโหลดเครื่องหุงต้มอาหาร 10 แอมแปร์+ร้อยละ 30 ของส่วนที่เกิน 10 แอมแปร์

คือ $2300VA$ แรก $D.F.100\%=2300VA$

$3775-2300=1475\times0.3=442.5VA$

ดังนั้น เครื่องหุงต้มอาหาร $=2300+442.5$

$=2742.5VA$

เครื่องทำน้ำอุ่น $=5500VA$

ดีมานด์แฟกเตอร์สำหรับเครื่องใช้ไฟฟ้าทั่วไป ประเภทโหลดเครื่องทำน้ำร้อน ดีมานด์แฟกเตอร์

คือ กระแสใช้งานจริงของสองตัวแรกที่ใช้งาน + ร้อยละ 25 ของตัวที่เหลือทั้งหมด

เนื่องจากภายในห้องมีเครื่องทำน้ำอุ่น 1 ชุด

ดังนั้น เครื่องทำน้ำอุ่น $=5500\times1=5500VA$

เครื่องปรับอากาศภายในห้องนอน $=946.48VA$

เครื่องปรับอากาศภายในห้องนั่งเล่น $=1639.16VA$

ดีมานด์แฟกเตอร์สำหรับเครื่องใช้ไฟฟ้าทั่วไป ประเภทโหลดเครื่องปรับอากาศ ดีมานด์แฟกเตอร์เท่ากับ 100%

ดังนั้น เครื่องปรับอากาศภายในห้องนอน $= 946.48 \times 1$

$= 946.48VA$

เครื่องปรับอากาศภายในห้องนั่งเล่น $= 1639.16 \times 1$

$= 1639.16VA$

ดังนั้น โหลดรวมทั้งหมดของห้อง Type-A

$= 81.58 + 720 + 2742.5 + 5500 + 946.48 + 1639.16$

$= 11629.72VA$

ดังนั้น เปอร์เซ็นต์ของ Demand Factor ของโหลดห้อง Type-A

$$= \frac{DemandLoad}{TotalConnectedLoad} \times 100\% \qquad (4.7)$$

$= \frac{11629.72}{12662.22} \times 100\%$

Demand Factor $= 92\%$

กระแสโหลด $I_L = \frac{11629.72}{230}$

$I_L = 50.56 \ \ A$

เลือกใช้มิเตอร์ขนาด $30(100) \ \ A \ \ 1P$

ขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์ $= 1.25$ เท่าของกระแสโหลด (4.8)

ดังนั้น ขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์ $= 1.25 \times 50.56$

$63.2 \ \ A$

ดังนั้น เลือกใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาด $80AT$

ขนาดสายเมนเข้าห้อง Type-A

จาก ขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์ สามารถกำหนดขนาดสายเมนเข้าห้อง Type-A ได้ดังนี้

เลือกใช้สายเฟส IEC 01 ขนาด $2\times 35\ mm^2$ (พิกัดกระแส $109A$)

$$G-10\ mm^2$$

ขนาดท่อ สาย $35\ mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $= 2\times 93.9 = 187.8\ mm^2$

สาย $10\ mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $= 35.2\ mm^2$

พื้นที่หน้าตัดรวม $= 187.8 + 35.2 = 223\ mm^2$

ดังนั้น เลือกใช้ท่อขนาด $32mm(11/4")$ ชนิดท่อ EMT

โหลดรวมของห้องพัก Type-B

โหลดไฟฟ้าแสงสว่าง $= 128.25VA$

ดีมานด์แฟกเตอร์สำหรับโหลดแสงสว่าง ชนิดอาคารที่พักอาศัยขนาดของไฟแสงสว่างไม่เกิน $2000VA$ ดีมานด์แฟกเตอร์ เท่ากับ 100%

ดังนั้น ไฟฟ้าแสงสว่าง $= 128.25\times 1$

$= 128.25VA$

โหลดเต้ารับสำหรับห้องนอนและห้องนั่งเล่น $= 1080\times 1 = 1080VA$

เครื่องหุงต้มอาหาร คือรวมโหลดเต้ารับสำหรับห้องครัว เครื่องดูดควัน (Hood) และเตาประกอบอาหาร (Hob)

ดังนั้น โหลดรวมของเครื่องหุงต้มอาหาร $= 360 + 415 + 3000$

$= 3775VA$

ดีมานด์แฟกเตอร์สำหรับเครื่องใช้ไฟฟ้าทั่วไป ประเภทของโหลดเครื่องหุงต้มอาหาร 10 แอมแปร์+ร้อยละ 30 ของส่วนที่เกิน 10 แอมแปร์

คือ $2300VA$ แรก $D.F.100\% = 2300VA$

$3775 - 2300 = 1475\times 0.3 = 442.5VA$

ดังนั้น เครื่องหุงต้มอาหาร $= 2300 + 442.5$

$= 2742.5VA$

เครื่องทำน้ำอุ่น $= 5500VA$

ดีมานด์แฟกเตอร์สำหรับเครื่องใช้ไฟฟ้าทั่วไป ประเภทโหลดเครื่องทำน้ำร้อน ดีมานด์แฟกเตอร์

คือ กระแสใช้งานจริงของสองตัวแรกที่ใช้งาน + ร้อยละ 25 ของตัวที่เหลือทั้งหมด

เนื่องจากภายในห้องมีเครื่องทำน้ำอุ่น 1 ชุด

ดังนั้น เครื่องทำน้ำอุ่น $= 5500\times 1 = 5500VA$

เครื่องปรับอากาศภายในห้องนอน $= 946.48VA$

เครื่องปรับอากาศภายในห้องนั่งเล่น $= 1330.20VA$

ดีมานด์แฟกเตอร์สำหรับเครื่องใช้ไฟฟ้าทั่วไป ประเภทโหลดเครื่องปรับอากาศ ดีมานด์แฟกเตอร์เท่ากับ 100%

ดังนั้น เครื่องปรับอากาศภายในห้องนอน $= 946.48 \times 1$

$= 946.48VA$

เครื่องปรับอากาศภายในห้องนั่งเล่น $= 1330.20 \times 1$

$= 1330.20VA$

ดังนั้น โหลดรวมทั้งหมดของห้อง Type-B

$= 128.25 + 1080 + 2742.5 + 5500 + 946.48 + 1330.20$

$= 11727.43VA$

ดังนั้น จากสมการ *(4.7)*

จะได้ Demand Factor $= \frac{11727.43}{12759.93} \times 100\%$

$= 92\%$

กระแสโหลด $I_L = \frac{11727.43}{230}$

$I_L = 50.99 \ \ A$

เลือกใช้มิเตอร์ขนาด $30(100) \ \ A \ \ 1P$

จากสมการ *(4.8)*

ดังนั้น ขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์ $= 1.25 \times 50.99$

$= 63.74 \ A$

ดังนั้น เลือกใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาด $80AT$

ขนาดสายเมนเข้าห้อง Type-B

จาก ขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์ สามารถกำหนดขนาดสายเมนเข้าห้อง Type-B ได้ดังนี้

เลือกใช้สายเฟส IEC 01 ขนาด $2 \times 35 \ mm^2$ (พิกัดกระแส $109A$)

$G - 10 \ mm^2$

ขนาดท่อ สาย $35 \ mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $= 2 \times 93.9 = 187.8 \ mm^2$

สาย $10 \ mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $= 35.2 \ mm^2$

พื้นที่หน้าตัดรวม $= 187.8 + 35.2 = 223 \ mm^2$

ดังนั้น เลือกใช้ท่อขนาด $32mm(11/4")$ ชนิดท่อ EMT

โหลดรวมของห้องพัก Duplex

โหลดไฟฟ้าแสงสว่าง $= 194.29VA$

ดีมานด์แฟกเตอร์สำหรับโหลดแสงสว่าง ชนิดอาคารที่พักอาศัย ขนาดของไฟแสงสว่าง ไม่เกิน $2000VA$ ดีมานด์แฟกเตอร์ เท่ากับ 100%

ดังนั้น ไฟฟ้าแสงสว่าง $= 194.29 \times 1$

$= 194.29VA$

โหลดเต้ารับสำหรับห้องนอนและห้องนั่งเล่น $= 900 \times 1 = 900VA$

เครื่องหุงต้มอาหาร คือ รวมโหลดเต้ารับสำหรับห้องครัว เครื่องดูดควัน (Hood) และเตาประกอบอาหาร (Hob)

ดังนั้น โหลดรวมของเครื่องหุงต้มอาหาร $= 360 + 415 + 3000$

$= 3775VA$

ดีมานด์แฟกเตอร์สำหรับเครื่องใช้ไฟฟ้าทั่วไป ประเภทของโหลดเครื่องหุงต้มอาหาร 10 แอมแปร์+ร้อยละ 30 ของส่วนที่เกิน 10 แอมแปร์

คือ $2300VA$ แรก $D.F.100\% = 2300VA$

$3775 - 2300 = 1475 \times 0.3 = 442.5VA$

ดังนั้น เครื่องหุงต้มอาหาร $= 2300 + 442.5$

$= 2742.5VA$

เครื่องทำน้ำอุ่น $= 5500VA$

ดีมานด์แฟกเตอร์สำหรับเครื่องใช้ไฟฟ้าทั่วไป ประเภทโหลดเครื่องทำน้ำร้อน ดีมานด์แฟกเตอร์ คือ กระแสใช้งานจริงของสองตัวแรกที่ใช้งาน + ร้อยละ 25 ของตัวที่เหลือทั้งหมด

เนื่องจากภายในห้องมีเครื่องทำน้ำอุ่น 1 ชุด

ดังนั้น เครื่องทำน้ำอุ่น $= 5500 \times 1 = 5500VA$

เครื่องปรับอากาศชั้น 1 $= 1949.77VA$

เครื่องปรับอากาศชั้น 2 $= 1639.16VA$

ดีมานด์แฟกเตอร์สำหรับเครื่องใช้ไฟฟ้าทั่วไป ประเภทโหลดเครื่องปรับอากาศ ดีมานด์แฟกเตอร์ เท่ากับ 100%

ดังนั้น เครื่องปรับอากาศชั้น 1 $= 1949.77 \times 1$

$= 1949.77VA$

เครื่องปรับอากาศชั้น 2 $= 1639.16 \times 1$

$= 1639.16VA$

ดังนั้น โหลดรวมแต่ละห้อง

$$= 194.29 + 900 + 2742.5 + 5500 + 1949.77 + 1639.16$$

$$= 12925.72VA$$

ดังนั้น จากสมการ *(4.7)*

จะได้ Demand Factor $= \frac{12925.72}{13958.22} \times 100\%$

$$= 93\%$$

กระแสโหลด $I_L = \frac{12925.72}{230}$

$$I_L = 56.20\ A$$

เลือกใช้มิเตอร์ขนาด $30(100)\ A\ 1P$

จากสมการ *(4.8)*

ดังนั้น ขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์ $= 1.25 \times 56.20$

$$= 70.25\ A$$

ดังนั้น เลือกใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาด $80AT$

ขนาดสายเมนเข้าห้อง Duplex

จาก ขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์ สามารถกำหนดขนาดสายเมนเข้าห้อง Duplex ได้ดังนี้

เลือกใช้สายเฟส IEC 01 ขนาด $2 \times 35\ mm^2$ (พิกัดกระแส $109A$)

$$G - 10\ mm^2$$

ขนาดท่อ สาย $35\ mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $= 2 \times 93.9 = 187.8\ mm^2$

สาย $10\ mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $= 35.2\ mm^2$

พื้นที่หน้าตัดรวม $= 187.8 + 35.2 = 223\ mm^2$

ดังนั้น เลือกใช้ท่อขนาด $33mm(11/4")$ ชนิดท่อ EMT

ขนาดสายป้อนและอุปกรณ์ป้องกันสายป้อนแต่ละชั้น

สายป้อนชั้นที่ 2 ประกอบด้วย

ห้อง Type-A ขนาดโหลดรวม $12662.22VA$ จำนวน 4 ห้อง

ห้อง Type-B ขนาดโหลดรวม $12759.93VA$ จำนวน 3 ห้อง

ห้อง Duplex ขนาดโหลดรวม $13958.22VA$ จำนวน 3 ห้อง

รวม 10 ห้อง

คำนวณโดยใช้ค่าโคอินซิเดนท์แฟกเตอร์ได้ดังนี้

ห้องที่ 1 ถึง 10

$$= [(13958.22 \times 3) + (12759.93 \times 3) + (12662.22 \times 4)] \times 0.9$$

$= 117723VA$

ดังนั้น เปอร์เซ็นต์ของ Demand Factor ของโหลดห้องชั้น 2 $= \frac{117723}{130803.33} \times 100\%$

Demand Factor $= 90\%$

กระแสสายป้อน $I_L = \frac{117723}{\sqrt{3} \times 400}$

$I_L = 169.92\ A$

จากสมการ *(4.8)*

ดังนั้น ขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์ $= 1.25 \times 169.29$

$= 212.4\ \ A$

เลือกใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาด $250AT$

เลือกใช้สายป้อน IEC 01 ขนาด $4 \times 185\ mm^2$ (พิกัดกระแส $258A$)

$G - 25\ mm^2$

ขนาดท่อ สาย $185\ mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $= 4 \times 426 = 1704\ mm^2$

สาย $25\ mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $= 73.8\ mm^2$

พื้นที่หน้าตัดรวม $= 1704 + 73.8 = 1777.8\ mm^2$

ดังนั้น เลือกใช้ท่อขนาด $80mm(3'')$ ชนิดท่อ EMT

สายป้อนชั้นที่ 3 ประกอบด้วย

ห้อง Type-A	ขนาดโหลดรวม	$12662.22VA$	จำนวน 5 ห้อง
ห้อง Type-B	ขนาดโหลดรวม	$12759.93VA$	จำนวน 4 ห้อง
			รวม 9 ห้อง

คำนวณโดยใช้ค่าโคอินซิเดนท์แฟกเตอร์ได้ดังนี้

ห้องที่ 1 ถึง 9

$= [(12759.93 \times 4) + (12662.22 \times 5)] \times 0.9$

$= 102915.74VA$

ดังนั้น เปอร์เซ็นต์ของ Demand Factor ของโหลดห้องชั้น 3 $= \frac{102915.74}{114350.82} \times 100\%$

Demand Factor $= 90\%$

กระแสสายป้อน $I_L = \frac{102915.74}{\sqrt{3} \times 400}$

$I_L = 148.55\ A$

จากสมการ *(4.8)*

ดังนั้น ขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์ $= 1.25 \times 148.55$

$= 185.69 \ A$

เลือกใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาด $200AT$

เลือกใช้สายป้อน IEC 01 ขนาด $4 \times 120 \ mm^2$ (พิกัดกระแส $208A$)

$G - 16 \ mm^2$

ขนาดท่อ สาย $120 \ mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $= 4 \times 278 = 1112 \ mm^2$

สาย $16 \ mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $= 47.7 \ mm^2$

พื้นที่หน้าตัดรวม $= 1112 + 47.7 = 1159.7 \ mm^2$

ดังนั้น เลือกใช้ท่อขนาด $65mm(21/2")$ ชนิดท่อ EMT

สายป้อนชั้นที่ 4 ชั้น5 ชั้น 6 ชั้น7 และชั้น 8 : ประกอบด้วย

ห้อง Type-A ขนาดโหลดรวม $12662.22VA$ จำนวน 8 ห้อง

ห้อง Type-B ขนาดโหลดรวม $12759.93VA$ จำนวน 4 ห้อง

รวม 12 ห้อง

คำนวณโดยใช้ค่าโคอินซิเดนท์แฟกเตอร์ได้ดังนี้

ห้องที่ 1 ถึง 10

$$= [(12759.93 \times 4) + (12662.22 \times 6)] \times 0.9$$

$$= 114311.74VA$$

ห้องที่ 11 ถึง 12

$$= [(12662.22 \times 2) \times 0.8]$$

$$= 20259.55VA$$

ดังนั้น โหลดรวม $= 114311.74 + 20259.55 = 134571.29VA$

ดังนั้น เปอร์เซ็นต์ของ Demand Factor ของโหลดห้องชั้น 4-8 $= \frac{134571.29}{152337.48} \times 100\%$

Demand Factor $= 88\%$

กระแสสายป้อน $I_L = \frac{134571.29}{\sqrt{3} \times 400}$

$I_L = 194.24 \ A$

จากสมการ *(4.8)*

ดังนั้น ขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์ $= 1.25 \times 194.24$

$= 242.8 \ A$

เลือกใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาด $250AT$

เลือกใช้สายป้อน IEC 01 ขนาด $4 \times 185 \ mm^2$ (พิกัดกระแส $258A$)

$G - 25 \ mm^2$

ขนาดท่อ สาย $185\ mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $= 4 \times 426 = 1704\ mm^2$

สาย $25\ mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $= 73.8\ mm^2$

พื้นที่หน้าตัดรวม $= 1704 + 73.8 = 1777.8\ mm^2$

ดังนั้น เลือกใช้ท่อขนาด $80mm(3'')$ ชนิดท่อ EMT

โหลดรวมของห้องพักทั้งอาคาร (ตู้FCB)

โหลดรวมของห้องพักทั้งอาคาร ประกอบด้วย

ห้องพัก Type-A	โหลดรวมขนาด	$12662.22VA$	จำนวน 49 ห้อง
ห้องพัก Type-B	โหลดรวมขนาด	$12759.93VA$	จำนวน 27 ห้อง
ห้องพัก Duplex	โหลดรวมขนาด	$13958.22VA$	จำนวน 3 ห้อง
			รวม 79 ห้อง

คำนวณโดยใช้ค่าโคอินซิเดนท์แฟกเตอร์ได้ดังนี้

ห้องที่ 1 ถึง 10 $= [(13958.22 \times 3) + (12759.93 \times 7)] \times 0.9$

$= 118074.75VA$

ห้องที่ 11 ถึง 20 $= (12759.93 \times 10) \times 0.8$

$= 102079.44VA$

ห้องที่ 21 ถึง 30 $= (12759.93 \times 10) \times 0.7$

$= 89319.51VA$

ห้องที่ 31 ถึง 40 $= (12662.22 \times 10) \times 0.6$

$= 75973.32VA$

ห้องที่ 41 ถึง 79 $= (12662.22 \times 39) \times 0.5$

$= 246913.29VA$

รวมโหลดทั้งหมด $= 632360.31VA$

ดังนั้น จากสมการ *(4.7)*

จะได้ Demand Factor $= \dfrac{632360.31}{1006841.55} \times 100\%$

Demand Factor $= 63\%$

กระแสสายป้อน $I_L = \dfrac{632360.31}{\sqrt{3} \times 400}$

$I_L = 912.73\ A$

จากสมการ *(4.8)*

ดังนั้น ขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์ $= 1.25 \times 912.73$

$= 1140.91 \ A$

เลือกใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาด $1250AT$

เลือกใช้สายป้อน IEC 01 ขนาด 4 set of $\{4\times(3\times300)\} \ mm^2$ (พิกัดกระแส $343A$)

$$G-95 \quad mm^2$$

ขนาดท่อ สาย $300 \ mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $= 4\times(4\times688) = 11008 \ mm^2$

สาย $95 \ mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $= 230 \ mm^2$

พื้นที่หน้าตัดรวม $= 11008 + 230 = 11238 \ mm^2$

ดังนั้น เลือกใช้ท่อขนาด $100mm(4'')$ ชนิดท่อ EMT

4.3 การคำนวณโหลดส่วนกลาง

โหลดส่วนกลางของแต่ละชั้น

ชั้น 1 ชั้น2 และชั้นใต้ดิน วงจรย่อยทั้งหมดจะอยู่ในตู้ LP.2

วงจรที่ 1 คือ LP.2-1 ประกอบด้วย

หลอด LED Tube T8 ขนาด 18 วัตต์ จำนวน 15 หลอด

ดังนั้น จำนวนวัตต์ทั้งหมด $= 18\times15 = 270$ วัตต์

ปริมาณโหลดทั้งหมด $S = \frac{270}{0.9} = 300VA$

กระแสโหลดแสงสว่าง $I_L = \frac{300}{230}$

$I_L = 1.30 \ A$

คิดเผื่อกระแส 25% $I_c = 1.25\times1.30$

$I_c = 1.63 \ A$

ดังนั้น เลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด $15AT$

ใช้สาย IEC 01 ขนาดสาย $2\times2.5 \ mm^2$ (พิกัดกระแส $21A$)

$$G-2.5 \ mm^2$$

ขนาดท่อ สาย $2.5 \ mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $= 2\times12.5 = 25 \ mm^2$

สาย $2.5 \ mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $= 12.5 \ mm^2$

พื้นที่หน้าตัดรวม $= 25+12.5 = 37.5 \ mm^2$

ดังนั้น เลือกใช้ท่อขนาด $15mm(1/2'')$ ชนิดท่อ EMT

วงจรที่ 2 คือ LP.2-2 ประกอบด้วย

หลอด LED Tube T8 ขนาด 18 วัตต์ จำนวน 18 หลอด

ดังนั้น จำนวนวัตต์ทั้งหมด $= 18 \times 18 = 324$ วัตต์

ปริมาณโหลดทั้งหมด $= \frac{324}{0.9} = 360VA$

กระแสโหลดแสงสว่าง $I_L = \frac{360}{230}$

$I_L = 1.57\ A$

คิดเผื่อกระแส 25% $I_c = 1.25 \times 1.57$

$I_c = 1.96\ \ A$

ดังนั้น เลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด $15AT$

ใช้สาย IEC 01 ขนาดสาย $2 \times 2.5\ mm^2$ (พิกัดกระแส $21A$)

$G - 2.5\ mm^2$

ขนาดท่อ สาย $2.5\ mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $= 2 \times 12.5 = 25\ \ mm^2$

สาย $2.5\ mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $= 12.5\ \ mm^2$

พื้นที่หน้าตัดรวม $= 25 + 12.5 = 37.5\ \ mm^2$

ดังนั้น เลือกใช้ท่อขนาด $15mm(1/2")$ ชนิดท่อ EMT

วงจรที่ 3 คือ LP.2-3 ประกอบด้วย

หลอด LED Tube T8 ขนาด 18 วัตต์ จำนวน 2 หลอด

ดังนั้น จำนวนวัตต์ทั้งหมด $= 18 \times 2 = 36$ วัตต์

ปริมาณโหลดทั้งหมด $= \frac{36}{0.9} = 40VA$

กระแสโหลดแสงสว่าง $I_L = \frac{40}{230}$

$I_L = 0.17\ A$

คิดเผื่อกระแส 25% $I_c = 1.25 \times 0.17$

$I_c = 0.21\ \ A$

ดังนั้น เลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด $15AT$

ใช้สาย IEC 01 ขนาดสาย $2 \times 2.5\ mm^2$ (พิกัดกระแส $21A$)

$G - 2.5\ mm^2$

ขนาดท่อ สาย $2.5\ mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $= 2 \times 12.5 = 25\ mm^2$

สาย $2.5\ mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $= 12.5\ mm^2$

พื้นที่หน้าตัดรวม $= 25 + 12.5 = 37.5\ \ mm^2$

ดังนั้น เลือกใช้ท่อขนาด $15mm(1/2")$ ชนิดท่อ EMT

วงจรที่ 4 คือ LP.2-4 ประกอบด้วย

หลอดไฟ E27 LED ขนาด 7 วัตต์ จำนวน 2 ดวง

ดังนั้น จำนวนวัตต์ทั้งหมด $= 7 \times 2 = 14$ วัตต์

ปริมาณโหลดทั้งหมด $= \frac{14}{0.9} = 15.56VA$

หลอด LED Tube T8 ขนาด 18 วัตต์ จำนวน 14 หลอด

ดังนั้น จำนวนวัตต์ทั้งหมด $= 18 \times 14 = 252$ วัตต์

ปริมาณโหลดทั้งหมด $= \frac{252}{0.9} = 280VA$

ดังนั้น ปริมาณโหลดรวม $= 15.56 + 280 = 295.56VA$

กระแสโหลดแสงสว่าง $I_L = \frac{295.56}{230}$

$I_L = 1.29\ A$

คิดเผื่อกระแส 25% $I_c = 1.25 \times 1.29$

$I_c = 1.61\ A$

ดังนั้น เลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด $15AT$

ใช้สาย IEC 01 ขนาดสาย $2 \times 2.5\ mm^2$ (พิกัดกระแส $21A$)

$G - 2.5\ mm^2$

ขนาดท่อ สาย $2.5\ mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $= 2 \times 12.5 = 25\ mm^2$

สาย $2.5\ mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $= 12.5\ mm^2$

พื้นที่หน้าตัดรวม $= 25 + 12.5 = 37.5\ mm^2$

ดังนั้น เลือกใช้ท่อขนาด $15mm(1/2")$ ชนิดท่อ EMT

วงจรที่ 5 ของ ตู้ LP.2-5 ประกอบด้วย

หลอดไฟ E27 LED ขนาด 7 วัตต์ จำนวน 36 ดวง

ดังนั้น จำนวนวัตต์ทั้งหมด $= 7 \times 36 = 252$ วัตต์

ปริมาณโหลดทั้งหมด $= \frac{252}{0.9} = 280VA$

หลอด LED Tube T8 ขนาด 18 วัตต์ จำนวน 5 หลอด

ดังนั้น จำนวนวัตต์ทั้งหมด $= 18 \times 5 = 90$ วัตต์

ปริมาณโหลดทั้งหมด $S = \frac{90}{0.9} = 100VA$

ดังนั้น ปริมาณโหลดรวม $S = 280 + 100 = 380VA$

กระแสโหลดแสงสว่าง $I_L = \frac{380}{230}$

$I_L = 1.65\ A$

คิดเผื่อกระแส 25% $I_c = 1.25 \times 1.65$

$I_c = 2.06\ A$

ดังนั้น เลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด $15AT$

ใช้สาย IEC 01 ขนาดสาย $2 \times 2.5\ mm^2$ (พิกัดกระแส $21A$)

$G - 2.5\ mm^2$

ขนาดท่อ สาย $2.5\ mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $= 2 \times 12.5 = 25\ mm^2$

สาย $2.5\ mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $= 12.5\ mm^2$

พื้นที่หน้าตัดรวม $= 25 + 12.5 = 37.5\ mm^2$

ดังนั้น เลือกใช้ท่อขนาด $15mm(1/2")$ ชนิดท่อ EMT

วงจรที่ 6 คือ LP.2-6 ประกอบด้วย

เต้ารับ จำนวน 2 จุด กำลังไฟฟ้าจุดละ $180VA$

ดังนั้น ปริมาณโหลดรวม $S = 2 \times 180 = 360VA$

กระแสโหลดเต้ารับ $I_L = \frac{360}{230}$

$I_L = 1.57\ A$

คิดเผื่อกระแส 25% $I_c = 1.25 \times 1.57$

$I_c = 1.96\ A$

ดังนั้น เลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด $20AT$

ใช้สาย IEC 01 ขนาดสาย $2 \times 4\ mm^2$ (พิกัดกระแส $28A$)

$G - 2.5\ mm^2$

ขนาดท่อ สาย $4\ mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $= 2 \times 16.6 = 33.2\ mm^2$

สาย $2.5\ mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $= 12.5\ mm^2$

พื้นที่หน้าตัดรวม $= 33.2 + 12.5 = 45.7\ mm^2$

ดังนั้น เลือกใช้ท่อขนาด $15mm(1/2")$ ชนิดท่อ EMT

วงจรที่ 7 คือ LP.2-7 ประกอบด้วย

เต้ารับ จำนวน 5 จุด กำลังไฟฟ้าจุดละ $180VA$

ดังนั้น ปริมาณโหลดรวม $S = 5 \times 180 = 900VA$

กระแสโหลดเต้ารับ $I_L = \frac{900}{230}$

$I_L = 3.91\ A$

คิดเผื่อกระแส 25% $I_c = 1.25 \times 3.91$

$I_c = 4.89 \ A$

ดังนั้น เลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด $20AT$

ใช้สาย IEC 01 ขนาดสาย $2 \times 4 \ mm^2$ (พิกัดกระแส $28A$)

$G - 2.5 \ mm^2$

ขนาดท่อ สาย $4 \ mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $= 2 \times 16.6 = 33.2 \ mm^2$

สาย $2.5 \ mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $= 12.5 \ mm^2$

พื้นที่หน้าตัดรวม $= 33.2 + 12.5 = 45.7 \ mm^2$

ดังนั้น เลือกใช้ท่อขนาด $15mm(1/2")$ ชนิดท่อ EMT

วงจรที่ 8 คือ LP.2-8 ประกอบด้วย

เต้ารับ จำนวน 9 จุด กำลังไฟฟ้าจุดละ $180VA$

ดังนั้น ปริมาณโหลดรวม $S = 9 \times 180 = 1620VA$

กระแสโหลดเต้ารับ $I_L = \frac{1620}{230}$

$I_L = 7.04 \ A$

คิดเผื่อกระแส 25% $I_c = 1.25 \times 7.04$

$I_c = 8.80 \ A$

ดังนั้น เลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด $20AT$

ใช้สาย IEC 01 ขนาดสาย $2 \times 4 \ mm^2$ (พิกัดกระแส $28A$)

$G - 2.5 \ mm^2$

ขนาดท่อ สาย $4 \ mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $= 2 \times 16.6 = 33.2 \ mm^2$

สาย $2.5 \ mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $= 12.5 \ mm^2$

พื้นที่หน้าตัดรวม $= 33.2 + 12.5 = 45.7 \ mm^2$

ดังนั้น เลือกใช้ท่อขนาด $15mm(1/2")$ ชนิดท่อ EMT

วงจรของ LEGAL ENTITIES (ตู้วงจรของห้องนิติบุคคล) ประกอบด้วย

วงจรย่อยแสงสว่าง คือ หลอดไฟ E27 LED ขนาด 7 วัตต์ จำนวน 4 ดวง

ดังนั้น จำนวนวัตต์ทั้งหมด $= 7 \times 4 = 28$ วัตต์

ปริมาณโหลดทั้งหมด $= \frac{28}{0.9} = 31.11VA$

กระแสโหลดแสงสว่าง $I_L = \frac{31.11}{230}$

$I_L = 0.14 \ A$

คิดเผื่อกระแส 25% $I_c = 1.25 \times 0.14$

$I_c = 0.18\ A$

ดังนั้น เลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด $15AT$

ใช้สาย IEC 01 ขนาดสาย $2 \times 2.5\ mm^2$ (พิกัดกระแส $21A$)

$G - 2.5\ mm^2$

ขนาดท่อ สาย $2.5\ mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $= 2 \times 12.5 = 25\ mm^2$

สาย $2.5\ mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $= 12.5\ mm^2$

พื้นที่หน้าตัดรวม $= 25 + 12.5 = 37.5\ mm^2$

ดังนั้น เลือกใช้ท่อขนาด $15mm(1/2")$ ชนิดท่อ EMT

วงจรย่อยเต้ารับ จำนวน 5 จุด กำลังไฟฟ้าจุดละ $180VA$

ดังนั้น ปริมาณโหลดรวม $S = 5 \times 180 = 900VA$

กระแสโหลดเต้ารับ $I_L = \frac{900}{230}$

$I_L = 3.91\ A$

คิดเผื่อกระแส 25% $I_c = 1.25 \times 3.91$

$I_c = 4.89\ A$

ดังนั้น เลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด $20AT$

ใช้สาย IEC 01 ขนาดสาย $2 \times 4\ mm^2$ (พิกัดกระแส $28A$)

$G - 2.5\ mm^2$

ขนาดท่อ สาย $4\ mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $= 2 \times 16.6 = 33.2\ mm^2$

สาย $2.5\ mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $= 12.5\ mm^2$

พื้นที่หน้าตัดรวม $= 33.2 + 12.5 = 45.7\ mm^2$

ดังนั้น เลือกใช้ท่อขนาด $15mm(1/2")$ ชนิดท่อ EMT

วงจรย่อยเครื่องปรับอากาศเลือกใช้เครื่องปรับอากาศขนาด 11,900 BTU ยี่ห้อ DAIKIN รุ่น Inverter-R32 SMART ซึ่งมีค่า

$SEER = 21.81\ \ BTU/W-h$

แปลงค่า $SEER$ เป็นค่า EER

โดย $EER = \left(-0.02 \times 21.81^2\right) + \left(1.12 \times 21.81\right)$

ดังนั้น $EER = 14.91\ BTU/h/w$

ดังนั้น ปริมาณโหลด $S = \frac{11900}{14.91 \times 0.6}$

$S = 1330.20VA$

กระแสโหลดเครื่องปรับอากาศ $I_L = \frac{1330.20}{230}$

$I_L = 5.78\ A$

คิดเผื่อกระแส 25% $I_c = 1.25 \times 5.78$

$I_c = 7.23\ A$

พิกัดปรับตั้ง Circuit Breaker $= 2 \times 7.23 = 14.46\ A$

ดังนั้น เลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด $20AT$

ใช้สาย IEC 01 ขนาดสาย $2 \times 4\ mm^2$ (พิกัดกระแส $28A$)

$G - 2.5\ mm^2$

ขนาดท่อ สาย $4\ mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $= 2 \times 16.6 = 33.2\ mm^2$

สาย $2.5\ mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $= 12.5\ mm^2$

พื้นที่หน้าตัดรวม $= 33.2 + 12.5 = 45.7\ mm^2$

ดังนั้น เลือกใช้ท่อขนาด $15mm(1/2")$ ชนิดท่อ EMT

วงจรย่อยของตู้ FCP (ตู้ระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้) และตู้ ACCESS CONTROL

ปริมาณโหลดทั้งหมด $S = 1500VA$

กระแสโหลดแสงสว่าง $I_L = \frac{1500}{230}$

$I_L = 6.52$

คิดเผื่อกระแส 25% $I_c = 1.25 \times 6.25$

$I_c = 8.15\ A$

ดังนั้น เลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด $15AT$

ใช้สาย IEC 01 ขนาดสาย $2 \times 2.5\ mm^2$ (พิกัดกระแส $21A$)

$G - 2.5\ mm^2$

ขนาดท่อ สาย $2.5\ mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $= 2 \times 12.5 = 25\ mm^2$

สาย $2.5\ mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $= 12.5\ mm^2$

พื้นที่หน้าตัดรวม $= 25 + 12.5 = 37.5\ mm^2$

ดังนั้น เลือกใช้ท่อขนาด $15mm(1/2")$ ชนิดท่อ EMT

โหลดรวมของห้องนิติบุคคล $S = 31.11 + 900 + 1330.20 + 1500VA$

$= 3761.31VA$

คิดที่ Demand Factor 80% จะได้โหลด $= 3761.31 \times 0.8 = 3009.05VA$

กระแสโหลดรวม $= \frac{3009.05}{230}$

$I_L = 13.08\ A$

คิดเผื่อกระแส 25% $I_c = 1.25 \times 13.08$

$I_c = 16.35\ A$

ดังนั้น เลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด $20AT$

ใช้สาย IEC 01 ขนาดสาย $2 \times 2.5\ mm^2$ (พิกัดกระแส $21A$)

$G - 2.5\ mm^2$

ขนาดท่อ สาย $2.5\ mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $= 2 \times 12.5 = 25\ mm^2$

สาย $2.5\ mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $= 12.5\ mm^2$

พื้นที่หน้าตัดรวม $= 25 + 12.5 = 37.5\ mm^2$

ดังนั้น เลือกใช้ท่อขนาด $15mm(1/2")$ ชนิดท่อ EMT

ชั้น 3 ชั้น4 และชั้น 5 วงจรย่อยทั้งหมดจะอยู่ในตู้ LP.-5

วงจร LP.5-1 , LP.5-4 และ LP.5-7 ประกอบด้วย

หลอดไฟ E27 LED ขนาด 7 วัตต์ จำนวน 23 ดวง

ดังนั้น จำนวนวัตต์ทั้งหมด $= 7 \times 23 = 161$ วัตต์

ปริมาณโหลดทั้งหมด $S = \frac{161}{0.9} = 178.89VA$

หลอด LED Tube T8 ขนาด 18 วัตต์ จำนวน 2 หลอด

ดังนั้น จำนวนวัตต์ทั้งหมด $= 18 \times 2 = 36$ วัตต์

ปริมาณโหลดทั้งหมด $S = \frac{36}{0.9} = 40VA$

ดังนั้น ปริมาณโหลดรวม $S = 178.89 + 40 = 218.89VA$

กระแสโหลดแสงสว่าง $I_L = \frac{218.89}{230}$

$I_L = 0.95\ A$

คิดเผื่อกระแส 25% $I_c = 1.25 \times 0.95$

$I_c = 1.19\ A$

ดังนั้น เลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด $15AT$

ใช้สาย IEC 01 ขนาดสาย $2 \times 2.5\ mm^2$ (พิกัดกระแส $21A$)

$G - 2.5\ mm^2$

ขนาดท่อ สาย $2.5\ mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $= 2 \times 12.5 = 25\ mm^2$

สาย $2.5\ mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $= 12.5\ mm^2$

พื้นที่หน้าตัดรวม $= 25 + 12.5 = 37.5\ mm^2$

ดังนั้น เลือกใช้ท่อขนาด $15mm(1/2")$ ชนิดท่อ EMT

วงจรของ LP.5-2 , LP.5-3 ,LP.5-5 ,LP.5-6 , LP.5-8 และ LP.5-9 ประกอบด้วย

เต้ารับ จำนวน 4 จุด กำลังไฟฟ้าจุดละ $180VA$

ดังนั้น ปริมาณโหลดรวม $S = 4 \times 180 = 720VA$

กระแสโหลดเต้ารับ $I_L = \frac{720}{230}$

$I_L = 3.13\ A$

คิดเผื่อกระแส 25% $I_c = 1.25 \times 3.13$

$I_c = 3.91\ A$

ดังนั้น เลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด $20AT$

ใช้สาย IEC 01 ขนาดสาย $2 \times 4\ mm^2$ (พิกัดกระแส $28A$)

$G - 2.5\ mm^2$

ขนาดท่อ สาย $4\ mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $= 2 \times 16.6 = 33.2\ mm^2$

สาย $2.5\ mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $= 12.5\ mm^2$

พื้นที่หน้าตัดรวม $= 33.2 + 12.5 = 45.7\ mm^2$

ดังนั้น เลือกใช้ท่อขนาด $15mm(1/2")$ ชนิดท่อ EMT

ชั้น 6 ชั้น7 ชั้น8 และดาดฟ้า วงจรย่อยทั้งหมดจะอยู่ในตู้ LP.8

วงจรของ LP.8-1 , LP.8-4 และ LP.8-7 ประกอบด้วย

หลอดไฟ E27 LED ขนาด 7 วัตต์ จำนวน 23 ดวง

ดังนั้น จำนวนวัตต์ทั้งหมด $= 7 \times 23 = 161$ วัตต์

ปริมาณโหลดทั้งหมด $S = \frac{161}{0.9} = 178.89VA$

หลอด LED Tube T8 ขนาด 18 วัตต์ จำนวน 2 หลอด

ดังนั้น จำนวนวัตต์ทั้งหมด $= 18 \times 2 = 36$ วัตต์

ปริมาณโหลดทั้งหมด $S = \frac{36}{0.9} = 40VA$

ดังนั้น ปริมาณโหลดรวม $S = 178.89 + 40 = 218.89VA$

กระแสโหลดแสงสว่าง $I_L = \frac{218.89}{230}$

$I_L = 0.95\ A$

คิดเผื่อกระแส 25% $I_c = 1.25 \times 0.95$

$I_c = 1.19 \ \ A$

ดังนั้น เลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด $15AT$

ใช้สาย IEC 01 ขนาดสาย $2 \times 2.5 \ mm^2$ (พิกัดกระแส $21A$)

$G - 2.5 \ mm^2$

ขนาดท่อ สาย $2.5 \ mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $= 2 \times 12.5 = 25 \ \ mm^2$

สาย $2.5 \ mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $= 12.5 \ \ mm^2$

พื้นที่หน้าตัดรวม $= 25 + 12.5 = 37.5 \ \ mm^2$

ดังนั้น เลือกใช้ท่อขนาด $15mm(1/2")$ ชนิดท่อ EMT

วงจรของ LP.8-2 , LP.8-3 ,LP.8-5 ,LP.8-6 ,LP.8-8 และ LP.8-9 ประกอบด้วย

เต้ารับ จำนวน 4 จุด กำลังไฟฟ้าจุดละ $180VA$

ดังนั้น ปริมาณโหลดรวม $S = 4 \times 180 = 720VA$

กระแสโหลดเต้ารับ $I_L = \dfrac{720}{230}$

$I_L = 3.13 \ A$

คิดเผื่อกระแส 25% $I_c = 1.25 \times 3.13$

$I_c = 3.91 \ \ A$

ดังนั้น เลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด $20AT$

ใช้สาย IEC 01 ขนาดสาย $2 \times 4 \ mm^2$ (พิกัดกระแส $28A$)

$G - 2.5 \ mm^2$

ขนาดท่อ สาย $4 \ mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $= 2 \times 16.6 = 33.2 \ \ mm^2$

สาย $2.5 \ mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $= 12.5 \ \ mm^2$

พื้นที่หน้าตัดรวม $= 33.2 + 12.5 = 45.7 \ \ mm^2$

ดังนั้น เลือกใช้ท่อขนาด $15mm(1/2")$ ชนิดท่อ EMT

วงจรของ LP.8-10

หลอดไฟ E27 LED ขนาด 7 วัตต์ จำนวน 5 ดวง

ดังนั้น จำนวนวัตต์ทั้งหมด $= 7 \times 5 = 35$ วัตต์

ปริมาณโหลดทั้งหมด $S = \dfrac{35}{0.9} = 38.89VA$

หลอด LED Tube T8 ขนาด 18 วัตต์ จำนวน 1 หลอด

ดังนั้น จำนวนวัตต์ทั้งหมด $= 18 \times 1 = 18$ วัตต์

ปริมาณโหลดทั้งหมด $S = \frac{18}{0.9} = 20VA$

ดังนั้น ปริมาณโหลดรวม $= 38.89 + 20 = 58.89VA$

กระแสโหลดแสงสว่าง $I_L = \frac{58.89}{230}$

$I_L = 0.26\ A$

คิดเผื่อกระแส 25% $I_c = 1.25 \times 0.26$

$I_c = 0.33\ A$

ดังนั้น เลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด $15AT$

ใช้สาย IEC 01 ขนาดสาย $2 \times 2.5\ mm^2$ (พิกัดกระแส $21A$)

$G - 2.5\ mm^2$

ขนาดท่อ สาย $4\ mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $= 2 \times 16.6 = 33.2\ mm^2$

สาย $2.5\ mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $= 12.5\ mm^2$

พื้นที่หน้าตัดรวม $= 33.2 + 12.5 = 45.7\ mm^2$

ดังนั้น เลือกใช้ท่อขนาด $15mm(1/2")$ ชนิดท่อ EMT

วงจรของ LP.8-11 ประกอบด้วย

เต้ารับ จำนวน 2 จุด กำลังไฟฟ้าจุดละ $180VA$

ดังนั้น ปริมาณโหลดรวม $S = 2 \times 180 = 360VA$

กระแสโหลดเต้ารับ $I_L = \frac{360}{230}$

$I_L = 1.57\ A$

คิดเผื่อกระแส 25% $I_c = 1.25 \times 1.57$

$I_c = 1.96\ A$

ดังนั้น เลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด $20AT$

ใช้สาย IEC 01 ขนาดสาย $2 \times 4\ mm^2$ (พิกัดกระแส $28A$)

$G - 2.5\ mm^2$

ขนาดท่อ สาย $4\ mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $= 2 \times 16.6 = 33.2\ mm^2$

สาย $2.5\ mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $= 12.5\ mm^2$

พื้นที่หน้าตัดรวม $= 33.2 + 12.5 = 45.7\ mm^2$

ดังนั้น เลือกใช้ท่อขนาด $15mm(1/2")$ ชนิดท่อ EMT

โหลดรวมของส่วนกลางแต่ละชั้น

โหลดส่วนกลางชั้นใต้ดิน ชั้น 1 และชั้น 2 ซึ่งจะเข้าตู้ LP.2

มีโหลดรวม $8016.87VA$ คิดที่ Demand Factor 80% ของโหลดรวมทั้งหมด

ดังนั้น ปริมาณโหลด คือ $8016.87 \times 0.8 = 6413.496VA$

กรแสโหลด $I_L = \frac{6413.496}{\sqrt{3} \times 400} = 9.26 \ \ A$

คิดเผื่อกระแส 25% $I_c = 1.25 \times 9.26$

$I_c = 11.58 \ \ A$

เลือกใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ ขนาด $15AT$

ใช้สาย IEC 01 ขนาดสาย $4 \times 2.5 \ mm^2$

$G - 2.5 \ mm^2$

ขนาดท่อ สาย $2.5 \ mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $= 4 \times 12.5 = 50 \ mm^2$

สาย $2.5 \ mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $= 12.5 \ \ mm^2$

พื้นที่หน้าตัดรวม $= 50 + 12.5 = 62.5 \ mm^2$

ดังนั้น เลือกใช้ท่อขนาด $15mm(1/2")$ ชนิดท่อ EMT

โหลดส่วนกลางชั้นใต้ดิน ชั้น 3 ชั้น 4 และชั้น 5 ซึ่งจะเข้าตู้ LP.5

มีโหลดรวม $4976.67VA$ คิดที่ Demand Factor 80% ของโหลดรวมทั้งหมด

ดังนั้น ปริมาณโหลด คือ $4976.67 \times 0.8 = 3981.34VA$

กรแสโหลด $I_L = \frac{3981.34}{\sqrt{3} \times 400} = 5.75 \ \ A$

คิดเผื่อกระแส 25% $I_c = 1.25 \times 5.75$

$I_c = 7.19 \ A$

เลือกใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ ขนาด $15AT$

ใช้สาย IEC 01 ขนาดสาย $4 \times 2.5 \ mm^2$

$G - 2.5 \ mm^2$

ขนาดท่อ สาย $2.5 \ mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $= 4 \times 12.5 = 50 \ mm^2$

สาย $2.5 \ mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $= 12.5 \ \ mm^2$

พื้นที่หน้าตัดรวม $= 50 + 12.5 = 62.5 \ \ mm^2$

ดังนั้น เลือกใช้ท่อขนาด $15mm(1/2")$ ชนิดท่อ EMT

โหลดส่วนกลางชั้นใต้ดิน ชั้น 6 ชั้น 7 ชั้น 8 และดาดฟ้า ซึ่งจะเข้าตู้ LP.8

มีโหลดรวม $5395.56VA$ คิดที่ Demand Factor 80% ของโหลดรวมทั้งหมด

ดังนั้น ปริมาณโหลด คือ $5395.56 \times 0.8 = 4316.45VA$

กรแสโหลด $I_L = \frac{4316.45}{\sqrt{3} \times 400} = 6.23 \ \ A$

คิดเผื่อกระแส 25% $I_c = 1.25 \times 6.23$

$I_c = 7.79 \ A$

เลือกใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ ขนาด $15AT$

ใช้สาย IEC 01 ขนาดสาย $4 \times 2.5 \ mm^2$

$G - 2.5 \ mm^2$

ขนาดท่อ สาย $2.5 \ mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $= 4 \times 12.5 = 50 \ \ mm^2$

สาย $2.5 \ mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $= 12.5 \ \ mm^2$

พื้นที่หน้าตัดรวม $= 50 + 12.5 = 62.5 \ \ mm^2$

ดังนั้น เลือกใช้ท่อขนาด $15mm(1/2")$ ชนิดท่อ EMT

4.4 โหลดรวมของส่วนกลางทั้งอาคาร

โหลดรวมส่วนกลางทั้งอาคาร $= 18389.1VA$

ดังนั้น จากสมการ *(4.7)*

จะได้ Demand Factor $= \frac{14711.28}{18389.1} \times 100\%$

Demand Factor $= 80\%$

กรแสโหลด $I_L = \frac{14711.28}{\sqrt{3} \times 400} = 21.23 \ \ A$

คิดเผื่อกระแส 25% $I_c = 1.25 \times 21.23$

$I_c = 26.54$

เลือกใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ ขนาด $30AT$

ใช้สาย IEC 01 ขนาดสาย $4 \times 6 \ mm^2$

$G - 4 \ mm^2$

ขนาดท่อ สาย $6 \ \ mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $= 4 \times 21.2 = 84.8 \ \ mm^2$

สาย $4 \ \ mm^2$ มีพื้นที่หน้าตัด $= 16.6 \ \ mm^2$

พื้นที่หน้าตัดรวม $= 84.8 + 16.6 = 101.4 \ mm^2$

ดังนั้น เลือกใช้ท่อขนาด $20mm(3/4")$ ชนิดท่อ EMT

การคำนวณหาขนาดพิกัดหม้อแปลง (วงจรสายป้อนตู้MDB)

โหลดรวมทั้งอาคาร $\sum L = 1025730.7 \ \ VA$ หรือ $1025.73 \ kVA$

ขนาดพิกัดหม้อแปลง $= 1.25 \times 1025.73 = 1282.16 \ kVA$

ดังนั้น เลือกใช้ขนาดพิกัดหม้อแปลง $=1600\ kVA$

ด้าน HV (MEA 24 kV)

$$I_n(HV)=\frac{1600}{\sqrt{3}\times 22}=41.99\ \ A$$

ค่าปรับตั้งกระแสไม่เกิน 125% ของกระแสพิกัดหม้อแปลง

$$I_c \geq 1.25\times I_n(HV) \qquad (4.9)$$

$$I_c = 1.25\times 41.99$$

$$I_c = 152.49\ \ A$$

ใช้สาย SAC ขนาดสาย $3\times 35\ mm^2$

$$\text{Fuse} \quad = 1.75\times 41.99$$

$$= 73.48\ \ A$$

ดังนั้น เลือก Dropout Fuse $80\ \ A$

ด้าน LV

$$I_n(LV)=\frac{1600\times 10^3}{\sqrt{3}\times 400}=2309.40\ \ A$$

ค่าปรับตั้งกระแสไม่เกิน 125% ของกระแสพิกัดหม้อแปลง

$$I_c \geq 1.25\times I_n(LV) \qquad (4.10)$$

$$I_c = 1.25\times 2309.40$$

$$I_c = 2886.75\ \ A$$

ขนาด AT ของ $CB = 3000AT$

ขนาด AF ของ $CB=\frac{3000}{0.8}=3750\ A$

เลือก $CB = 4000AF$

ดังนั้น เลือก $CB = 3000AT\ /\ 4000AF$

เลือกใช้สายขนาด $5(4\times 500)\ mm^2$

หาขนาดรางเคเบิล (Cable Tray)

$$W \geq 1.25\sum D \tag{4.11}$$

$$W = 1.25[20 \times 36.5]$$

$$W = 912.5 \ \ mm$$

ดังนั้น เลือกใช้รางเคเบิลขนาดกว้าง $1000\ mm$

ขนาดสายต่อหลักดินของระบบไฟฟ้ากระแสสลับ

ขนาดตัวนำประธาน = จำนวนชุด × ขนาดสาย (4.12)

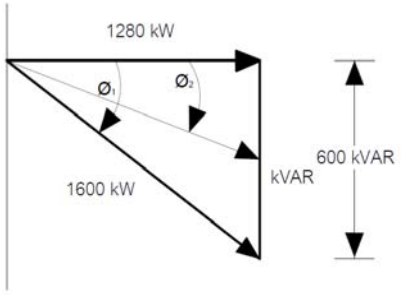
$$= 5 \times 500$$

ดังนั้น ขนาดตัวนำประธาน $= 2500\ mm^2$

ขนาดสายต่อหลักดิน $= 95\ \ mm^2$

(ขนาดตัวนำประธานเกิน $500\ mm^2$ ใช้สายต่อหลักดินขนาด $95\ mm^2$)

การออกแบบ Capacitor ที่ใช้แก้ Power Factor ของโหลด $1600kVA$ จาก $P.F. = 0.8$ lagging เป็น $P.F. = 0.95$ lagging และอุปกรณ์ป้องกันสำหรับชุดแก้ Power Factor



$$\phi_1 = \cos^{-1} 0.08 = 36.8^\circ$$

$$\phi_2 = \cos^{-1} 0.95 = 18.2^\circ$$

$$kVAR = 1280 \tan \phi_1 - 1280 \tan \phi_2$$

$$kVAR = 1280 \tan 36.8^\circ - 1280 \tan 18.2^\circ$$

$$= 536.72kVAR$$

Capacitor ที่ใช้แก้ $P.F. = 0.8$ lagging เป็น $P.F. = 0.95$ lagging มีค่าประมาณ 30% ของพิกัดหม้อแปลง

ดังนั้น เลือกใช้ Capacitor $500kVAR$ หรือ Capacitor $10 \times 50kVAR$

การหาขนาด Fuse ของ Capacitor แต่ละตัว

$$I_n = \frac{50}{\sqrt{3} \times 0.4} = 72.2$$

ขนาด Fuse ของ Capacitor I_F มักใช้ 1.5 เท่าของ I_n

$$I_F = 1.5 \times 72.2 = 108.3\ A$$

จึงเลือกใช้ Fuse แต่ละตัวขนาด $125\ A$ จำนวน 6 ชุด

การหาขนาด CB Main ของ Capacitor Bank

$$I_t = (1.25 \times I_n) + (5 \times I_n) \tag{4.13}$$

$$I_t = (1.25 \times 72.2) + (5 \times 72.2)$$

$$I_t = 452A$$

ขนาด CB Main ของ Capacitor Bank มักใช้ 1.43 เท่าของ I_t

$$CB = 1.43 I_t \tag{4.14}$$

$$CB = 1.43 \times 452$$

$$CB = 646A$$

เลือก $CB = 700AT / 1000AF$

เลือกใช้ Copper Busbar ขนาด $2'' \times 3/8''\ (750A)$

4.5 การออกแบบระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้

จากการศึกษาแบบแปลนคอนโดมิเนียม สำหรับทำการออกแบบระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้นั้น ได้มีการศึกษาเพิ่มเติมในส่วนของการออกแบบและติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับและแจ้งเตือนต่าง ๆ ตามข้อกำหนด

ของมาตรฐาน วสท. ซึ่งได้กำหนดระยะติดตั้งและพื้นที่ใช้งานอุปกรณ์ต่าง ๆ ไว้อย่างชัดเจน สำหรับโครงงานนี้ผู้ออกแบบได้ทำการออกแบบภายใต้ข้อกำหนดของการติดตั้งอุปกรณ์ต่าง ๆ เป็นดังนี้

4.5.1 การเลือกใช้อุปกรณ์ตรวจจับ สถานที่ใช้งานและระยะในการติดตั้ง

4.5.1.1 M= อุปกรณ์แจ้งเหตุด้วยมือ(อุปกรณ์เริ่มสัญญาณ)

(1) ติดตั้งในตำแหน่งที่เห็นได้ชัดเจน เข้าถึงได้สะดวก

(2) ครอบคลุมทุกพื้นที่ทางเข้าออกของอาคารและที่แต่ละชั้นของทางหนีไฟของอาคาร

(3) ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์แจ้งเหตุไม่เกิน 60 เมตร

(4) ติดตั้งสูงจากพื้น 1.4 - 1.50 เมตร

4.2.1.2 อุปกรณ์แจ้งเหตุด้วยเสียง

(1) ต้องดังกว่าเสียงรบกวนเฉลี่ยไม่น้อยกว่า 1

(2) ความดังเสียงเตือนทั่วไปต้องไม่น้อยกว่า 65 เดซิเบล แต่ไม่เกิน 120 เดซิเบล ยกเว้นพื้นที่หลับนอนต้องไม่น้อยกว่า 70 เดซิเบล

(3) ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ไม่เกิน 30 เมตร

4.5.1.3 อุปกรณ์ตรวจจับควัน

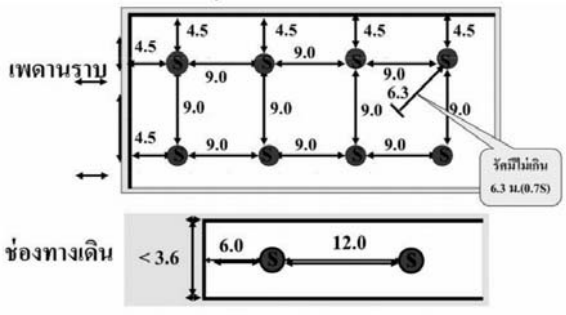
(1) ชนิดจุด ติดตั้งสูงไม่เกิน 10.5 เมตร (ตามมาตรฐาน) ติดตั้งห่างจากฝ้าและหลังคา 25-600 มิลลิเมตร

(2) ชนิดลำแสง ติดตั้งสูงไม่เกิน 25 เมตร ติดตั้งห่างจากฝ้าและหลังคา 300-750 มิลลิเมตร

(3) ใช้ป้องกันชีวิต

(4) การติดตั้งห่างจากผนังกั้นไม่เกิน 4.5 เมตร แต่ไม่น้อยกว่า 300 มิลลิเมตร

(5) ห่างจากหัวจ่ายลมไม่น้อยกว่า 400 มิลลิเมตร



รูปที่ 4.1 แสดงระยะติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับควัน

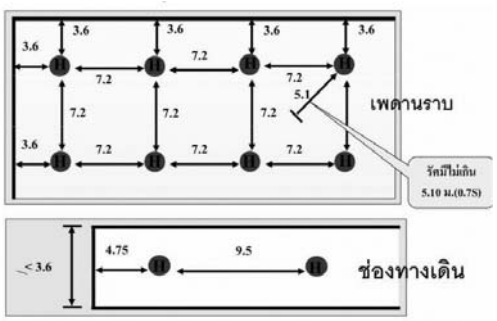
ที่มา: https://www.facebook.com/ElectricalRm/?fref=ts

4.5.1.4 อุปกรณ์ตรวจจับความร้อน

(1) ไม่ได้ใช้เป็นอุปกรณ์ป้องกันชีวิต

(2) มีไว้เพื่อป้องกันทรัพย์สินเท่านั้น

(3) ติดตั้งบนเพดานสูงไม่เกิน 4 เมตร หรือ 6 เมตร



รูปที่ 4.2 แสดงระยะติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับความร้อน

ที่มา: https://www.facebook.com/ElectricalRm/?fref=ts

ในการออกแบบระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้สำหรับคอนโดมิเนียม ได้มีการออกแบบที่เป็นระบบ Semi Addressable Fire Alarm System ซึ่งได้ใช้โปรแกรม AutoCAD ในการเขียนแบบและการเขียนแบบแนวตั้งซึ่งสามารถแสดงให้เห็นการติดตั้งของพื้นที่ต่าง ๆ ดังตารางและในแบบแปลนการออกแบบ

สำหรับพื้นที่แบ่งโซนห้องพักแต่ละชนิด มีพื้นที่การแบ่งโซนและการติดตั้งอุปกรณ์ดังนี้

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงการติดตั้งอุปกรณ์พื้นที่ห้อง Type A

พื้นที่แบ่งโซน	**ขนาดพื้นที่ (ตารางเมตร)**	**อุปกรณ์ตรวจจับ**	
		ชนิดอุปกรณ์	**จำนวนติดตั้ง (ตัว)**
1. ห้องนอน	7.2993	Smoke Detector	1
2. ห้องนั่งเล่น	13.4396	Smoke Detector	1
3. ห้องครัว	4.0712	Heat Detector	1
4. ห้องน้ำ	3.0699	Heat Detector	1

ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงการติดตั้งอุปกรณ์ห้อง Type B

พื้นที่แบ่งโซน	ขนาดพื้นที่ (ตารางเมตร)	อุปกรณ์ตรวจจับ	
		ชนิดอุปกรณ์	จำนวนติดตั้ง (ตัว)
1. ห้องนอน	8.9908	Smoke Detector	1
2. ห้องนั่งเล่น	11.8604	Smoke Detector	1
3. ห้องครัว	3.4603	Heat Detector	1
4. ห้องน้ำ	3.9738	Heat Detector	1

ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงการติดตั้งอุปกรณ์ห้อง Duplex

พื้นที่แบ่งโซน	ขนาดพื้นที่ (ตารางเมตร)	อุปกรณ์ตรวจจับ	
		ชนิดอุปกรณ์	จำนวนติดตั้ง (ตัว)
1. ห้องนอน	18.0995	Smoke Detector	1
2. ห้องนั่งเล่น+โซนครัว	15.7840	Smoke Detector, Heat Detector	2
3. ห้องน้ำชั้นบน	3.7624	Heat Detector	1
4. ห้องน้ำชั้นล่าง	2.3293	Heat Detector	1

ตารางที่ 4.4 ตารางแสดงการติดตั้งอุปกรณ์พื้นที่ห้องนิติบุคคล

พื้นที่แบ่งโซน	ขนาดพื้นที่ (ตารางเมตร)	อุปกรณ์ตรวจจับ	
		ชนิดอุปกรณ์	จำนวนติดตั้ง (ตัว)
1. ห้องนิติบุคคล	9.5146	Smoke Detector	1
2. ห้องน้ำชาย	4.0800	Heat Detector	1
3. ห้องน้ำหญิง	3.3456	Heat Detector	1

สำหรับพื้นที่โซนอื่น ๆ นอกเหนือจากห้องพักมีพื้นที่และการติดตั้งอุปกรณ์ดังนี้

ตารางที่ 4.5 ตารางแสดงการติดตั้งอุปกรณ์พื้นที่ช่องบันได

พื้นที่แบ่งโซนช่องบันได	ขนาดพื้นที่(ตารางเมตร)			อุปกรณ์ตรวจจับ	
	โซน 1	โซน 2	โซน 3	ชนิดอุปกรณ์	จำนวนติดตั้ง (ตัว)
1.ช่องบันไดชั้นใต้ดิน	15.6000	-		Smoke Detector	1
2.ช่องบันไดชั้น 1	15.6000	8.5068	17.1128	Smoke Detector	3
3.ช่องบันไดชั้น 2	15.6000	8.5068	25.3909	Smoke Detector	3
4.ช่องบันไดชั้น 3	15.6000	8.5068	-	Smoke Detector	2
5.ช่องบันไดชั้น 4	15.6000	8.5068	-	Smoke Detector	2
6.ช่องบันไดชั้น 5	15.6000	8.5068	-	Smoke Detector	2
7.ช่องบันไดชั้น 6	15.6000	8.5068	-	Smoke Detector	2
8.ช่องบันไดชั้น 7	15.6000	8.5068	-	Smoke Detector	2
9.ช่องบันไดชั้น 8	15.6000	8.5068	-	Smoke Detector	2
10.ช่องบันไดดาดฟ้า	15.6000	-	-	Smoke Detector	1

ตารางที่ 4.6 ตารางแสดงการติดตั้งอุปกรณ์พื้นที่ห้องเครื่องปั๊ม

พื้นที่แบ่งโซนห้องขยะ	ขนาดพื้นที่(ตารางเมตร)	อุปกรณ์ตรวจจับ	
		ชนิดอุปกรณ์	จำนวนติดตั้ง (ตัว)
1.ห้องเครื่องปั๊มชั้นใต้ดิน	21.1221	Smoke Detector	1
2.ห้องเครื่องปั๊มชั้นดาดฟ้า	14.0138	Smoke Detector	1

ตารางที่ 4.7 ตารางแสดงการติดตั้งอุปกรณ์พื้นที่ห้องไฟฟ้า

พื้นที่แบ่งโซนห้องไฟฟ้า	ขนาดพื้นที่(ตารางเมตร)		อุปกรณ์ตรวจจับ	
	โซน 1	โซน 2	ชนิดอุปกรณ์	จำนวนติดตั้ง(ตัว)
1.ฟ้องไฟฟ้าชั้น 2	3.3310	26.0717	Smoke Detector	2
2. ฟ้องไฟฟ้าชั้น 3	5.6790	-	Smoke Detector	1
3. ห้องไฟฟ้าชั้น 4	5.6790	-	Smoke Detector	1
4. ฟ้องไฟฟ้าชั้น 5	5.6790	-	Smoke Detector	1
5. ฟ้องไฟฟ้าชั้น 6	5.6790	-	Smoke Detector	1
6. ฟ้องไฟฟ้าชั้น 7	5.6790	-	Smoke Detector	1
7. ฟ้องไฟฟ้าชั้น 8	5.6790	-	Smoke Detector	1

ตารางที่ 4.8 ตารางแสดงการติดตั้งอุปกรณ์พื้นที่ห้องขยะ

พื้นที่แบ่งโซนห้องขยะ	ขนาดพื้นที่(ตารางเมตร)	อุปกรณ์ตรวจจับ	
		ชนิดอุปกรณ์	จำนวนติดตั้ง (ตัว)
1.ห้องขยะชั้น 2	2.8791	Smoke Detector	1
2.ห้องขยะชั้น 3	2.8791	Smoke Detector	1
3.ห้องขยะชั้น 4	2.8791	Smoke Detector	1
4.ห้องขยะชั้น 5	2.8791	Smoke Detector	1
5.ห้องขยะชั้น 6	2.8791	Smoke Detector	1
6.ห้องขยะชั้น 7	2.8791	Smoke Detector	1
7.ห้องขยะชั้น 8	2.8791	Smoke Detector	1

พื้นที่แบ่งโซนชั้นลานจอดรถมีพื้นที่ 640.1021ตารางเมตร ติดตั้ง Heat Detector ทั้งหมด 17 ตัว

ตารางที่ 4.9 ตารางแสดงการจัดทำโหลดไฟฟ้าของห้องพัก TYPE-A

LOAD SCHEDULE : PANELBOARD								
ROOM TYPE : LPA				LOCATION : RESIDENTIAL UNIT				
CAPACITY (FDR.) : 8				MAIN BAR : 100				
CONNECTED TO : DB				NEUTRAL : 100%				
CCT. NO.	DESCRIPTION	CONNECTED LOAD (VA)	CIRCUIT BREAKER			CONDUCTOR		RACEWAY
			POLE	AT	AF	SIZE (mm^2)	TYPE	
1	Lighting	81.58	1	15	50	2x2.5 ,G-2.5	IEC 01	Ø 15 mm ,EMT
2	Receptacle1	360	1	20	50	2x2.5 ,G-2.5	IEC 01	Ø 15 mm ,EMT
3	Receptacle2	720	1	20	50	2x2.5 ,G-2.5	IEC 01	Ø 15 mm ,EMT
4	Water Heater	5500	1	30	50	2x6 ,G-4	IEC 01	Ø 15 mm ,EMT
5	Hob	3000	1	20	50	2x2.5 ,G-2.5	IEC 01	Ø 15 mm ,EMT
6	Hood	415	1	15	50	2x2.5 ,G-2.5	IEC 01	Ø 15 mm ,EMT
7	Air (bedroom)	946.48	1	20	50	2x2.5 ,G-2.5	IEC 01	Ø 15 mm ,EMT
8	Air (living room)	1639.16	1	20	50	2x2.5 ,G-2.5	IEC 01	Ø 15 mm ,EMT
TOTAL CONNECTED LOAD (VA)		12662.22	MAIN CB			MAIN FEEDER		RACEWAY
92% DEMAND LOAD (VA)		11629.72	2 P 80 AT / 100 AF			2 ×25/G1×10 IEC-01 ,25(1”) EMT		
			30 (100) A 1P					

ตารางที่ 4.10 ตารางแสดงการจัดทำโหลดไฟฟ้าของห้องพัก TYPE-B

LOAD SCHEDULE : PANELBOARD								
ROOM TYPE : LPB				LOCATION : RESIDENTIAL UNIT				
CAPACITY (FDR.) : 8				MAIN BAR : 100				
CONNECTED TO : DB				NEUTRAL : 100%				
CCT. NO.	DESCRIPTION	CONNECTED LOAD (VA)	CIRCUIT BREAKER			CONDUCTOR		RACEWAY
			POLE	AT	AF	SIZE (mm^2)	TYPE	
1	Lighting	128.25	1	15	50	2x2.5 ,G-2.5	IEC 01	Ø 15 mm ,EMT
2	Receptacle1	360	1	20	50	2x2.5 ,G-2.5	IEC 01	Ø 15 mm ,EMT
3	Receptacle2	1080	1	20	50	2x2.5 ,G-2.5	IEC 01	Ø 15 mm ,EMT
4	Water Heater	5500	1	30	50	2x6 ,G-4	IEC 01	Ø 15 mm ,EMT
5	Hob	3000	1	20	50	2x2.5 ,G-2.5	IEC 01	Ø 15 mm ,EMT
6	Hood	415	1	15	50	2x2.5 ,G-2.5	IEC 01	Ø 15 mm ,EMT
7	Air (bedroom)	946.48	1	20	50	2x2.5 ,G-2.5	IEC 01	Ø 15 mm ,EMT
8	Air (living room)	1330.2	1	20	50	2x2.5 ,G-2.5	IEC 01	Ø 15 mm ,EMT
TOTAL CONNECTED LOAD (VA)		12759.93	MAIN CB			MAIN FEEDER		RACEWAY
92% DEMAND LOAD (VA)		11727.43	2 P 80 AT / 100 AF 30 (100) A 1P			2 ×25/G1×10 IEC-01 ,25(1”) EMT		

ตารางที่ 4.11 ตารางแสดงการจัดทำโหลดไฟฟ้าของห้องพัก DUPLEX

LOAD SCHEDULE : PANELBOARD								
ROOM TYPE : LPD				LOCATION : RESIDENTIAL UNIT				
CAPACITY (FDR.) : 8				MAIN BAR : 100				
CONNECTED TO : DB				NEUTRAL : 100%				
CCT. NO.	DESCRIPTION	CONNECTED LOAD (VA)	CIRCUIT BREAKER			CONDUCTOR		RACEWAY
			POLE	AT	AF	SIZE (mm^2)	TYPE	
1	Lighting	194.29	1	15	50	2x2.5 ,G-2.5	IEC 01	Ø 15 mm ,EMT
2	Receptacle1	360	1	20	50	2x2.5 ,G-2.5	IEC 01	Ø 15 mm ,EMT
3	Receptacle2	900	1	20	50	2x2.5 ,G-2.5	IEC 01	Ø 15 mm ,EMT
4	Water Heater	5500	1	30	50	2x6 ,G-4	IEC 01	Ø 15 mm ,EMT
5	Hob	3000	1	20	50	2x2.5 ,G-2.5	IEC 01	Ø 15 mm ,EMT
6	Hood	415	1	15	50	2x2.5 ,G-2.5	IEC 01	Ø 15 mm ,EMT
7	Air (bedroom)	1949.77	1	25	50	2x4 ,G-4	IEC 01	Ø 15 mm ,EMT
8	Air (living room)	1639.16	1	20	50	2x2.5 ,G-2.5	IEC 01	Ø 15 mm ,EMT
TOTAL CONNECTED LOAD (VA)		13958.22	MAIN CB			MAIN FEEDER		RACEWAY
93% DEMAND LOAD (VA)		12925.72	2 P 80 AT / 100 AF 30 (100) A 1P			2 ×25/G1×10 IEC-01 ,25(1") EMT		

ตารางที่ 4.12 ตารางแสดงวงจรสายป้อนของตู้ DB.2

LOAD SCHEDULE : 400/230 V. DISTRIBUTION BOARD										
NAME : DB.2					LOCATION : 2nd Floor					
CAPACITY (FDR.) : 12					MAIN BAR : 300					
CONNECTED TO : FCB					NEUTRAL : 100%					
FEEDER NO.	DESCRIPTION	CONNECTED LOAD (VA)			CIRCUIT BREAKER			CONDUCTOR		RACEWAY
		R	Y	B	POLE	AT	AF	SIZE (mm^2)	TYPE	
F1	LPA-1	12662.22			2	80	100	2x25 ,G-10	IEC 01	Ø 25 mm ,EMT
F2	LPB-1		12759.93		2	80	100	2x25 ,G-10	IEC 01	Ø 25 mm ,EMT
F3	LPD-1			13958.22	2	80	100	2x25 ,G-10	IEC 01	Ø 25 mm ,EMT
F4	LPA-2	12662.22			2	80	100	2x25 ,G-10	IEC 01	Ø 25 mm ,EMT
F5	LPB-2		12759.93		2	80	100	2x25 ,G-10	IEC 01	Ø 25 mm ,EMT
F6	LPD-2			13958.22	2	80	100	2x25 ,G-10	IEC 01	Ø 25 mm ,EMT
F7	LPA-3	12662.22			2	80	100	2x25 ,G-10	IEC 01	Ø 25 mm ,EMT
F8	LPB-3		12759.93		2	80	100	2x25 ,G-10	IEC 01	Ø 25 mm ,EMT
F9	LPD-3			13958.22	2	80	100	2x25 ,G-10	IEC 01	Ø 25 mm ,EMT
F10	LPA-4	12662.22			2	80	100	2x25 ,G-10	IEC 01	Ø 25 mm ,EMT
F11	SPARE					20	50			
F12	SPARE					20	50			
TOTAL		50648.88	38279.79	41874.66	MAIN CB			MAIN FEEDER		RACEWAY
CONNECTED LOAD (VA)		130803.33			3 P 250 AT / 250 AF			4 ×185/G1×25 IEC-01 ,80(3") EMT		
90 % DEMAND LOAD (VA)		117722.1								

ตารางที่ 4.13 ตารางแสดงวงจรสายป้อนของตู้ DB.3

	LOAD SCHEDULE	:	**400/230 V. DISTRIBUTION BOARD**							
	NAME	:	DB.3		LOCATION	:	3rd Floor			
	CAPACITY (FDR.)	:	12		MAIN BAR	:	250			
	CONNECTED TO	:	FCB		NEUTRAL	:	100%			
FEEDER NO.	DESCRIPTION	CONNECTED LOAD (VA)			CIRCUIT BREAKER			CONDUCTOR		RACEWAY
		R	Y	B	POLE	AT	AF	SIZE (mm^2)	TYPE	
F1	LPA-5	12662.22			2	80	100	2x25 ,G-10	IEC 01	Ø 25 mm ,EMT
F2	LPA-6		12662.22		2	80	100	2x25 ,G-10	IEC 01	Ø 25 mm ,EMT
F3	LPA-7			12662.22	2	80	100	2x25 ,G-10	IEC 01	Ø 25 mm ,EMT
F4	LPA-8	12662.22			2	80	100	2x25 ,G-10	IEC 01	Ø 25 mm ,EMT
F5	LPA-9		12662.22		2	80	100	2x25 ,G-10	IEC 01	Ø 25 mm ,EMT
F6	LPB-4			12759.93	2	80	100	2x25 ,G-10	IEC 01	Ø 25 mm ,EMT
F7	LPB-5	12759.93			2	80	100	2x25 ,G-10	IEC 01	Ø 25 mm ,EMT
F8	LPB-6		12759.93		2	80	100	2x25 ,G-10	IEC 01	Ø 25 mm ,EMT
F9	LPB-7			12759.93	2	80	100	2x25 ,G-10	IEC 01	Ø 25 mm ,EMT
TOTAL		38084.37	38084.37	38182.08	MAIN CB			MAIN FEEDER		RACEWAY
CONNECTED LOAD (VA)		114350.82			3 P 200 AT / 225 AF			4 ×120/G1×16 IEC-01 ,65(1 1/2”) EMT		
90 % DEMAND LOAD (VA)		102915.74								

ตารางที่ 4.14 ตารางแสดงวงจรสายป้อนของตู้ DB.4

LOAD SCHEDULE : 400/230 V. DISTRIBUTION BOARD										
NAME : DB.4				LOCATION : 4th Floor						
CAPACITY (FDR.) : 12				MAIN BAR : 300						
CONNECTED TO : FCB				NEUTRAL : 100%						
FEEDER NO.	DESCRIPTION	CONNECTED LOAD (VA)			CIRCUIT BREAKER			CONDUCTOR		RACEWAY
		R	Y	B	POLE	AT	AF	SIZE (mm^2)	TYPE	
F1	LPA-10	12662.22			2	80	100	2x25 ,G-10	IEC 01	Ø 25 mm ,EMT
F2	LPA-11		12662.22		2	80	100	2x25 ,G-10	IEC 01	Ø 25 mm ,EMT
F3	LPA-12			12662.22	2	80	100	2x25 ,G-10	IEC 01	Ø 25 mm ,EMT
F4	LPA-13	12662.22			2	80	100	2x25 ,G-10	IEC 01	Ø 25 mm ,EMT
F5	LPA-14		12662.22		2	80	100	2x25 ,G-10	IEC 01	Ø 25 mm ,EMT
F6	LPA-15			12662.22	2	80	100	2x25 ,G-10	IEC 01	Ø 25 mm ,EMT
F7	LPA-16	12662.22			2	80	100	2x25 ,G-10	IEC 01	Ø 25 mm ,EMT
F8	LPA-17		12662.22		2	80	100	2x25 ,G-10	IEC 01	Ø 25 mm ,EMT
F9	LPB-8			12759.93	2	80	100	2x25 ,G-10	IEC 01	Ø 25 mm ,EMT
F10	LPB-9	12759.93			2	80	100	2x25 ,G-10	IEC 01	Ø 25 mm ,EMT
F11	LPB-10		12759.93		2	80	100	2x25 ,G-10	IEC 01	Ø 25 mm ,EMT
F12	LPB-11			12759.93	2	80	100	2x25 ,G-10	IEC 01	Ø 25 mm ,EMT
TOTAL		50746.59	50746.59	50844.3	MAIN CB			MAIN FEEDER		RACEWAY
CONNECTED LOAD (VA)		152337.48			3 P 250 AT / 250 AF			4 ×185/G1×25 IEC-01 ,80(3") EMT		
88 % DEMAND LOAD (VA)		134571.29								

ตารางที่ 4.15 ตารางแสดงวงจรสายป้อนของตู้ DB.5

	LOAD SCHEDULE	:	**400/230 V. DISTRIBUTION BOARD**							
	NAME	:	DB.5		LOCATION	:	5th Floor			
	CAPACITY (FDR.)	:	12		MAIN BAR	:	300			
	CONNECTED TO	:	FCB		NEUTRAL	:	100%			
FEEDER NO.	DESCRIPTION	CONNECTED LOAD (VA)			CIRCUIT BREAKER			CONDUCTOR		RACEWAY
		R	Y	B	POLE	AT	AF	SIZE (mm^2)	TYPE	
F1	LPA-18	12662.22			2	80	100	2x25 ,G-10	IEC 01	Ø 25 mm ,EMT
F2	LPA-19		12662.22		2	80	100	2x25 ,G-10	IEC 01	Ø 25 mm ,EMT
F3	LPA-20			12662.22	2	80	100	2x25 ,G-10	IEC 01	Ø 25 mm ,EMT
F4	LPA-21	12662.22			2	80	100	2x25 ,G-10	IEC 01	Ø 25 mm ,EMT
F5	LPA-22		12662.22		2	80	100	2x25 ,G-10	IEC 01	Ø 25 mm ,EMT
F6	LPA-23			12662.22	2	80	100	2x25 ,G-10	IEC 01	Ø 25 mm ,EMT
F7	LPA-24	12662.22			2	80	100	2x25 ,G-10	IEC 01	Ø 25 mm ,EMT
F8	LPA-25		12662.22		2	80	100	2x25 ,G-10	IEC 01	Ø 25 mm ,EMT
F9	LPB-12			12759.93	2	80	100	2x25 ,G-10	IEC 01	Ø 25 mm ,EMT
F10	LPB-13	12759.93			2	80	100	2x25 ,G-10	IEC 01	Ø 25 mm ,EMT
F11	LPB-14		12759.93		2	80	100	2x25 ,G-10	IEC 01	Ø 25 mm ,EMT
F12	LPB-15			12759.93	2	80	100	2x25 ,G-10	IEC 01	Ø 25 mm ,EMT
TOTAL		50746.59	50746.59	50844.3	MAIN CB			MAIN FEEDER		RACEWAY
CONNECTED LOAD (VA)		152337.48			3 P 250 AT / 250 AF			4 ×185/G1×25 IEC-01 ,80(3") EMT		
88 % DEMAND LOAD (VA)		134571.29								

ตารางที่ 4.16 ตารางแสดงวงจรสายป้อนของตู้ DB.6

LOAD SCHEDULE : 400/230 V. DISTRIBUTION BOARD										
NAME : DB.6				LOCATION : 6th Floor						
CAPACITY (FDR.) : 12				MAIN BAR : 300						
CONNECTED TO : FCB				NEUTRAL : 100%						
FEEDER NO.	DESCRIPTION	CONNECTED LOAD (VA)			CIRCUIT BREAKER			CONDUCTOR		RACEWAY
		R	Y	B	POLE	AT	AF	SIZE (mm^2)	TYPE	
F1	LPA-26	12662.22			2	80	100	2x25 ,G-10	IEC 01	Ø 25 mm ,EMT
F2	LPA-27		12662.22		2	80	100	2x25 ,G-10	IEC 01	Ø 25 mm ,EMT
F3	LPA-28			12662.22	2	80	100	2x25 ,G-10	IEC 01	Ø 25 mm ,EMT
F4	LPA-29	12662.22			2	80	100	2x25 ,G-10	IEC 01	Ø 25 mm ,EMT
F5	LPA-30		12662.22		2	80	100	2x25 ,G-10	IEC 01	Ø 25 mm ,EMT
F6	LPA-31			12662.22	2	80	100	2x25 ,G-10	IEC 01	Ø 25 mm ,EMT
F7	LPA-32	12662.22			2	80	100	2x25 ,G-10	IEC 01	Ø 25 mm ,EMT
F8	LPA-33		12662.22		2	80	100	2x25 ,G-10	IEC 01	Ø 25 mm ,EMT
F9	LPB-16			12759.93	2	80	100	2x25 ,G-10	IEC 01	Ø 25 mm ,EMT
F10	LPB-17	12759.93			2	80	100	2x25 ,G-10	IEC 01	Ø 25 mm ,EMT
F11	LPB-18		12759.93		2	80	100	2x25 ,G-10	IEC 01	Ø 25 mm ,EMT
F12	LPB-19			12759.93	2	80	100	2x25 ,G-10	IEC 01	Ø 25 mm ,EMT
TOTAL		50746.59	50746.59	50844.3	MAIN CB			MAIN FEEDER		RACEWAY
CONNECTED LOAD (VA)		152337.48			3 P 250 AT / 250 AF			4 ×185/G1×25 IEC-01 ,80(3") EMT		
88 % DEMAND LOAD (VA)		134571.29								

ตารางที่ 4.17 ตารางแสดงวงจรสายป้อนของตู้ DB.7

LOAD SCHEDULE : 400/230 V. DISTRIBUTION BOARD										
NAME : DB.7				LOCATION : 7th Floor						
CAPACITY (FDR.) : 12				MAIN BAR : 300						
CONNECTED TO : FCB				NEUTRAL : 100%						
FEEDER NO.	DESCRIPTION	CONNECTED LOAD (VA)			CIRCUIT BREAKER			CONDUCTOR		RACEWAY
		R	Y	B	POLE	AT	AF	SIZE (mm^2)	TYPE	
F1	LPA-34	12662.22			2	80	100	2x25 ,G-10	IEC 01	Ø 25 mm ,EMT
F2	LPA-35		12662.22		2	80	100	2x25 ,G-10	IEC 01	Ø 25 mm ,EMT
F3	LPA-36			12662.22	2	80	100	2x25 ,G-10	IEC 01	Ø 25 mm ,EMT
F4	LPA-37	12662.22			2	80	100	2x25 ,G-10	IEC 01	Ø 25 mm ,EMT
F5	LPA-38		12662.22		2	80	100	2x25 ,G-10	IEC 01	Ø 25 mm ,EMT
F6	LPA-39			12662.22	2	80	100	2x25 ,G-10	IEC 01	Ø 25 mm ,EMT
F7	LPA-40	12662.22			2	80	100	2x25 ,G-10	IEC 01	Ø 25 mm ,EMT
F8	LPA-41		12662.22		2	80	100	2x25 ,G-10	IEC 01	Ø 25 mm ,EMT
F9	LPB-20			12759.93	2	80	100	2x25 ,G-10	IEC 01	Ø 25 mm ,EMT
F10	LPB-21	12759.93			2	80	100	2x25 ,G-10	IEC 01	Ø 25 mm ,EMT
F11	LPB-22		12759.93		2	80	100	2x25 ,G-10	IEC 01	Ø 25 mm ,EMT
F12	LPB-23			12759.93	2	80	100	2x25 ,G-10	IEC 01	Ø 25 mm ,EMT
TOTAL		50746.59	50746.59	50844.3	MAIN CB			MAIN FEEDER		RACEWAY
CONNECTED LOAD (VA)		152337.48			3 P 250 AT / 250 AF			4 ×185/G1×25 IEC-01 ,80(3") EMT		
88 % DEMAND LOAD (VA)		134571.29								

ตารางที่ 4.18 ตารางแสดงวงจรสายป้อนของตู้ DB.8

	LOAD SCHEDULE	:	**400/230 V. DISTRIBUTION BOARD**							
	NAME	:	DB.8		LOCATION	:	8th Floor			
	CAPACITY (FDR.)	:	12		MAIN BAR	:	300			
	CONNECTED TO	:	FCB		NEUTRAL	:	100%			
FEEDER NO.	DESCRIPTION	CONNECTED LOAD (VA)			CIRCUIT BREAKER			CONDUCTOR		RACEWAY
		R	Y	B	POLE	AT	AF	SIZE (mm^2)	TYPE	
F1	LPA-42	12662.22			2	80	100	2x25 ,G-10	IEC 01	Ø 25 mm ,EMT
F2	LPA-43		12662.22		2	80	100	2x25 ,G-10	IEC 01	Ø 25 mm ,EMT
F3	LPA-44			12662.22	2	80	100	2x25 ,G-10	IEC 01	Ø 25 mm ,EMT
F4	LPA-45	12662.22			2	80	100	2x25 ,G-10	IEC 01	Ø 25 mm ,EMT
F5	LPA-46		12662.22		2	80	100	2x25 ,G-10	IEC 01	Ø 25 mm ,EMT
F6	LPA-47			12662.22	2	80	100	2x25 ,G-10	IEC 01	Ø 25 mm ,EMT
F7	LPA-48	12662.22			2	80	100	2x25 ,G-10	IEC 01	Ø 25 mm ,EMT
F8	LPA-49		12662.22		2	80	100	2x25 ,G-10	IEC 01	Ø 25 mm ,EMT
F9	LPB-24			12759.93	2	80	100	2x25 ,G-10	IEC 01	Ø 25 mm ,EMT
F10	LPB-25	12759.93			2	80	100	2x25 ,G-10	IEC 01	Ø 25 mm ,EMT
F11	LPB-26		12759.93		2	80	100	2x25 ,G-10	IEC 01	Ø 25 mm ,EMT
F12	LPB-27			12759.93	2	80	100	2x25 ,G-10	IEC 01	Ø 25 mm ,EMT
TOTAL		50746.59	50746.59	50844.3	MAIN CB			MAIN FEEDER		RACEWAY
CONNECTED LOAD (VA)		152337.48			3 P 250 AT / 250 AF			4 ×185/G1×25 IEC-01 ,80(3") EMT		
88 % DEMAND LOAD (VA)		134571.29								

ตารางที่ 4.19 ตารางแสดงวงจรสายป้อนของตู้ FCB

LOAD SCHEDULE	:	**MAIN DISTRIBUTION BOARD**									
NAME	:	FCB			LOCATION	:	MDB Room				
CAPACITY (FDR.)	:	12			MAIN BAR	:	1300				
CONNECTED TO	:	MDB			NEUTRAL	:	100%				
FEEDER NO.	DESCRIPTION	CONNECTED LOAD (VA)				CIRCUIT BREAKER			CONDUCTOR		RACEWAY
		R	Y	B	Total	POLE	AT	AF	SIZE (mm^2)	TYPE	
F1	DB.2	50648.88	38279.79	41874.66	130803.33	3	250	250	4×185 ,G-25	IEC 01	Ø 80 mm ,EMT
F2	DB.3	38084.37	38084.37	38182.08	114350.82	3	200	250	4×120 ,G-16	IEC 01	Ø 65 mm ,EMT
F3	DB.4	50746.59	50746.59	50844.3	152337.48	3	250	250	4×185 ,G-25	IEC 01	Ø 80 mm ,EMT
F4	DB.5	50746.59	50746.59	50844.3	152337.48	3	250	250	4×185 ,G-25	IEC 01	Ø 80 mm ,EMT
F5	DB.6	50746.59	50746.59	50844.3	152337.48	3	250	250	4×185 ,G-25	IEC 01	Ø 80 mm ,EMT
F6	DB.7	50746.59	50746.59	50844.3	152337.48	3	250	250	4×185 ,G-25	IEC 01	Ø 80 mm ,EMT
F7	DB.8	50746.59	50746.59	50844.3	152337.48	3	250	250	4×185 ,G-25	IEC 01	Ø 80 mm ,EMT
TOTAL		342466.2	330097.11	334278.24	1006841.6	MAIN CB			MAIN FEEDER		RACEWAY
CONNECTED LOAD (VA)		1006841.55				3 P 1250 AT / 1600 AF			4 Set of {4×300/G1×95 IEC-01 IN 100(4")EMT}		
63 % DEMAND LOAD (VA)		632360.31									

ตารางที่ 4.20 ตารางแสดงการจัดทำโหลดไฟฟ้าของห้องนิติบุคคล

LOAD SCHEDULE	**:**	**PANELBOARD**						
NAME	:	LEGAL ENTITIES			LOCATION	:	2nd FLOOR	
CAPACITY (FDR.)	:	4			MAIN BAR	:	50	
CONNECTED TO	:	LP.2			NEUTRAL	:	100%	

CCT. NO.	DESCRIPTION	CONNECTED LOAD (VA)	CIRCUIT BREAKER			CONDUCTOR		RACEWAY
			POLE	AT	AF	SIZE (mm^2)	TYPE	
1	Lighting	31.11	1	15	50	2x2.5 ,G-2.5	IEC 01	Ø 15 mm ,EMT
2	Recaptacle	900	1	20	50	2x2.5 ,G-2.5	IEC 01	Ø 15 mm ,EMT
3	Air	1330.2	1	20	50	2x2.5 ,G-2.5	IEC 01	Ø 15 mm ,EMT
4	FCP & ACCESS CONTROL	1500	1	15	50	2x2.5 ,G-2.5	IEC 01	Ø 15 mm ,EMT
TOTAL CONNECTED LOAD (VA)		3761.31	MAIN CB			MAIN FEEDER		RACEWAY
80% DEMAND LOAD (VA)		3009.05	2 P 20 AT / 50 AF			2 ×2.5/G1×2.5 IEC-01 IN 15(1/2") EMT		

ตารางที่ 4.21 ตารางแสดงการจัดทำโหลดไฟฟ้าของส่วนกลาง ของตู้ LP.2 (ชั้นใต้ดิน ชั้น 1 และชั้น 2)

	LOAD SCHEDULE	**:**	**PANELBOARD**							
	NAME	:	LP.2			LOCATION	:	2nd FLOOR		
	CAPACITY (FDR.)	:	12			MAIN BAR	:	50		
	CONNECTED TO	:	MDP.P			NEUTRAL	:	100%		

CCT. NO.	DESCRIPTION	CONNECTED LOAD (VA)			CIRCUIT BREAKER			CONDUCTOR		RACEWAY
		R	Y	B	POLE	AT	AF	SIZE (mm^2)	TYPE	
1	LP.2-4	295.56			1	15	50	2x2.5 ,G-2.5	IEC 01	Ø 15 mm ,EMT
3	LP.2-2		360		1	15	50	2x2.5 ,G-2.5	IEC 01	Ø 15 mm ,EMT
5	LP.2-1			300	1	15	50	2x2.5 ,G-2.5	IEC 01	Ø 15 mm ,EMT
7	LP.2-3	40			1	15	50	2x2.5 ,G-2.5	IEC 01	Ø 15 mm ,EMT
9	LP.2-5		380		1	15	50	2x2.5 ,G-2.5	IEC 01	Ø 15 mm ,EMT
11	LP.2-6			360	1	20	50	2x2.5 ,G-2.5	IEC 01	Ø 15 mm ,EMT
2	LEGAL ENTITIES	3761.31			1	15	50	2x2.5 ,G-2.5	IEC 01	Ø 15 mm ,EMT
4	LP.2-8		1620		1	20	50	2x2.5 ,G-2.5	IEC 01	Ø 15 mm ,EMT
6	LP.2-7			900	1	20	50	2x2.5 ,G-2.5	IEC 01	Ø 15 mm ,EMT
8	SPARE					20	50			
10	SPARE					20	50			
12	SPARE					20	50			
TOTAL		4096.87	2360	1560	MAIN CB			MAIN FEEDER		RACEWAY
CONNECTED LOAD (VA)		8016.87			3 P 30 AT / 50 AF			4 ×6/G1×4 IEC-01 IN 20(3/4") EMT		
80 % DEMAND LOAD (VA)		6413.496								

ตารางที่ 4.22 ตารางแสดงการจัดทำโหลดไฟฟ้าของส่วนกลาง ของตู้ LP.5 (ชั้น 3-5)

	LOAD SCHEDULE	**:**	**PANELBOARD**							
	NAME	:	LP.5			LOCATION	:	5th FLOOR		
	CAPACITY (FDR.)	:	12			MAIN BAR	:	50		
	CONNECTED TO	:	MDP.P			NEUTRAL	:	100%		
CCT. NO.	DESCRIPTION	CONNECTED LOAD (VA)			CIRCUIT BREAKER			CONDUCTOR		RACEWAY
		R	Y	B	POLE	AT	AF	SIZE (mm^2)	TYPE	
1	LP.5-1	218.89			1	15	50	2x2.5 ,G-2.5	IEC 01	Ø 15 mm ,EMT
3	LP.5-2		720		1	20	50	2x2.5 ,G-2.5	IEC 01	Ø 15 mm ,EMT
5	LP.5-3			720	1	20	50	2x2.5 ,G-2.5	IEC 01	Ø 15 mm ,EMT
7	LP.5-5	720			1	20	50	2x2.5 ,G-2.5	IEC 01	Ø 15 mm ,EMT
9	LP.5-4		218.89		1	20	50	2x2.5 ,G-2.5	IEC 01	Ø 15 mm ,EMT
11	LP.5-6			720	1	20	50	2x2.5 ,G-2.5	IEC 01	Ø 15 mm ,EMT
2	LP.5-8	720			1	20	50	2x2.5 ,G-2.5	IEC 01	Ø 15 mm ,EMT
4	LP.5-9		720		1	20	50	2x2.5 ,G-2.5	IEC 01	Ø 15 mm ,EMT
6	LP.5-7			218.89	1	15	50	2x2.5 ,G-2.5	IEC 01	Ø 15 mm ,EMT
8	SPARE					20	50	2x2.5 ,G-2.5	IEC 01	Ø 15 mm ,EMT
10	SPARE					20	50			
12	SPARE					20	50			
TOTAL		1658.89	1658.89	1658.89	MAIN CB			MAIN FEEDER		RACEWAY
CONNECTED LOAD (VA)		4976.67			3 P 30 AT / 50 AF			4 ×6/G1×4 IEC-01 IN 20(3/4") EMT		
80 % DEMAND LOAD (VA)		3981.34								

ตารางที่ 4.23 ตารางแสดงการจัดทำโหลดไฟฟ้าของส่วนกลาง ของตู้ LP.8 (ชั้น 6-8)

	LOAD SCHEDULE	**:**	**PANELBOARD**							
	NAME	:	LP.8			LOCATION	:	8th FLOOR		
	CAPACITY (FDR.)	:	12			MAIN BAR	:	50		
	CONNECTED TO	:	MDP.P			NEUTRAL	:	100%		
CCT. NO.	DESCRIPTION	CONNECTED LOAD (VA)			CIRCUIT BREAKER			CONDUCTOR		RACEWAY
		R	Y	B	POLE	AT	AF	SIZE (mm^2)	TYPE	
1	LP.8-1	218.89			1	15	50	2x2.5 ,G-2.5	IEC 01	Ø 15 mm ,EMT
3	LP.8-2		720		1	20	50	2x2.5 ,G-2.5	IEC 01	Ø 15 mm ,EMT
5	LP.8-3			720	1	20	50	2x2.5 ,G-2.5	IEC 01	Ø 15 mm ,EMT
7	LP.8-5	720			1	20	50	2x2.5 ,G-2.5	IEC 01	Ø 15 mm ,EMT
9	LP.8-4		218.89		1	15	50	2x2.5 ,G-2.5	IEC 01	Ø 15 mm ,EMT
11	LP.8-6			720	1	20	50	2x2.5 ,G-2.5	IEC 01	Ø 15 mm ,EMT
2	LP.8-7	218.89			1	15	50	2x2.5 ,G-2.5	IEC 01	Ø 15 mm ,EMT
4	LP.8-8		720		1	20	50	2x2.5 ,G-2.5	IEC 01	Ø 15 mm ,EMT
6	LP.8-11			360	1	20	50	2x2.5 ,G-2.5	IEC 01	Ø 15 mm ,EMT
8	LP.8-9	720				20	50	2x2.5 ,G-2.5	IEC 01	Ø 15 mm ,EMT
10	LP.8-10		58.89			15	50	2x2.5 ,G-2.5		
12	SPARE					20	50			
TOTAL		1877.78	1717.78	1800	MAIN CB			MAIN FEEDER		RACEWAY
CONNECTED LOAD (VA)		5395.56			3 P 30 AT / 50 AF			4 ×6/G1×4 IEC-01 IN 20(3/4”) EMT		
80 % DEMAND LOAD (VA)		4316.45								

ตารางที่ 4.24 ตารางแสดงวงจรสายป้อนของตู้ MDP.P

LOAD SCHEDULE : **MAIN DISTRIBUTION BOARD**											
NAME : MDP.P							LOCATION : MDB ROOM				
CAPACITY (FDR.) : 12							MAIN BAR : 50				
CONNECTED TO : MDB							NEUTRAL : 100%				
FEEDER NO.	DESCRIPTION	CONNECTED LOAD (VA)				CIRCUIT BREAKER			CONDUCTOR		RACEWAY
		R	Y	B	Total	POLE	AT	AF	SIZE (mm^2)	TYPE	
F1	LP.2	4096.87	2360	1560	8016.87	3	30	50	4x6 ,G-4	IEC 01	Ø 20 mm ,EMT
F2	LP.5	1658.89	1658.89	1658.89	4976.67	3	30	50	4x6 ,G-4	IEC 01	Ø 20 mm ,EMT
F3	LP.8	1877.78	1717.78	1800	5395.56	3	30	50	4x6 ,G-4	IEC 01	Ø 20 mm ,EMT
TOTAL		7633.54	5736.67	5018.89	18389.1	MAIN CB			MAIN FEEDER		RACEWAY
CONNECTED LOAD (VA)		18389.1				3 P 30 AT / 50 AF			4 ×6/G1×4 IEC-01 IN 20(3/4”) EMT		
80 % DEMAND LOAD (VA)		14711.28									

ตารางที่ 4.25 ตารางแสดงวงจรสายป้อนของตู้ MDB

	LOAD SCHEDULE	:	**MAIN DISTRIBUTION BOARD**								
	NAME	:	MDB				LOCATION	:	MBD ROOM		
	CAPACITY (FDR.)	:	12				MAIN BAR	:	4000		
	CONNECTED TO	:	TRANSFORMER				NEUTRAL	:	100%		
FEEDER NO.	DESCRIPTION	CONNECTED LOAD (VA)				CIRCUIT BREAKER			CONDUCTOR		RACEWAY
		R	Y	B	Total	POLE	AT	AF	SIZE (mm^2)	TYPE	
F1	CAP					3	700	1000	4{4×185, G-50}	IEC 01	4{Ø80 mm, EMT}
F2	FCB	342466.2	330097.11	334278.24	1006841.6	3	1250	1600	4{4×300, G-95}	IEC 01	4{Ø100 mm, EMT}
F3	MDP.P	7176.67	5767.77	5444.89	18389.1	3	30	50	4 ×6, G-4	IEC 01	Ø 20 mm, EMT
F4	SPARE						100	100			
F5	SPACE										
TOTAL		349642.87	335864.88	339723.13	1025230.7	MAIN CB			MAIN FEEDER		RACEWAY
CONNECTED LOAD (VA)		1025730.7				3 P 3000 AT / 4000 AF			5 Set of{4×500, G-240 XLPE IN 1000 mm CABLE TRAY}		
100 % DEMAND LOAD (VA)		1025730.7									

ภาพการออกแบบโดยใช้โปรแกรม AutoCAD

บทที่ 5
สรุปผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินการ

โครงงานนี้เป็นการออกแบบระบบไฟฟ้าและระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้สำหรับคอนโดมิเนียม โดยใช้โปรแกรม AutoCAD เข้ามาช่วยในการเขียนแบบ ในการออกแบบระบบไฟฟ้าได้ทำการออกแบบสายไฟฟ้า ขนาดท่อร้อยสาย ขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์ และขนาดของหม้อแปลงที่เหมาะสมกับความต้องการในการใช้ไฟในอาคาร ส่วนการออกแบบระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ได้เลือกใช้อุปกรณ์ และจัดวางตำแหน่งให้เหมาะสมกับพื้นที่ใช้งานตามที่มาตรฐานการออกแบบระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้กำหนดไว้ โดยทั้งสองระบบมีการออกแบบภายใต้มาตรฐานกำหนด เพื่อให้การออกแบบมีความน่าเชื่อถือและปลอดภัยต่อชีวิตและทรัพย์สินของบุคคลที่อาศัยอยู่ในคอนโดมิเนียม

จากการเลือกใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ พบว่า การออกแบบระบบไฟฟ้าและระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ ทั้งในส่วนห้องพักและส่วนกลางของคอนโดมิเนียมในโครงงานนี้ สามารถนำไปใช้ในการก่อสร้างได้จริง ทั้งสองระบบมีการกำหนดตำแหน่งติดตั้งและเลือกใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ เป็นไปตามมาตรฐาน และครอบคลุมต่อความต้องการใช้งานจริง ซึ่งในโครงงานนี้ได้ทำการออกแบบโดยคำนึงถึงความปลอดภัยในการใช้งานเป็นสำคัญ

5.2 ปัญหาในการดำเนินงาน

5.2.1 ขาดประสบการณ์ในการเลือกใช้อุปกรณ์ทั้งในระบบไฟฟ้าและระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ที่นิยมใช้ในปัจจุบัน ทำให้การทำโครงงานเกิดความล่าช้า

5.2.2 ขาดความรู้ ความเข้าใจ เกี่ยวกับการใช้งานโปรแกรม Auto CAD ในการออกแบบ

5.2.3 ขาดประสบการณ์ในการออกแบบระบบไฟฟ้าและระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ จึงทำให้ต้องศึกษาหาความรู้เพิ่มเติมทำให้เกิดความล่าช้ากว่าที่จะทำการออกแบบระบบต่าง ๆ ได้ถูกต้อง

5.2.4 การติดต่อสื่อสารกันในระหว่างการทำโครงงานมีข้อผิดพลาดมีการเข้าใจที่ไม่ตรงกันทำให้ต้องแก้งานบ่อย

5.3 ข้อเสนอแนะ

ผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณไม่ได้คำนึงถึงความประหยัดและคุ้มค่าในการใช้งานมากเพียงพอ แต่ให้ความสำคัญกับเรื่องความปลอดภัยในการออกแบบมากกว่า

การออกแบบระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้คำนึงถึงความปลอดภัยและระยะรัศมีการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับครอบคลุมพื้นที่ ตามกำหนดในมาตรฐานการออกแบบระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ ดังนั้นในเรื่องของราคาและจำนวนอุปกรณ์ที่ติดตั้งจึงเป็นเรื่องรองลงมาที่คำนึงถึง

เอกสารอ้างอิง

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประสิทธ์ พิทยพัฒน์. (2558). การออกแบบระบบไฟฟ้า. ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถนนพญาไท กรุงเทพฯ 10330.

ลือชัย ทองนิล. (2548). การออกแบบและติดตั้งระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้. สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์.

http://alarmcodesystems.bangkoksync.com
online: 19 Sep. 2016

http://benzelectrical.tarad.com/product_943837_th
online: 19 Sep. 2016

http://www.clrwtr.com/ABB-Molded-Case-Circuit-Breakers.htm
online: 19 Sep. 2016

http://www.cmewire.com/catalog/sec03-bac/bac-08-acsrtp.php
online: 19 Sep. 2016

http://codientht.com/busway-schneider
online: 19 Sep. 2016

http://www.electricalclassroom.com/2016/04/miniature-circuit-breaker-mcb-principle.html
online: 19 Sep. 2016

https://indonesian.alibaba.com/g/wire-mesh-cable-tray-and-cable-ladder.html
online: 19 Sep. 2016

https://indonesian.alibaba.com/product-detail/china-manufacturer-hot-dip-electrical-galvanised-wire-mesh-cable-tray-60348607639.html
online: 19 Sep. 2016

http://www.ksv.ac.th/tb/cai/science2007/chap7_1.htm
online: 19 Sep. 2016

http://www.power-technology.com/contractors/powerplantequip/cubic/
online: 19 Sep. 2016

http://www.relectric.com/Store/Busway/APH306G10
online: 19 Sep. 2016

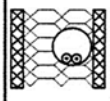
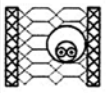
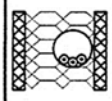
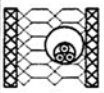
เอกสารอ้างอิง(ต่อ)

http://sahasang.com/product-24KVOC-1166-1.html
online: 19 Sep. 2016
http://sahasang.com/product-25KVCC-1167-1.html
online: 19 Sep. 2016
http://www.satyampune.com/air-circuit-breakers.html
online: 19 Sep. 2016
http://tkmultiply.com
online: 19 Sep. 2016
http://www.thaiyazaki-electricwire.co.th/product.php?id=58
online: 19 Sep. 2016
https://thai.alibaba.com/product-detail/ventilated-hdg-perforated-cable-tray-60213964660.html
online: 19 Sep. 2016
http://www.valvedee.com/airvalvethailand-item-product-pid1020975.html
online: 19 Sep. 2016

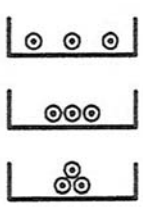
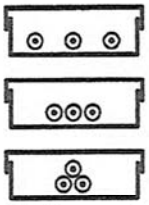
ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
(มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2556)

ตารางที่ 1ก 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 ก2 ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าตัวนำทองแดงหุ้มฉนวนคลอสลิงก์พอลิเอทิลีน 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 ก3 ขนาดพื้นที่หน้าตัดของท่อร้อยสาย

ขนาด mm **(นิ้ว)**	**พ.ท.หน้าตัด** $100\%\left(mm^2\right)$	**1 ตัวนำ** $53\%\left(mm^2\right)$	**2 ตัวนำ** $31\%\left(mm^2\right)$	**3 ตัวนำ** $40\%\left(mm^2\right)$
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)	1964	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)	17672	9366	5478	7069

ตารางที่ ก4 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. 11-2531

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของสาย XLPE ใช้ค่าตามบริษัท Bangkok Cable

ตารางที่ ก5 ตารางโหลดประเมิน และขนาดของเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าแรงต่ำ สำหรับห้องชุดประเภทอยู่อาศัย (สำหรับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค)

ลำดับที่	ประเภท	พื้นที่ห้อง (mm^2)	โหลดสูงสุดของเครื่องวัดฯ (A)	ขนาดของเครื่องวัดฯ
1.	ไม่มีระบบทำความเย็นจากส่วนกลาง	55	36	15 (45) A 1P
		150	80	30 (100) A 1P
		180	36	15 (45) A 3P
		483	80	30 (100) A 3P
2.	มีระบบทำความเย็นจากส่วนกลาง	35	12	5 (15) A 1P
		180	360	15 (45) A 1P
		525	80	30 (100) A 1P
		690	36	15 (45) A 3P
		2,475	80	30 (100) A 3P

หมายเหตุ

1P หมายถึง เครื่องวัดฯ ชนิด 1 เฟส 2 สาย

3P หมายถึง เครื่องวัดฯ ชนิด 3 เฟส 4 สาย

ภาคผนวก ข
(อุปกรณ์แจ้งเตือนและอุปกรณ์ตรวจจับสำหรับระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้)

รูปที่ 1ข ตัวอย่างอุปกรณ์แจ้งเหตุด้วยมือ(อุปกรณ์เริ่มสัญญาณ)

ที่มา: http://www.secutron.com/products/details/1753/187/conventional-detection

รูปที่ 2ข ตัวอย่างอุปกรณ์แจ้งเหตุด้วยเสียง

ที่มา: https://www.systemsensor.com/en-us/Pages/SSM24-6.asp

รูปที่ 3ข ตัวอย่างอุปกรณ์ตรวจจับความร้อน

ที่มา: https://www.systemsensor.com/en-us/Pages/5151.aspx

รูปที่ 4ข ตัวอย่างอุปกรณ์ตรวจจับควัน

ที่มา: http://www.systemsensor.com.cn/index.php?m=Product&a=show&id=340&l=en

ประวัติย่อผู้ทำโครงงาน

ประวัติย่อผู้ทำโครงงาน

ชื่อ ชื่อสกุล	นางสาวนทีกานต์ ยีทองภา
วันเดือนปีเกิด	8 เมษายน 2538
สถานที่เกิด	อำเภอเมืองตราด จังหวัดตราด
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	72/30 ต.วังกระแจะ อ.เมืองตราด
	จ.ตราด 23000
หมายเลขโทรศัพท์ติดต่อ	088-520-3489

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2556	มัธยมศึกษาปีที่ 6
	จากโรงเรียนศรียานุสรณ์ จังหวัดจันทบุรี
พ.ศ. 2560	กำลังศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ประวัติย่อผู้ทำโครงงาน

ชื่อ ชื่อสกุล	นางสาววิรัญญา วีขำ
วันเดือนปีเกิด	30 กันยายน 2537
สถานที่เกิด	เขตราชเทวี แขวงทุ่งพญาไท กรุงเทพมหานคร
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	22 ซอยประชาร่วมใจ 24 แขวงทรายกองดินใต้ เขตคลองสามวา กรุงเทพมหานคร 10510
หมายเลขโทรศัพท์ติดต่อ	081-301-9178
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2556	มัธยมศึกษาปีที่ 6 จากโรงเรียนนวมินทราชินูทิศ สตรีวิทยา2
พ.ศ. 2560	กำลังศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ประวัติย่อผู้ทำโครงงาน

ชื่อ ชื่อสกุล	นางสาวอรพรรณ บุญเพ็ง
วันเดือนปีเกิด	4 มกราคม 2537
สถานที่เกิด	อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	23/2 ต.บ่อวิน อ.ศรีราชา
	จ.ชลบุรี 20230
หมายเลขโทรศัพท์ติดต่อ	094-886-9284

ประวัติการศึกษา

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