การออกแบบระบบไฟฟ้าและระบบแจ้งเตือนเหตุเพลิงไหม้สำหรับคอนโดมิเนียม

ELECTRICAL AND FIRE ALARM SYSTEM DESIDN FOR CONDOMINIUM

นายณัฐพงศ์ วันสาม

นายสิทธิโชติ หัตถกรรม

นายสิริภูมิ อัสโย

โครงงานวิศวกรรมนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ปีการศึกษา 2559

การออกแบบระบบไฟฟ้าและระบบแจ้งเตือนเพลิงไหม้สำหรับคอนโดมิเนียม

ELECTRICAL AND FIRE ALARM SYSTEM DESIGN FOR CONDOMINIUM

นายณัฐพงศ์ วันสาม
นายสิทธิโชติ หัตถกรรม
นายสิริภูมิ อัสโย

โครงงานวิศวกรรมนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ปีการศึกษา 2559
ลิขสิทธิ์เป็นของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

โครงงานวิศวกรรม

เรื่อง

การออกแบบระบบไฟฟ้าและระบบแจ้งเตือนเพลิงไหม้สำหรับคอนโดมิเนียม

ของ

นายณัฐพงศ์ วันสาม

นายสิทธิโชติ หัตถกรรม

นายสิริภูมิ อัสโย

ได้รับอนุมัติจากคณะวิศวกรรมศาสตร์ให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิตสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร.เวคิน ปิยรัตน์)

คณะกรรมการสอบโครงงานวิศวกรรม

.....ประธาน

(อาจารย์ ดร.ธนาธิป สุ่มอิ่ม)

.....กรรมการ

(อาจารย์ ดร.คมกฤษ ประเสริฐวงษ์)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปฐมทัศน์ จิระเดชะ)

การออกแบบระบบไฟฟ้าและระบบแจ้งเตือนเพลิงไหม้สำหรับคอนโดมิเนียม
ปีการศึกษา 2559

โดย

นายณัฐพงศ์ วันสาม

นายสิทธิโชติ หัตถกรรม

นายสิริภูมิ อัสโย

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปฐมทัศน์ จิระเดชะ

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของโครงงานนี้ คือ การออกแบบระบบไฟฟ้าและระบบแจ้งเตือนเพลิงไหม้สำหรับคอนโดมิเนียมโดยระบบแสงสว่าง ระบบเต้ารับ และขนาดของเซอกิตเบรกเกอร์จะแสดงผลในรูปของตารางโหลดและตารางของสายป้อน โดยการออกแบบของโครงงานนี้จะใช้มาตรฐานใหม่สำหรับประเทศไทยในการออกแบบ

คำสำคัญ: ระบบไฟฟ้า ระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้

ELECTRICAL AND FIRE ALARM SYSTEM DESIGN FOR CONDOMINIUM

Academic Year 2016

By

Mr.Nuttapong Wansam

Mr.Sittichod Hattagram

Mr.Siriphoom Assayo

Advisor

Asst. Prof. Pathomthat chiradeja, Ph.D

Abstract

The Purpose of this project is to design the electrical system and fire alarm system for residential building. The lighting system, receptacle system and size of circuit breaker are presented in form of load schedule and feeder schedule. The design under this project follow the guideline of the electrical system design standards for Thailand.

Keywords: Electrical system, Fire Alarm system

กิตติกรรมประกาศ

ในฐานะผู้จัดทำโครงงานการออกแบบระบบไฟฟ้าและระบบแจ้งเตือนเพลิงไหม้สำหรับคอนโดมิเนียมขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปฐมทัศน์ จิระเดชะและนายศุภโชค จินตสูตที่ให้ความรู้ในเนื้อหาวิชาการด้านวิศวกรรมไฟฟ้ารวมทั้งให้คำปรึกษาและแก้ไขข้อบกพร่องตลอดการทำงานในโครงงานชิ้นนี้

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และบุพการีที่เลี้ยงดู อบรมบ่มนิสัย คอยเป็นกำลังใจ และให้การสนับสนุนเป็นอย่างดีตลอดมา

ขอขอบคุณหอสมุดมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์ ที่เป็นแหล่งความรู้ให้สืบค้นข้อมูลที่จำเป็นต่างๆ

ขอขอบคุณนักศึกษาเพื่อนร่วมรุ่นคณะวิศวกรรมศาสตร์ มศว รุ่น 22 ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าแขนงไฟฟ้ากำลังที่ให้ความช่วยเหลือมาตลอดการศึกษาเล่าเรียน

และขอขอบคุณเป็นอย่างสูงต่อทุกๆท่านที่อาจไม่ได้กล่าวไว้ ณ ที่นี้ ไม่เช่นนั้นแล้วหากปราศจากทุกๆท่านที่กล่าวไว้ข้างต้นโครงงานชิ้นนี้จะไม่อาจสำเร็จลุล่วงลงได้

คณะผู้จัดทำโครงงาน

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ข
กิตติกรรมประกาศ ค
สารบัญ ง
สารบัญตาราง ฉ
สารบัญรูป ช
รายการสัญลักษณ์ ฏ
ประมวลคำย่อ ฐ

บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความสำคัญและความเป็นมาของโครงงาน 1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 1
1.3 ขอบเขตของโครงงาน 1
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 3
2.1 การออกแบบระบบไฟฟ้า 3
2.1.1 แบบระบบไฟฟ้าที่ดี แบบระบบไฟฟ้าที่ดีนั้นจะต้องได้ตามข้อกำหนดดังต่อไปนี้ 3
2.1.2 มาตรฐาน 5
2.1.3 มาตรฐานอุปกรณ์ไฟฟ้า 6
2.1.4 มาตรฐานการติดตั้งระบบและอุปกรณ์ไฟฟ้า อาจแบ่งออกเป็น 6
2.1.5 สายไฟฟ้า 8
2.1.6 ท่อร้อยสาย 17
2.1.7 บริภัณฑ์ไฟฟ้า 23
2.1.8 การต่อลงดิน 28
2.1.9 สายต่อหลักดิน (Grounding Electrode Conductor) 30

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.1.10 วงจรย่อย	37
2.1.11 การคำนวณโหลดวงจรย่อย	38
2.1.12 สายป้อน	41
2.1.13 การจัดทำรายการโหลด(Load Schedule)	42
2.2 การออกแบบระบบแจ้งเตือนเพลิงไหม้	43
2.2.1 การแบ่งโซน อุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้	43
2.2.2 อุปกรณ์ตรวจจับความร้อน	51
2.2.3 อุปกรณ์การตรวจจับควัน	64
บทที่ 3 ขั้นตอนการค้นคว้าวิจัย	79
3.1 ตารางแผนผังระยะเวลาการดำเนินการ	84
บทที่ 4 ผลการทดลอง	85
4.1 สูตรที่ใช้ในการคำนวณ	85
4.2 การคำนวณโหลด	87
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	153
5.1 สรุปผลการดำเนินการ	155
5.2 ปัญหาในการดำเนินงาน	155
5.3 ข้อเสนอแนะ	155
เอกสารอ้างอิง	156
ภาคผนวก	157
ประวัติย่อนิสิตผู้ทำโครงงาน	165

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ตารางเปรียบเทียบข้อแตกต่างระบบไฟฟ้าระหว่างประเทศไทยกับประเทศสหรัฐอเมริกา	7
2.2 เปรียบเทียบคุณสมบัติของทองแดงและอะลูมิเนียม	9
2.3 คุณสมบัติของฉนวน PVC และ XLPE	9
2.4 ขนาดต่ำสุดของสายต่อหลักดินของระบบไฟฟ้ากระแสสลับ	34
2.5 ขนาดต่ำสุดของสายดินของบริภัณฑ์	37
2.6 ขนาดตัวนำและเครื่องป้องกันกระแสเกินของวงจรย่อย	38
2.7 ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับควัน	70
4.1 แสดงการจัดทำโหลดไฟฟ้าของห้องพัก TYPE-A	131
4.2 ตารางแสดงการจัดทำโหลดไฟฟ้าของห้องพัก TYPE-B	132
4.3 ตารางแสดงการจัดทำโหลดไฟฟ้าของห้องพัก TYPE-C	133
4.4 ตารางแสดงการจัดทำโหลดไฟฟ้าของห้องพัก Duplex	134
4.5 ตารางแสดงวงจรสายป้อนของตู้ DB1	135
4.6 ตารางแสดงวงจรสายป้อนของตู้ DB.2	136
4.7 ตารางแสดงวงจรสายป้อนของตู้ DB.3	137
4.8 ตารางแสดงวงจรสายป้อนของตู้ DB.4	138
4.9 ตารางแสดงวงจรสายป้อนของตู้ DB.5	139
4.10 ตารางแสดงวงจรสายป้อนของตู้ DB.6	140
4.11 ตารางแสดงวงจรสายป้อนของตู้ DB.7	141
4.12 ตารางแสดงวงจรสายป้อนของตู้ FCB	142
4.13 ตารางแสดงวงจรสายป้อนของตู้ DB.PB.12	143
4.14 ตารางแสดงวงจรสายป้อนของตู้ DB.PB.1	144
4.15 ตารางแสดงวงจรสายป้อนของตู้ DB.PB.2	145
4.16 ตารางแสดงวงจรสายป้อนของตู้ DB.PB.3	146
4.17 ตารางแสดงวงจรสายป้อนของตู้ MDP.P	147

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

4.18 ตารางแสดงวงจรสายป้อนของตู้ MAIN DISTRIBUTION BOARD 148

4.19 โซนที่ 1 149

4.20 โซนที่ 2 150

4.21 โซนที่ 3 151

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ตัวอย่างสาย ACC	10
2.2 ตัวอย่างสาย ACSR	11
2.3 ตัวอย่างสาย PIC	12
2.5 ตัวอย่างสาย XLPE	13
2.6 ตัวอย่างสาย CV	14
2.7 ตัวอย่างสาย THW	15
2.8 ตัวอย่างสาย IEC 01	16
2.9 ตัวอย่างสาย NYY	17
2.10 ท่อ RSC	17
2.11 การติดตั้งท่อในที่มีการผุกร่อน	18
2.12 มุมดัดโค้งท่อระหว่างจุดดึงสาย	19
2.13 การติดตั้งท่อ RMC	19
2.14 การต่อสาย	20
2.15 การต่อท่อ EMT	21
2.16 ท่อโลหะอ่อน	21
2.18 โครงสร้างและส่วนประกอบต่างๆ ของแผงย่อยแบบ Main Lugs	26
2.19 ลักษณะภายนอกของแผงสวิตช์	27
2.20 ส่วนประกอบต่างๆ ของระบบการต่อลงดิน	29
2.21 การต่อลงดินของระบบไฟฟ้ากระแสสลับที่มีระดับแรงดันตั้งแต่ 50 V – 1 kV	30
2.22 สายต่อหลักดิน	31
2.23 การต่อท่อสาย (Raceway) และสายต่อหลักดินเข้ากับหลักดิน	32
2.24 Grounding Pit	32
2.25 Exothermic Welding	33
2.26 สายที่มีการต่อลงดิน (สายนิวทรัล)	34
2.27 หม้อแปลงที่มีการต่อลงดินต้องเดินสายที่มีการต่อลงดินมายังบริภัณฑ์ประธานด้วย	35
2.28 แผงย่อยขนาด 12 วงจร	39
2.29 ตัวอย่างการแบ่งโซนโดยใช้ผนังทนไฟเป็นเขตแบ่งโซน	44
2.30 ตัวอย่างโซนเดียวกันครอบคลุมพื้นที่สองส่วนปิดล้อมทนไฟได้	44

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.31 ตัวอย่างพื้นที่เดียวกันสามารถแบ่งเป็นหลายโซนได้	45
2.33 ตัวอย่างช่องบันได และโถงปลอดควันไฟในอาคารสูง ต้องแยกเป็นโซนอิสระ	46
2.34 การกำหนดระยะค้นหา	47
2.35 การแสดงระยะค้นหาลดลงเมื่อติดตั้งอุปกรณ์แสดงผลระยะไกล	48
2.36 เมื่อเปลี่ยนแปลงการแบ่งโซน ระยะค้นหาจะเปลี่ยนไป	48
2.37 แบบตัวอย่างไดอะแกรมและการเดินสายแข่งโซน	50
2.38 ไดอะแกรมของ 2.7	50
2.39 ตัวอย่างอุปกรณ์ตรวจจับความร้อน	51
2.42 อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนแบบผสม	54
2.43 อุปกรณ์ตรวจจับติดตั้งใต้เพดาน หลังคา หรือแป	55
2.45 การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนเมื่อหลังคาถูกแสงแดดโดยตรง	56
2.46 ระยะห่างในการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับความร้อน สำหรับพื้นผิวแนวราบ	57
2.47 ระยะห่างในการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนสำหรับช่องทางเดิน	57
2.49 ตัวอย่างการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนชนิดชุด สำหรับเพดานหรือพื้นผิวเอียง	58
2.50 ความสูงในการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนชนิดจุดสำหรับเพดานหรือพื้นผิวเอียง	59
2.51 การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนพื้นที่ทั่วไป	60
2.52 การปรับตำแหน่งอุปกรณ์ตรวจจับ เมื่อกั้นห้องใหม่	60
2.53 ระยะห่างลดลงเมื่อมีคานหรือท่อลมปรับอากาศขั้น	61
2.54 ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับลดลงเมื่อมีคานขั้น	61
2.55 ตัวอย่างตำแหน่งการติดตั้งพื้นที่ที่มียอดแหลมแคบๆ	62
2.56 ตัวอย่างตำแหน่งติดตั้งบนหลังคามีสันระบายอากาศแคบ	62
2.57 ตัวอย่างตำแหน่งการติดตั้งบนหลังคามีสันระบายอากาศกว้าง	62
2.58 ตัวอย่างตำแหน่งติดตั้งบนพื้นที่ที่ลาดเอียงไม่เท่ากัน	63
2.59 ตัวอย่างตำแหน่งติดตั้งบนเพดานหรือหลังคารูปฟันเลื่อย	63
2.60 ระยะห่างของการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนชนิดเส้น	64
2.61 ตัวอย่างอุปกรณ์ตรวจจับควัน	64
2.62 การทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับควันไอโอไนเซชัน	65
2.63 การทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดไอโอไนเซชัน	66

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.64 การทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับควันแบบควันบังแสง	67
2.65 การทำงานของออุปกรณ์ตรวจจับควันแบบควันบังแสง	67
2.66 การทำงานของออุปกรณ์ตรวจจับควันแบบหักเหแสง	68
2.67 การทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับควันแบบควันหักเหแสง	68
2.68 การหาระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดจุด สำหรับพื้นที่ทั่วไป	71
2.69 การหาระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับควันสำหรับช่องทางเดินกว้างไม่เกิน 3.6 เมตร	71
2.70 ตัวอย่างการติดตั้งและระยะห่างของอุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดสำหรับพื้นที่ผิวเอียง	72
2.71 ความสูงในการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดจุด	72
2.72 เพดานสูงระหว่าง 2.0 ถึง 4.0 เมตรพื้นที่ระหว่างคานน้อยกว่า 4.0 ตารางเมตร	74
2.73 เพดานสูงระหว่าง 2.0 ถึง 4.0 เมตร พื้นที่ระหว่างคาน 4.0 ตรารางเมตร ขึ้นไป	74
2.74 การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับที่ใต้คาน สำหรับเพดานสูงเกิน 4.0 เมตร	75
2.75 ระยะห่างระหว่างคานเกิน 9.0 เมตร ต้องติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับเพิ่มเติมที่เพดาน	75
2.76 ตัวอย่างตำแหน่งการติดตั้งบนพื้นที่ที่มียอดแหลมแคบๆ	76
2.77 ตัวอย่างตำแหน่งติดตั้งบนหลังคามีสันระบายอากาศแคบ	76
2.78 ตัวอย่างตำแหน่งติดตั้งบนหลังคามีสันระบายอากาศกว้าง	76
2.79 ตัวอย่างตำแหน่งติดตั้งบนพื้นที่ที่ลาดเอียงไม่เท่ากัน	76
2.80 ตัวอย่างตำแหน่งติดตั้งบนเพดานหรือหลังคารูปฟันเลื่อย	77
2.81 การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับควันที่ประตูสำหรับประตูที่มีผนังเหนือประตูมากกว่า 300 มิลลิเมตร ต้องติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับที่ทั้งสองด้านของประตู	78
2.82 การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับควันที่ประตูเมื่อผนังเหนือประตูมากกว่า 300 มิลลิเมตร	78
2.83 แนวที่ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับควันที่ใช้ควบคุมประตู	78
3.1 (ก)แผนการดำเนินการ	79
3.1 (ข)แผนการดำเนินการ	80
3.1 (ค)แผนการดำเนินการ	81
3.2 (ก) ขั้นตอนการออกแบบ	82
3.2 (ข) ขั้นตอนการออกแบบ	83
4.1 การปรับปรุง Power Factor	129

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.2 Single line diagram for FCB	152
4.3 Single line diagram for MDP.P	153
4.4 Single line diagram for MDB	154

รายการสัญลักษณ์

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

ประมวลคำย่อ

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

ประมวลคำย่อ(ต่อ)

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

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและความเป็นมาของโครงงาน

เนื่องจากปัจจุบันประเทศไทยเป็นประเทศกำลังพัฒนา จึงมีแนวโน้มที่จะสร้างอาคารสำนักงานในประเทศเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นความต้องการทางด้านระบบไฟฟ้าจึงมีมากขึ้นด้วย และส่วนสำคัญที่มีผลทำให้อาคารสำนักงานสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพคือ มีการออกแบบระบบไฟฟ้าภายในอาคารสำนักงานเป็นอย่างดีและระบบจ่ายพลังงานไฟฟ้าจะต้องมีความปลอดภัยและเพียงพอสำหรับโหลดในปัจจุบันและอนาคตและโดยส่วนมากอุบัติภัยที่เกิดขึ้นภายในอาคารสำนักงานหรืออุตสาหกรรมโรงงานส่วนใหญ่มักเกิดขึ้น อันเนื่องมาจากระบบไฟฟ้าลัดวงจร ซึ่งก่อให้เกิดอัคคีภัย โดยมีสาเหตุจากการออกแบบระบบป้องกันไฟฟ้าที่ไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอ

ดังนั้นจึงทำให้เกิดแนวคิดที่จะนำความรู้ในด้านการออกแบบระบบไฟฟ้าและด้านการออกแบบระบบแจ้งเตือนเพลิงไหม้ โดยใช้เทคโนโลยีด้านคอมพิวเตอร์เพื่อช่วยอำนวยความสะดวกในการออกแบบได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 เพื่อศึกษาวิธีการเขียนโปรแกรม Autocad

1.2.2 เพื่อศึกษาการออกแบบระบบไฟฟ้า และระบบป้องกันไฟฟ้า เพื่อให้เพียงพอสำหรับโหลดใน ปัจจุบันและความต้องการที่จะขยายโหลดในอนาคต

1.2.3 เพื่อความรู้ความเข้าใจในวิชาการออกแบบระบบไฟฟ้าเพิ่มมากยิ่งขึ้น

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1.3.1 ออกแบบระบบไฟฟ้าและระบบป้องกันไฟฟ้าภายในคอนโดมิเนี่ยมโดยใช้โปรแกรม Autocad

1.3.2 แสดงการคำนวณขนาดสายไฟฟ้า ขนาดท่อร้อยสาย ขนาดของเซอกิตเบรกเกอร์ และขนาดหม้อแปลง

1.3.3 สามารถแสดงชนิด ขนาด ของสายไฟฟ้าและท่อร้อยสายที่เหมาะสม ในแต่ละพื้นที่

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 สามารถใช้โปรแกรม AutoCAD ในการออกแบบระบบไฟฟ้าและระบบfire alarmได้

1.4.2 สามารถนำทฤษฎีการออกแบบระบบไฟฟ้าและระบบ fire alarm มาใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.4.3 นำผลการคำนวณที่ได้จากโปรแกรมไปใช้ประโยชน์ในเชิงเศรษฐศาสตร์ได้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การออกแบบระบบไฟฟ้า

หลักการเบื้องต้นของการออกแบบระบบไฟฟ้า

การออกแบบระบบไฟฟ้า หมายถึง การพัฒนาแบบแปลน หรือ วิธีการจ่ายกำลังไฟฟ้าจากจุดจ่ายไฟฟ้าไปยังอุปกรณ์ใช้กำลังไฟฟ้าต่างๆหรือจ่ายสัญญาณไฟฟ้า จากจุดรับสัญญาณไฟฟ้าไปยังอุปกรณ์ใช้งาน

การออกแบบระบบไฟฟ้าเป็นงานที่กว้างขวางต้องการข้อมูลมากมาย เพื่อประกอบการตัดสินใจเลือกใช้ระบบและอุปกรณ์ที่เหมาะสม ผู้ออกแบบระบบไฟฟ้าจะต้องเป็นผู้ใฝ่รู้เละมีความสนใจในวิชาการต่างๆที่เกี่ยวข้องเนื่องจากงานออกแบบระบบไฟฟ้านั้นผู้ออกแบบต้องมีความรับผิดชอบงานด้านต่างๆ เพื่อให้ได้ระบบไฟฟ้าที่ดี มีความถูกต้อง และปลอดภัยในการใช้งาน

2.1.1 แบบระบบไฟฟ้าที่ดี แบบระบบไฟฟ้าที่ดีนั้นจะต้องได้ตามข้อกำหนดดังต่อไปนี้

2.1.1.1 ความปลอดภัย (Safety) ระบบไฟฟ้ากำลังที่ออกแบบต้องให้ความปลอดภัยอย่างสูงต่อผู้ปฏิบัติงาน ต่ออุปกรณ์ไฟฟ้า และต่อสถานที่การที่ระบบไฟฟ้าจะสามารถให้ความปลอดภัยอย่างสูงได้นั้นผู้ออกแบบจะต้องปฏิบัติตามมาตรฐานต่างๆที่เกี่ยวข้อง มาตรฐานที่ใช้กันมากคือ National Electrical Code (NEC)ของประเทศสหรัฐอเมริกา และต้องปฏิบัติตามมาตรฐานของประเทศ และข้อกำหนดของทางการไฟฟ้าท้องถิ่นด้วย ในด้านการออกแบบ การติดตั้งวัสดุ การเลือกอุปกรณ์ที่ใช้และการจัดอุปกรณ์ป้องกัน วิศวกรไฟฟ้าผู้ออกแบบจะต้องเข้าใจในรายละเอียดของข้อกำหนดต่างๆเป็นอย่างดีและรู้ถึงสถานที่ประกอบการออกแบบ กระบวนการผลิต ขั้นตอนการปฏิบัติงาน เพื่อที่จะสามารถออกแบบระไฟฟ้าให้มีความปลอดภัยได้

2.1.1.2 ค่าลงทุนเริ่มแรกที่ต่ำที่สุด (Minimum Initial Investment) งบประมาณของเจ้าของโครงการจะเป็นตัวกำหนดที่สำคัญของโครงการว่าผู้ออกแบบควรจะเลือกระบบใดอย่างไรก็ดีจะต้องคำนึงความปลอดภัยเป็นสำคัญ การที่จะสามารถลดค่าการลงทุนเริ่มแรกได้นั้นจะต้องพิจารณาถึงอุปกรณ์ไฟฟ้า การติดตั้ง พื้นที่ว่างที่ต้องใช้ ค่าเริ่มต้นของการใช้จ่ายต่างๆและอื่นๆ

2.1.1.3 ระบบไฟฟ้าต้องสามารถจ่ายไฟฟ้าต่อเนื่อง (Maximum Service Continuity) ระดับของความต้องการไฟฟ้าอย่างต่อเนื่องและความเชื่อถือได้ (Reliability) ของระบบนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของโหลด สถานประกอบการ และกระบวนการผลิต เช่น สำนักงานขนาดเล็กอาจจะยอมให้ไฟฟ้าดับได้หลายชั่วโมงส่วนสำนักงานขนาดใหญ่หรือโรงงานขนาดใหญ่อาจจะยอมให้ไฟดับได้ในช่วงเวลาสั้นๆเท่านั้นแต่โรงพยาบาลมีโหลดสำคัญอยู่มากมายยอมให้ไฟฟ้าดับได้เพียงไม่เกิน 10 วินาที สำหรับโหลดคอมพิวเตอร์นั้นไม่ยอมให้ไฟฟ้าขาดหายไปเลยเป็นต้น

เราสามารทำให้มีการจ่ายไฟฟ้าอย่างต่อเนื่องได้ดีขึ้นและมีความเชื่อถือได้สูงขึ้นโดย

- จัดให้มีแหล่งจ่ายไฟฟ้ากำลังจากหลายแหล่ง
- จัดให้มีเส้นทางไปยังโหลดไฟฟ้าได้หลายเส้นทางมากขึ้น
- จัดหาแหล่งที่มีแหล่งกำเนิดไฟฟ้าของตนเอง เช่น มีชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรอง แบตเตอรี่สำหรับจ่ายระบบไฟฟ้าระบบ UPS
- เลือกอุปกรณ์ไฟฟ้าและตัวนำไฟฟ้าที่มีคุณภาพสูง
- เลือกใช้วิธีการติดตั้งที่ดีที่สุด เช่น สายไฟฟ้าควรอยู่ในท่อสาย

2.1.1.4 ระบบไฟฟ้าจะต้องมีความคล่องตัวสูงและสามารถขยายโหลดได้ (Maximum Flexibility and Expandability) เนื่องจากสถานที่ประกอบการส่วนมากจะมีการเปลี่ยนแปลงการใช้โหลดไฟฟ้าไปเรื่อยๆระบบการจ่ายโหลดไฟฟ้าจะต้องสามารถรองรับการเปลี่ยนแปลงนี้ได้ นอกจากนี้ผู้ออกแบบระบบไฟฟ้าจะต้องเผื่อระบบการจ่ายกำลังไฟฟ้าสำหรับรองรับการขยายโหลดในอนาคตโดยอาจจะเพิ่มขนาดของหม้อแปลงและสายป้อนต่างๆรวมทั้งเพิ่มอุปการณ์ป้องกันด้วย

2.1.1.5 ประสิทธิภาพทางไฟฟ้าสูงสุด (ค่าปฏิบัติทางการไฟฟ้าต่ำสุด) Maximum Electrical Efficiency (Minimum Operating Cost)ระบบไฟฟ้าที่ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพนั้นอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ในระบบจะต้องมีกำลังสูญเสียน้อย ดังนั้นวิศวกรผู้ออกแบบจะต้องพิจารณาเลือกใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ดี เช่น หม้อแปลงกำลังสูญเสียต่ำ มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง บัลลัสต์กำลังสูญเสียต่ำ เป็นต้น แม้ว่าอุปกรณ์ดังกล่าวจะมีค่าเริ่มต้นสูง แต่ค่าปฏิบัติการจะต่ำซึ่งจะคุ้มทุนเมื่อเวลาผ่านไปช่วงหนึ่ง นอกจากนี้ระบบไฟฟ้าจะต้องปฏิบัติงานอย่างมีประสิทธิภาพ เช่น มีตัวประกอบกำลังสูง เป็นต้น

2.1.1.6 ค่าบำรุงรักษาที่ต่ำที่สุด (Minimum Maintenance Cost) ในระบบไฟฟ้านั้นยิ่งระบบมีการจ่ายไฟฟ้าอย่างต่อเนื่อง และสามารถปรับสภาพต่างๆได้มากเท่าไหร่ ราคาในการบำรุงรักษาก็จะยิ่งมากตามไปด้วย ดังนั้นในระบบไฟฟ้าควรออกแบบให้มีวงจรไฟฟ้าหมุนเวียนกันที่จะจ่ายกำลังให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ เพื่อที่จะสามารถทำการบำรุงรักษาน้อย แต่ถ้าระบบซับซ้อนขึ้นก็อาจจะมีค่าการบำรุงรักษามากขึ้นตามไปด้วย

2.1.1.7 คุณภาพกำลังไฟฟ้าสูงสุด (MaximumPower Quality) ในอดีตการมีไฟฟ้าใช้อย่างต่อเนื่องเป็นเรื่องที่สำคัญที่สุด ปัจจุบันการมีไฟฟ้าใช้อย่างต่อเนื่องก็ยังสำคัญอยู่แต่ไฟฟ้าที่ใช้นั่นจะต้องมีคุณภาพที่ดีเช่น แรงดันไฟฟ้าต้องมีค่าสม่ำเสมอ กระแสและแรงดันไฟฟ้ามีฮาร์โมนิกน้อยเป็นต้น

วัตถุประสงค์ต่างๆเหล่านี้อาจจะมีความสัมพันธ์กันหรืออาจจะมีความขัดแย้งในบางหัวข้อ ยิ่งเราออกแบบให้มีอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีคุณภาพ การจ่ายโหลดอย่างต่อเนื่องสามารถปรับสภาพต่างๆหรือการเผื่อขยายได้มากเท่าไหร่ ค่าการลงทุนเริ่มแรกหรือค่าการบำรุงรักษาก็จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ดังนั้นผู้ออกแบบควรมีการพิจารณาถึงปัจจัยพื้นฐาน ชนิดของอุปการณ์ที่ใช้และโหลดต่างๆ ว่าควรจะใช้ขนาดเท่าไหร่ ชนิดใดจึงจะเหมาะสม

2.1.2 มาตรฐาน

ในการออกแบบระบบไฟฟ้า จะต้องออกแบบตามมาตรฐานและข้อกำหนดต่างๆซึ่งแบ่งออกได้เป็น 2 อย่างคือ

- มาตรฐานอุปกรณ์ไฟฟ้า
- มาตรฐานติดตั้งระบบเละอุปกรณ์ไฟฟ้าซึ่งมาตรฐานแต่ล่ะอย่างยังแบ่งออกได้อีก2อย่าง คือ

2.1.2.1 มาตรฐานประจำชาติ

ประเทศอุตสาหกรรมที่สำคัญในโลก ต่างมีมาตรฐานของตนเองมานานแล้ว โดยมาตรฐานประจำชาติของแต่ล่ะประเทศต่างร่างขึ้นมาใช้ภายในประเทศของตนเอง เพื่อให้ตรงกับอุตสาหกรรมภายในประเทศและตรงกับวิธีปฏิบัติของตนเอง นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศและสภาพแวดล้อมของประเทศนั้นๆด้วยมาตรฐานประจำชาติที่สำคัญได้แก่

ANSI (American National Standard Institute)ของประเทศสหรัฐอเมริกา

BS (British Standard) ของประเทศสหราชอาณาจักร

DIN (German Industrial Standard) ของประเทศเยอรมณี

VDE (Verband Duetscher Elektrotechniker) ของประเทศเยอรมณี

JIS (Japanese Industrial Standard) ของประเทศญี่ปุ่น

มอก. (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม) ของประเทศไทย

2.1.2.2 มาตรฐานสากล และ EN

(1) ISO (International Organization for Standardization)เป็นองค์กรกำหนดมาตรฐานระหว่างประเทศ มีหน้าที่กำหนดมาตรฐานทั่วไปทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ยกเว้นทางด้านไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์) โดยมาตรฐานของ ISO จะใช้หน่วย SI จึงเป็นที่นิยมมากเพราะว่าเป็นมาตรฐานสากลอย่างแท้จริง มาตรฐานที่รู้จักกันดีได้แก่ ISO 9000,9001,9002 (เกี่ยวกับการควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์สินค้า) ISO 14000 (เกี่ยวกับการรักษาสิ่งแวดล้อม) เป็นต้น

(2) IEC (International Electrotechnical Commission)เป็นองค์ประกอบระหว่างประเทศที่ร่างมาตรฐานทางด้านไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ มีสำนักงานใหญ่ที่กรุงเจนีวา ประเทศสวิตเซอร์แลนด์ และร่วมมือกับ ISO อย่างใกล้ชิดมาตรฐานของ IEC ได้รับความนิยมมากขึ้นเรื่อยๆ ตามโลกาภิวัตน์ (Globalization) โดยขณะนี้ IEC มีประเทศสมาชิกเกือบทุกประเทศในโลก

(3) EN (European Standard)หลายประเทศในทวีปยุโรปได้รวมกันจัดตั้งคณะกรรมการที่มีหน้าที่กำหนดมาตรฐานทางไฟฟ้าซึ่งเรียกว่าCENELEC (European Committee for Electrotechnical Stadardization)ได้จัดทำมาตรฐานทางไฟฟ้าของยุโรป คือ European Standard (EN)

มาตรฐาน EN เป็นมาตรฐานบังคับ กล่าวคือ ถ้าอุปกรณ์ไฟฟ้าไม่ได้ตามมาตรฐานนี้จะนำเข้ามาขายในกลุ่มประเทศสมาชิกไม่ได้ จุดประสงค์ตามมาตรฐานเหล่านี้ คือทำให้เกิดการค้าเสรีเพราะ

ถ้าอุปกรณ์ได้ตามมาตรฐานนี้แล้วก็สามารถนำเข้าขายได้ทุกประเทศ และนอกจากนี้ยังต้องการให้ทุกประเทศในกลุ่มมีมาตรฐานเดียวกัน

ในขณะนี้มาตรฐานประจำชาติ(National Standards) ของชาติอุตสาหกรรมใหญ่ๆ ได้ลดความสำคัญลงมากตามโลกาภิวัตน์ และเนื่องจากมาตรฐานประจำชาติถือเป็นกำแพงการค้า(Trade Barrier) อย่างหนึ่ง หลายประเทศจึงได้พยายามปรับปรุงมาตรฐานประจำชาติของตนเองให้ตรงตามมาตรฐานสากล เรียกว่า Harmonizationและหลายประเทศได้ยกเลิกมาตรฐานของตนเองโดยนำมาตรฐานสากลมาใช้เป็นมาตรฐานประจำชาติของตนโดยไม่มีการแปลเป็นภาษาของตนเอง

สำหรับประเทศไทยในอดีตการทำมาตรฐานไฟฟ้าส่วนมากจะแปลและเรียบเรียงจากมาตรฐาน IEC การแปลนั้นต้องใช้เวลามากและความหมายอาจไม่ตรงความหมายเดิมแต่ในขณะนี้มาตรฐานหลายฉบับสำหรับอุปกรณ์ไฟฟ้านั้นไม่มีการแปลและเรียบเรียงอีกต่อไป แต่นำมาตรฐาน IEC ทั้งฉบับซึ่งเขียนเป็นภาษาอังกฤษมาเป็นมาตรฐานไทยเลยตามแนวปฏิบัติซึ่งหลายประเทศในโลกกำลังทำอยู่

2.1.3 มาตรฐานอุปกรณ์ไฟฟ้า

อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ในระบบไฟฟ้ามีอยู่มากมายหลายชนิด ส่วนมากจะมีมาตรฐานควบคุมคุณภาพอยู่แล้ว โดยมาตรฐานอุปกรณ์ไฟฟ้าที่นิยมใช้กันมากคือ มาตรฐานของ IEC จะสังเกตได้จากแคตตาล็อกของอุปกรณ์ไฟฟ้าจะอ้างถึงมาตรฐานนี้อยู่เสมอ เช่น เซอร์กิจเบรกเกอร์ จะอ้างมาตรฐาน IEC 60947-2 “Low Voltage Switchgear and control Gear Part2”ดังนั้นผู้ออกแบบระบบไฟฟ้าในประเทศไทย ในการเขียนรายละเอียดข้อกำหนด (Specification) ของอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ควรใช้มาตรฐานไทย (มอก.) และมาตรฐาน IEC เป็นหลัก ไม่ควรใช้มาตรฐานประจำชาติของประเทศอื่นๆ ยกเว้นอุปกรณ์ดังกล่าวไม่มีมาตรฐานไทยและมาตรฐาน IEC

2.1.4 มาตรฐานการติดตั้งระบบและอุปกรณ์ไฟฟ้า อาจแบ่งออกเป็น

2.1.4.1 มาตรฐานต่างประเทศในการติดตั้งระบบและอุปกรณ์ไฟฟ้า

มาตรฐานต่างประเทศที่นิยมใช้กันมากในประเทศไทยคือ NEC (Nation Electrical Code) ซึ่งเป็นมาตรฐานการออกแบบระบบไฟฟ้า และอุปกรณ์ไฟฟ้าของประเทศสหรัฐอเมริกาเริ่มมีมาครั้งแรกตั้งแต่ปี 1897 และมีการแก้ไขปรับปรุงทุกๆ 3 ปี จึงนับได้ว่าเป็นมาตรฐานการออกแบบและติดตั้งที่สมบูรณ์มาก มาตรฐาน NEC ได้แพร่เข้ามาในประเทศไทยอย่างมากในช่วงที่อเมริกามีฐานทัพอยู่ในประเทศไทย วิศวกรไฟฟ้าของไทยส่วนมากจึงนิยมใช้ NEC เป็นพื้นฐานในการออกแบบและติดตั้งระบบไฟฟ้าแม้ว่า NEC จะเป็นมาตรฐานที่ดีมาก ทำจากประสบการณ์ซึ่งมีอยู่มากมายในประเทศสหรัฐอเมริกา แต่ก็มีข้อกำหนดที่วิศวกรไฟฟ้าไทยต้องอ่านและทำความเข้าใจอย่างระมัดระวัง เพื่อให้เกิดการประยุกต์ใช้เป็นไปอย่างถูกต้องเนื่องจากระบบต่างๆที่ใช้ในประเทศสหรัฐอเมริกาตาม NEC นั้น มีข้อแตกต่างจากระบบที่ใช้ ภายในประเทศไทยหลายอย่างด้วยกัน ดังนี้

ตารางที่ 2.1 ตารางเปรียบเทียบข้อแตกต่างของระบบไฟฟ้าระหว่างประเทศไทยกับประเทศสหรัฐอเมริกา

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

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

2.1.4.2 มาตรฐานสากลในการติดตั้งระบบและอุปกรณ์ไฟฟ้า

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

IEC 60364-1 “Scope, Object and Definitions”

IEC 60364-2 “Fundamental Principles”

IEC 60364-3 “Assessment of General Characteristics”

IEC 60364-4 “Protection for Safety”

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

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

ในการจัดทำมาตรฐาน IEC 60364 นี้คณะกรรมการฝ่ายเทคนิคผู้ร่างได้ใช้ในมาตรฐานการติดตั้งระบบและอุปกรณ์ไฟฟ้าของหลายประเทศเป็นตัวอย่างรวมทั้งNEC ด้วยเพื่อให้มาตรฐานที่ได้เป็นสากลและสามารถปฏิบัติได้ มาตรฐานIEC 60364 นี้ได้รับการแก้ไข และปรับปรุงอยู่ตลอดเวลาเพื่อให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ในขณะนี้ประเทศในทวีปยุโรปหลายประเทศ ได้นำมาตรฐานนี้มาใช้แล้วโดยเฉพาะประเทศสหราชอาณาจักร ซึ่งหันมาใช้ IEC 60364 แทน

2.1.4.3 มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย

การติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทยนั้นในอดีตการไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) และการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคต่างมีมาตรฐานของตัวเอง ข้อกำหนดส่วนมากจะเหมือนกันแต่ก็มีบางส่วนที่ต่างกัน ทำให้ผู้ออกแบบระบบไฟฟ้าและผู้ติดตั้งระบบและอุปกรณ์ไฟฟ้าเกิดความสับสนด้วยเหตุนี้สมาคม

วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยได้รับความร่วมมือจากการไฟฟ้าทั้ง 2 แห่งดังกล่าว ได้จัดทำ “มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับทางประเทศไทย” ขึ้นเพื่อให้ทั้งประเทศมีมาตรฐานเรื่องการติดตั้งทางไฟฟ้าแค่ฉบับเดียว

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

2.1.5 สายไฟฟ้า

สายไฟฟ้ามีหน้าที่สำหรับนำพลังงานไฟฟ้า จากแหล่งจ่ายไฟฟ้าไปยังบริภัณฑ์ไฟฟ้าต่างๆ ในปัจจุบันได้มีผู้ผลิตสายไฟฟ้าขึ้นมากมายหลายชนิด ตามความต้องการสำหรับการติดตั้งในรูปแบบต่างๆ ดังนั้น การเลือกใช้สายไฟฟ้าเพื่อให้มีความเหมาะสมปลอดภัย ประหยัด และเชื่อถือได้ จะต้องพิจารณาถึงปัจจัยหลายประการด้วยกัน ได้แก่ ความเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมที่ติดตั้ง ความสามารถในการนำกระแสของตัวนำ ขนาดแรงดันตกที่เกิดขึ้น ความสามารถในการทนทานต่อความร้อนที่เกิดขึ้นทั้งในขณะใช้งานปกติและขณะเกิดการลัดวงจร

2.1.5.1 ส่วนประกอบ

สายไฟฟ้าประกอบด้วยส่วนประกอบที่สำคัญ 2 ส่วน ได้แก่ ตัวนำและฉนวน

(1) ตัวนำ ตัวนำของสายไฟทำมาจากโลหะที่มีความนำไฟฟ้าสูง อาจจะอยู่ในรูปของตัวนำเดี่ยว (Solid) หรือตัวนำตีเกลียว (Strand) ซึ่งประกอบไปด้วยตัวนำเล็ก ตีเข้าด้วยกันเป็นเกลียวซึ่งมีข้อดีคือ การนำกระแสต่อพื้นที่สูงขึ้น เนื่องจากผลของ Skin Effect ลดลง และการเดินสายไฟทำได้ง่าย เพราะมีความอ่อนตัวกว่า โลหะที่นิยมใช้เป็นตัวนำได้แก่ ทองแดง และอลูมิเนียม โดยโลหะทั้งสองชนิดมีข้อดีข้อเสียแตกต่างกันไปตามแต่ลักษณะการใช้งาน ตารางที่ 2.2 จะเปรียบเทียบคุณสมบัติของทองแดงและอะลูมิเนียม

ทองแดง ทองแดงเป็นโลหะที่มีความนำไฟฟ้าสูงมาก มีความแข็งแรง เหนียว ทนต่อการกัดกร่อนได้ดี แต่มีข้อเสียอยู่คือ มีน้ำหนักมากและราคาสูง จึงไม่เหมาะสำหรับงานด้านแรงดันสูง แต่จะเหมาะกับการใช้งานโดยทั่วไปโดยเฉพาะงานในอาคาร

อะลูมิเนียม เป็นโลหะมีความนำไฟฟ้าสูงรองจากทองแดง แต่เมื่อเปรียบเทียบในกรณีกระแสเท่ากันแล้ว พบว่าอะลูมิเนียมจะมีน้ำหนักเบาและราคาถูกกว่า จึงเหมาะกับงานเดินสายไฟนอกอาคารและแรงดันสูง ถ้าทิ้งอะลูมิเนียมไว้ในอากาศจะเกิดออกไซด์ของอะลูมิเนียม ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นฉนวนฟิล์มบางๆเกาะตามผิวช่วยป้องกันการสึกกร่อนแต่จะมีข้อเสียคือ ทำให้การเชื่อมต่อทำได้ยาก

ตารางที่ 2.2 เปรียบเทียบคุณสมบัติของทองแดงและอะลูมิเนียม

คุณสมบัติ	ทองแดง	อะลูมิเนียม
การนำไฟฟ้าสัมพัทธ์ (ทองแดง = 100)	100	61
สภาพความต้านทานไฟฟ้าที่ 20°C ($\Omega m \times 10^8$)	1724	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) ฉนวนทำหน้าที่ห่อหุ้มตัวนำ เพื่อป้องกันการสัมผัสกันโดยตรงระหว่างตัวนำ หรือระหว่างตัวนำกับส่วนที่ต่อลงดินและเพื่อป้องกันตัวนำจากผลกระทบทางกลและทางเคมีต่างๆในระหว่างที่ตัวนำ นำกระแสไฟฟ้าจะเกิดพลังงานสูญเสียในรูปของความร้อน ความร้อนที่ถ่ายเทไปยังเนื้อฉนวน ความสามารถในการทนต่อความร้อนของฉนวนจะเป็นตัวกำหนดความสามารถในการทนทานต่อความร้อนของสายไฟฟ้านั้นเอง การเลือกใช้ชนิดของฉนวนจะขึ้นกับอุณหภูมิการใช้งาน ระดับแรงดันของระบบและสภาพแวดล้อมในการติดตั้ง วัสดุที่นิยมใช้เป็นฉนวนในขณะนี้คือ Polyvinyl Chloride (PVC) และ Cross linked Polyethylene (XLPE) ตารางที่ 2.3 แสดงคุณสมบัติของฉนวน PVC และ XLPE

ตารางที่ 2.3 คุณสมบัติของฉนวน 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

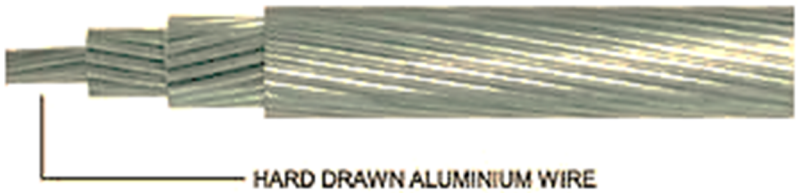
(3) เปลือก ทำหน้าที่หุ้มแกนหรือหุ้มสายชั้นนอกสุด อาจจะมี 1 หรือ 2 ชั้นก็ได้ เพื่อป้องกันความเสียหายทางกายภาพที่อาจเกิดขึ้นในขณะติดตั้งหรือใช้งาน การเลือกใช้ชนิดของเปลือกจะขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมในการติดตั้งวัสดุที่นิยมใช้ทำเป็นเปลือกมากที่สุด คือ Polyvinyl Chloride (PVC) และ Polyethylene (PE) ส่วนกรณีสายที่ต้องการคุณสมบัติพิเศษก็อาจใช้วัสดุเช่น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

2.1.5.2 สายไฟฟ้าแรงดันสูง

สายไฟฟ้าที่ใช้กับระบบไฟฟ้าแรงดันสูงเป็นสายที่มีขนาดใหญ่ ในลักษณะตัวนำตีเกลียว สายไฟฟ้าแรงดันสูงสามารถแบ่งออกได้เป็น2 ประเภทคือ สายเปลือย (Bare Wires) และสายหุ้มฉนวน (Insulated Wires)

(1) สายเปลือย (Bar Wires) สายเปลือยคือ สายที่ไม่มีเปลือกฉนวนหุ้มสาย ถ้าหากนำไปใช้กับระบบจำหน่ายแรงดันต่ำจะไม่ปลอดภัย จึงใช้สายชนิดนี้กับงานแรงดันสูง สายเปลือยที่นิยมใช้ในงานแรงดันสูงมักจะทำมาจากอะลูมิเนียม เพราะมีน้ำหนักเบาและราคาถูก แต่สายอะลูมิเนียมล้วนจะสามารถรับแรงดึงได้ต่ำ จึงมีการพัฒนาเพื่อให้สามารถรับแรงดึงได้สูงขึ้น โดยการเสริมแกนเหล็ก หรือใช้โลหะอื่นผสม สายเปลือยที่นิยมใช้ในปัจจุบัน ได้แก่

1.1) สายไฟฟ้าอะลูมิเนียมตีเกลียวเปลือย (ACC: All Aluminium Conductor) เป็นตัวนำอะลูมิเนียมพันเกลียวเป็นชั้นๆ สายชนิดนี้รับแรงดึงได้ต่ำ จึงไม่สามารถขึงสายให้มีระยะห่างช่วงเสา (Span) มากๆได้ โดยปกติความยาวช่วงเสาต้องไม่เกิน 50 m ยกเว้นเสาที่มีขนาด 95 mm^2 ขึ้นไปนั้นสามารถที่จะมีระยะห่างช่วงเสาได้ไม่เกิน 100 m มาตรฐานสำหรับสายไฟฟ้าอะลูมิเนียมตีเกลียวเปลือย คือ มอก.85-2548 ลักษณะของสายชนิดนี้จะแสดงในรูปที่ 2.1

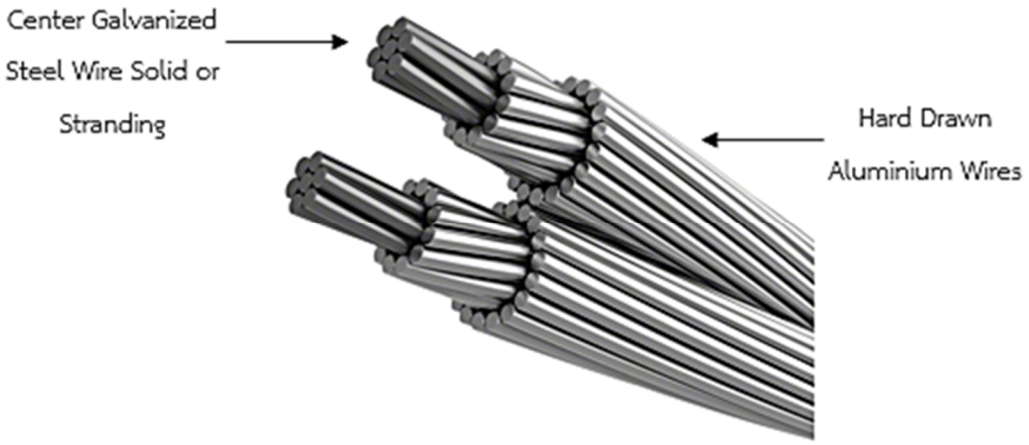


รูปที่ 2.1 ตัวอย่างสาย ACC

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

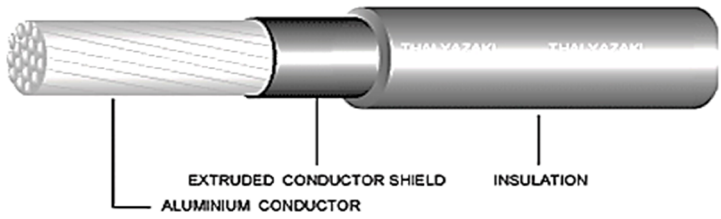


รูปที่ 2.2 ตัวอย่างสาย ACSR
ที่มา: http://www.cmewire.com/catalog/sec03-bac/bac-08-acsrtp.php

สายเปลือยทั้ง 3 ชนิด มีใช้ทั่วไปในระบบส่งของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตฯ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค สำหรับสาย ACC นั้นยังมีใช้ในระบบจำหน่ายของการไฟฟ้านครหลวงด้วย แต่ในปัจจุบัน ทางการไฟฟ้าฯ ได้มีนโยบายที่จะเลิกใช้สายชนิดนี้แล้วเนื่องจากมีการลัดวงจรจากสัตว์ และกิ่งไม้บ่อยครั้ง และได้หันมาใช้สายหุ้มฉนวนประเภท PIC และ SAC แทน

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

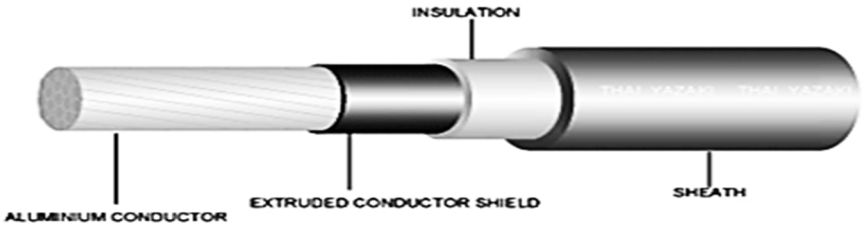
2.1) สาย Partial Insulated Cable (PIC) การใช้สายเปลือยจะมีโอกาสเกิดลัดวงจรขึ้นได้ง่าย เพื่อลดปัญหานี้ จึงได้มีการนำสาย PIC มาใช้แทนสายเปลือย โดยโครงสร้างของสาย PIC นี้จะประกอบไปด้วย ตัวนำอะลูมิเนียมตีเกลียว หุ้มด้วยฉนวน XLPE 1 ชั้น ดังรูปที่ 2.3



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

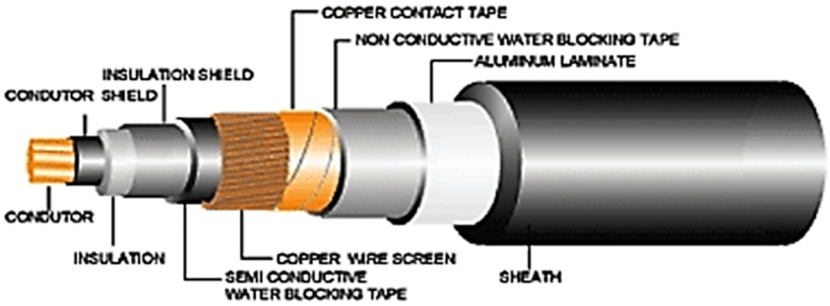


รูปที่ 2.4 ตัวอย่างสาย SAC
ที่มา: http://sahasang.com/product-25KVCC-1167-1.html

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)โครงสร้างของสายแบ่งเป็นชั้นๆ 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

2.1.5.3 สายไฟฟ้าแรงดันต่ำ

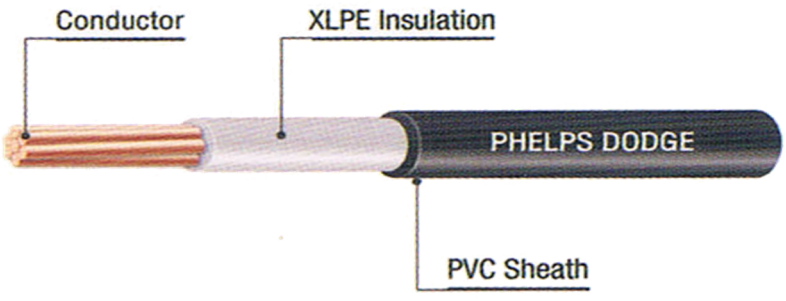
เป็นสายไฟฟ้าที่ใช้ได้กับแรงดันไม่เกิน 1000 V มีลักษณะเป็นสายไฟฟ้าหุ้มด้วยฉนวน โดยที่ตัวนำสำหรับสายไฟฟ้าชนิดนี้ อาจจะใช้ทองแดงหรืออะลูมิเนียม แต่ที่นิยมใช้สำหรับสายไฟฟ้าแรงดันต่ำ คือสายทองแดงสายไฟฟ้าขนาดใหญ่ มีลักษณะเป็นตัวนำตีเกลียว แต่ถ้าเป็นสายไฟฟ้าขนาดเล็กตัวนำก็จะเป็นตัวนำเดี่ยว วัสดุฉนวนที่นิยมใช้กับสายไฟฟ้าแรงดันต่ำ ได้แก่ Polyvinyl Chloride (PVC) และ Cross-linked Polyethylene (XLPE)

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

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

(2) สายไฟฟ้าทองแดงหุ้มด้วยฉนวน PVC เนื่องจากทองแดงมีคุณสมบัติข้อดีที่เหนือกว่าอะลูมิเนียมหลายประการด้วยกัน ไม่ว่าจะเป็นโลหะที่มีความนำไฟฟ้าสูงกว่า การตัดต่อก็ทำได้ง่ายกว่า จึงนิยมใช้สายไฟฟ้าชนิดนี้กันมาก สายไฟฟ้าทองแดงหุ้มด้วยฉนวน PVC มีมากมายหลายชนิด แต่ละชนิดก็เหมาะกับงานแต่ละแบบ ทำให้สามารถใช้สายไฟฟ้าชนิดนี้กับงานได้กว้างขวางมาก ตั้งแต่เป็นสายเชื่อมต่อวงจรเล็กๆ จนกระทั่งเป็นสายประธานหรือสายป้อน ในที่นี้กล่าวถึงสายไฟฟ้าตาม มอก.11-2553 โดยกล่าวถึงสายไฟฟ้าที่ใช้งานในการเดินสายถาวรที่ใช้กันโดยทั่วๆไป

(3) สายไฟฟ้าทองแดงหุ้มด้วยฉนวน XLPE เนื่องจากคุณสมบัติของฉนวน XLPE ที่สามารถทนต่อความร้อนได้สูง มีความแข็งแรง ทนต่อแรงทางกลและการกัดกร่อนทางเคมีได้ดี ในปัจจุบันจึงมีการใช้สายไฟฟ้าที่หุ้มด้วยฉนวน XLPE มากขึ้น โดยสายชนิดนี้มีชื่อเรียกว่าสาย CV หรือ CVV ซึ่งไม่อยู่ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม แต่จะใช้มาตรฐานอื่นเช่น IEC 60502 โดยทั่วไปสายชนิดนี้จะสามารถใช้งานได้เหมือนกันสาย NYY จึงนิยมใช้เป็นสายป้อนหรือสายประธาน



รูปที่ 2.6 ตัวอย่างสาย CV

ที่ ม า : http://tkmultiply.com/%E0%B8%AA%E0%B8%B2%E0%B8%A2%E0%B9%84%E0%B8%9 F%E0%B8%9F%E0%B9%89%E0%B8%B2-cv/

แรงดันใช้งาน : 0.6/1 kV
อุณหภูมิใช้งาน : 90°c
สถานที่ใช้งาน : สถานที่แห้งและสถานที่เปียก
ลักษณะการติดตั้ง : - ใช้งานได้ทั่วไป
- ฝังดินโดยตรง

2.1.5.4 สายไฟฟ้าตาม มอก. 11-2553

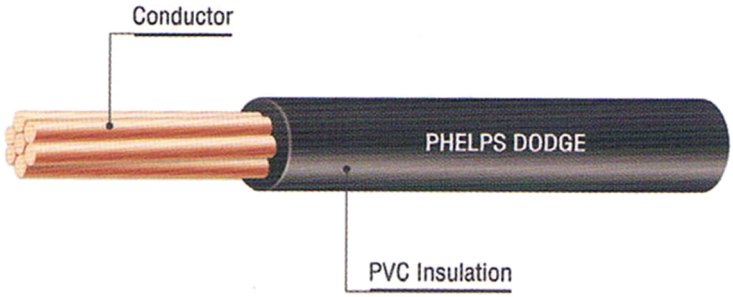
สายไฟฟ้าแรงดันต่ำหุ้มฉนวนพอลิไวนิลคลอไรด์ มีใช้อยู่มากมายและมีมาตรฐานบังคับมานานแล้ว ฉบับแรกคือ มอก. 11-2518 ต่อมาได้ปรับปรุงเป็น มอก. 11-2531 ฉบับล่าสุดคือ มอก. 11-2553

สายไฟฟ้าตาม มอก. 11-2553 ที่นิยมใช้งานคือ

(1) สาย THW รหัสสายคือ 60221 IEC 01 คือสายไฟฟ้าแกนเดียว ไม่มีเปลือก ชนิดตัวนำสายแข็งสำหรับงานทั่วไป แรงดันที่กำหนดสำหรับสายชนิดนี้คือ 450/750V และสายมีขนาด1.5 mm^2 ถึง 400mm^2

การใช้งาน

1) ใช้งานทั่วไป
2) เดินในช่องเดินสายและป้องกันน้ำเข้าช่องเดินสาย
3) ห้ามร้อยท่อฝังดินหรือฝังดินโดยตรง
4) ห้ามเดินบน Cable Trays

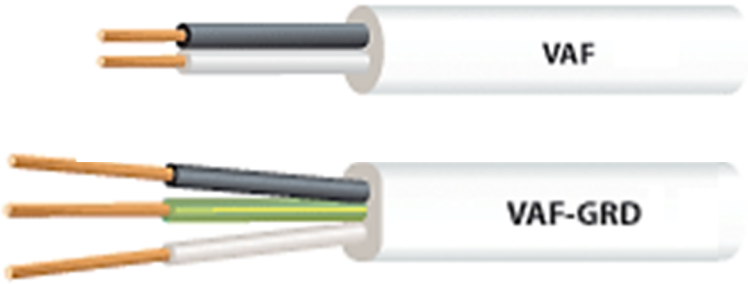


รูปที่ 2.7 ตัวอย่างสาย THW
ที่มา: http://tkmultiply.com/thw-a/

(2) สาย VAF คือสายไฟฟ้าหุ้มด้วยฉนวนและเปลือก มี 2 แบบ คือสายแบน 2 แกน และ 2 แกนมีสายดิน รหัสกรณีไม่มีสายดินคือ VAF และรหัสกรณีมีสายดินคือ VAF-G หรือ VAF/G แรงดันไฟฟ้าที่กำหนดสำหรับสายไฟฟ้าชนิดนี้คือ 300/500 V และสายมีขนาด1 mm^2 ถึง 16mm^2

การใช้งาน

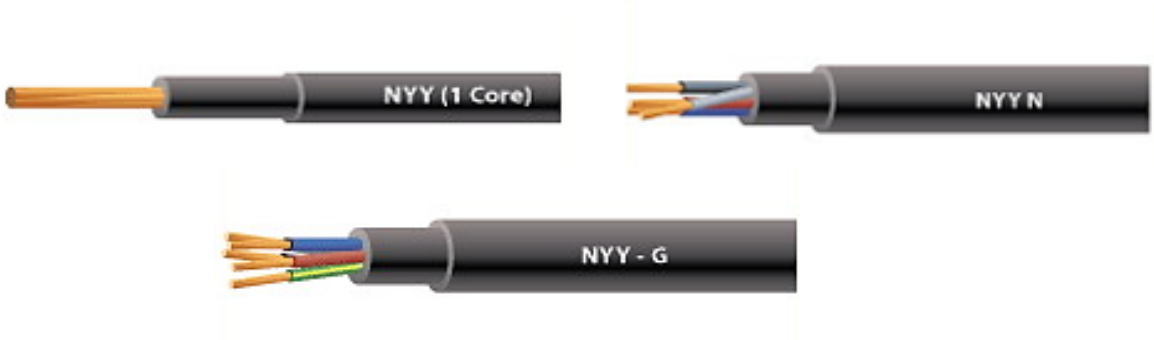
1) ใช้เดินเกาะผนัง
2) เดินในช่องเดินสาย
3) ห้ามร้อยท่อ
4) ห้ามฝังดิน



รูปที่ 2.8 ตัวอย่างสาย IEC 01
ที่มา: http://benzelectrical.tarad.com/product_943837_th

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

NYY แกนเดี่ยว	มีขนาด1 mm^2 - 500mm^2
NYY หลายแกน	มีขนาด 50 mm^2 - 300mm^2
NYY หลายแกนมีสายดิน	มีขนาด 25 mm^2 - 300mm^2
การใช้งาน	ใช้งานทั่วไป ร้อยท่อฝังดิน หรือฝังดินโดยตรง เดินบน Cable Trays



รูปที่ 2.9 ตัวอย่างสาย NYY

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

2.1.6 ท่อร้อยสาย

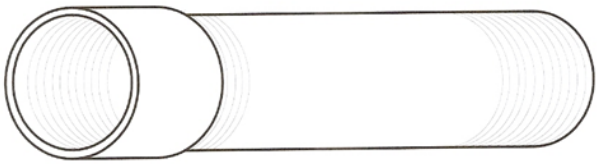
ในการเดินสายไฟนั้น ถึงแม้ว่าฉนวนหุ้มจะมีความแข็งแรงทนทาน แต่มันก็ไม่เพียงพอที่จะทนรับแรงกระแทกจากภายนอกได้ ดังนั้นเพื่อไม่ให้สายเกิดความเสียหายและใช้งานได้นาน จึงนิยมเดินสายไฟในท่อสาย

ประโยชน์ของท่อสายมีดังนี้

1. ป้องกันสายไฟจากการเสียหายทางกายภาพ
2. ป้องกันอันตรายจากการสัมผัสหากฉนวนเกิดการเสียหาย
3. สะดวกต่อการร้อยสาย และ เปลี่ยนสายไฟฟ้าสายใหม่
4. ท่อสายที่เป็นโลหะ จะมีการต่อลงดิน ดังนั้นจะเป็นการป้องกันไฟฟ้าช็อตได้
5. สามารถป้องกันไฟไหม้ได้เนื่องจากหากเกิดการลัดวงจรและเกิดความร้อนขึ้น ความร้อนจะถูกจำกัดไว้ภายในท่อ

2.1.6.1 ชนิดของท่อร้อยสาย

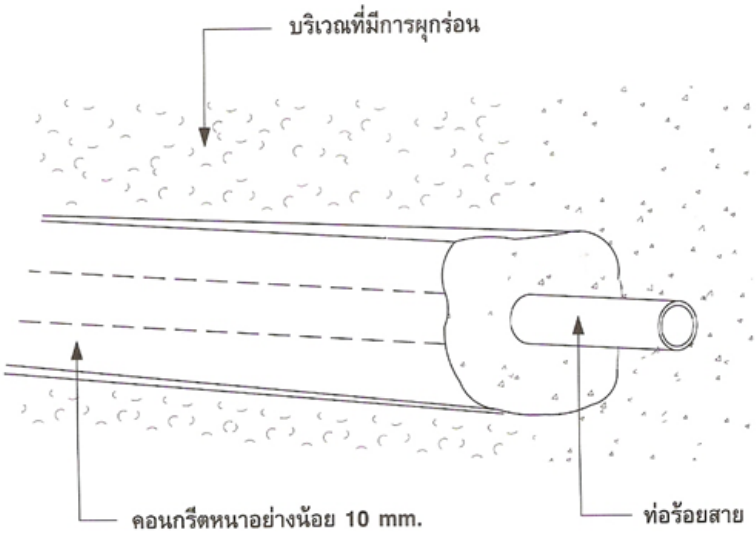
(1) ท่อโลหะหนา (Rigid Metal Conduit) ท่อโลหะหนาเป็นท่อที่มีความแข็งแรงที่สุด สามารถทนต่อสภาพแวดล้อมต่างๆได้ดี ท่อชนิดนี้ทำมาจากเหล็กกล้าจะเรียกว่าท่อ RSC (Rigid Steel Conduit) และ ส่วนใหญ่จะผ่านขบวนการชุบด้วยสังกะสี (Galvanized) ซึ่งจะช่วยป้องกันสนิมได้อย่างดี



รูปที่ 2.10 ท่อ RSC

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

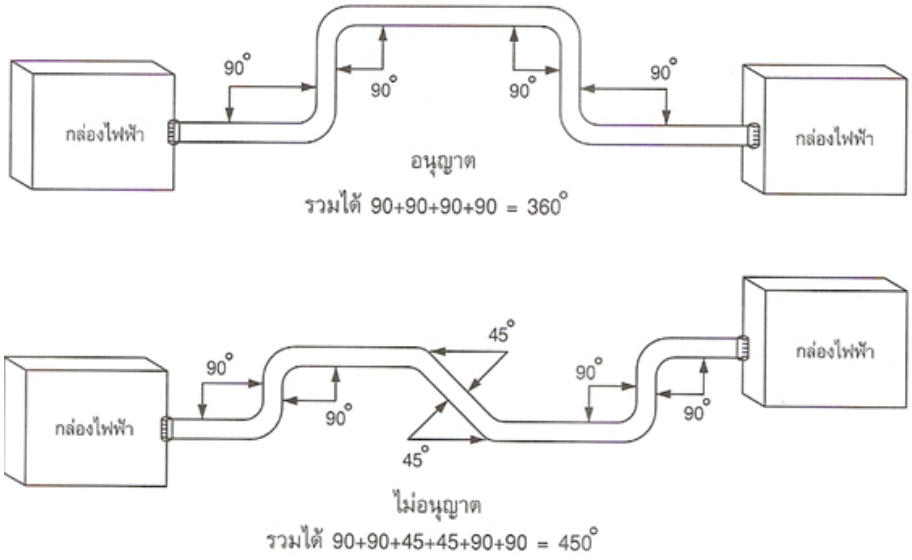
สถานที่ใช้งาน	- ใช้งานได้ทุกสถานที่ และ สภาพอากาศ โดยสามารถใช้ทั้งภายนอกภายในอาคารและ ฝังใต้ดินได้
ขนาดมาตรฐาน	- มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง(ขนาดทางการค้า) 15 mm 150 mm ความยาวท่อนละ3m.
การติดตั้ง	- ในสถานที่เปียก(Wet Location) ส่วนประกอบที่ใช้ยึดท่อ เช่น Bolt , Strap และScrew เป็นต้นต้องเป็นชนิดที่ทนต่อการผุกร่อนได้ - ในที่ที่มีการผุกร่อน (CinderFill) ท่อจะต้องเป็นชนิดที่ทนต่อการผุกร่อนได้ หรือหุ้มท่อด้วยคอนกรีตหนาอย่างน้อย 2 นิ้ว



รูปที่ 2.11 การติดตั้งท่อในที่มีการผุกร่อน

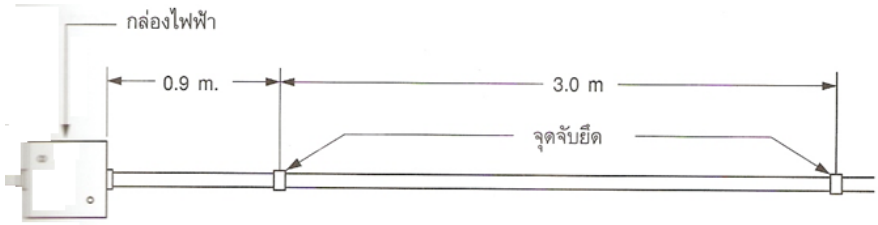
ที่มา: http://www.ksv.ac.th/tb/cai/science2007/chap7_1.htm

การต่อท่อเข้ากับเครื่องประกอบจะต้องใช้บุชชิ่ง (Bushing) เพื่อป้องกันฉนวนของสายไฟฟ้าเสียหายมุมดัดโค้งของท่อระหว่างจุดดึงสาย รวมกันจะต้องไม่เกิน 360 องศา



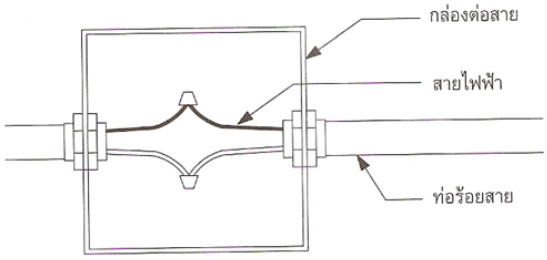
รูปที่ 2.12 มุมดัดโค้งท่อระหว่างจุดดึงสาย
ที่มา: http://www.ksv.ac.th/tb/cai/science2007/chap7_1.htm

การเดินท่อจะต้องมีการจับยึดที่มั่นคงแข็งแรงทุกระยะไม่เกิน 3.0 m และห่างจากกล่องไฟฟ้าหรือจุดต่อไฟ ไม่เกิน 0.9m



รูปที่ 2.13 การติดตั้งท่อ RMC
ที่มา:http://www.ksv.ac.th/tb/cai/science2007/chap7_1.htm

การต่อสายและการต่อแยกการต่อสายหรือต่อแยก จะต้องทำในกล่องไฟฟ้า (Boxes) ที่สามารถเปิดไฟเท่านั้นโดยปริมาตรของสาย, ฉนวน, และหัวต่อสาย รวมกันจะต้องไม่เกิน 75% ของปริมาตรกล่องไฟฟ้า



รูปที่ 2.14 การต่อสาย

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

(2) ท่อโลหะหนาปานกลาง หรือเรียกอีกอย่างว่าท่อ IMC เป็นท่อที่มีความหนา น้อยกว่าท่อ RMC แต่จะสามารถใช้งานแทนท่อ RMC ได้และมีราคาถูกกว่า

สถานที่ใช้งาน – ทุกสถานที่เช่นเดียวกับท่อ RMC

ขนาดมาตรฐาน – ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15mm – 100 mm ความยาวท่อนล่ะ 3 m

การติดตั้ง – เช่นเดียวกับท่อ RMC

การต่อสาย และการต่อแยก – เช่นเดียวกับท่อ RMC

การต่อท่อ – เช่นเดียวกับท่อ RMC

(3) ท่อโลหะบาง ท่อโลหะบาง หรือเรียกอีกอย่างว่า EMT เป็นท่อที่มีผนังบางกว่าท่อ RMC และ IMC จึงมีความแข็งแรงน้อยกว่า และมีราคาถูกกว่า

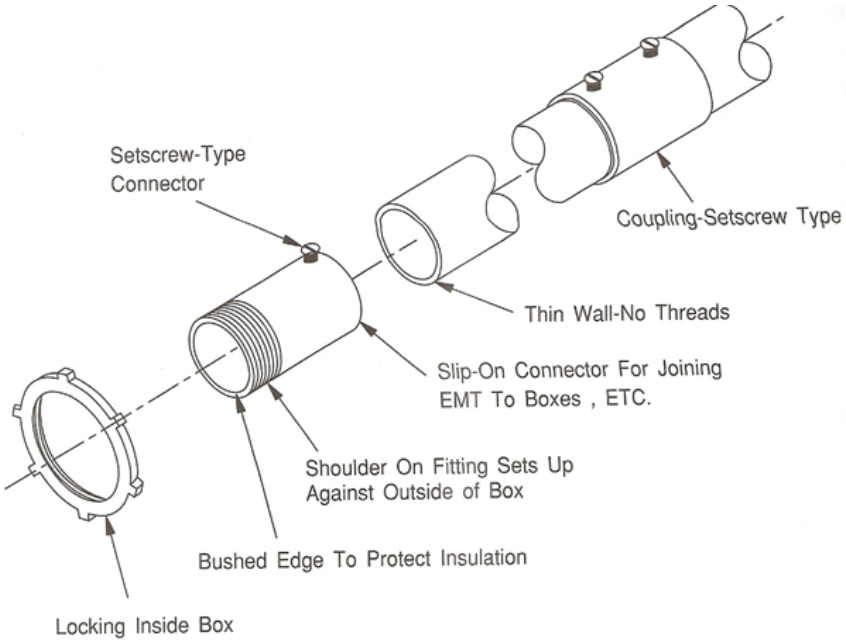
สถานที่ใช้งาน – ใช้ได้เฉพาะภายในอาคารเท่านั้น ทั้งในที่เปิดโล่งและที่ซ่อน เช่น เดินลอยตามผนัง เดินในฝ้าเพดาน หรือฝังในผนังคอนกรีตได้ ไม่ควรใช้ท่อ EMT ในที่ที่มีการกระทบกระแทกทางกล ไม่ใช้ฝังใต้ดินและไม่ใช้ในระบบแรงสูง

ขนาดมาตรฐาน – ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15mm - 50 mm ความยาวท่อนละ 3 m

การติดตั้ง – เช่นเดียวกับท่อRMC แต่ไม่อนุญาตให้ใช้ท่อ EMT เป็นตัวนำสำหรับต่อลงดิน

การต่อสาย และการต่อแยกเช่นเดียวกับท่อ RMC

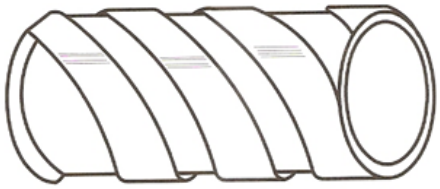
การต่อท่อ – ท่อ EMT ห้ามทำเกลียวการต่อท่อจะใช้ข้อต่อชนิดไม่มีเกลียว เช่น แบบใช้สกรูไขดังรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 การต่อท่อ EMT
ที่มา: http://www.ksv.ac.th/tb/cai/science2007/chap7_1.htm

(4) ท่อโลหะอ่อน

ทำมาจากเหล็กกล้าชุบสังกะสี มีความอ่อนตัวสูง โค้งงอได้



รูปที่ 2.16 ท่อโลหะอ่อน
ที่มา: http://www.ksv.ac.th/tb/cai/science2007/chap7_1.htm

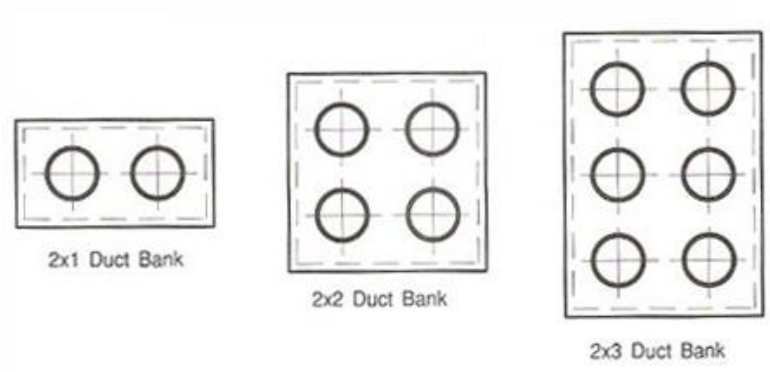
สถานที่ใช้งาน – ใช้เดินในสถานที่แห้งและเข้าถึงได้ ห้ามใช้เดินในสถานที่เปียก, ในช่องขึ้นลง, ในห้องเก็บแบตเตอรี่, ในสถานที่อันตราย , ฝังดินหรือฝังในคอนกรีต

ขนาดมาตรฐาน – ขนาดท่อที่มีขายในท้องตลาดคือ 1/2", 3/4", 1", 1 1/4", 1 1/2", 2", 2 1/2", 3" และ 4" ท่อโลหะอ่อนที่ใช้ต้องมีขนาดไม่เล็กกว่า 1/2" ยกเว้นท่อโลหะอ่อนที่ประกอบมากับขั้วหลอดไฟฟ้า และมีความยาวไม่เกิน 180 เซนติเมตร

การติดตั้ง – การจับยึดท่อชนิดนี้ต้องมีระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ไม่เกิน 1.50 เมตรและห่างจากกล่องต่อสาย ไม่เกิน 30 เซนติเมตรและห้ามใช้ท่อโลหะอ่อนเป็นตัวนำแทนสายดิน

(5) ท่ออโลหะแข็ง ท่อและอุปกรณ์ของท่อชนิดนี้ จะทำมาจากสารอโลหะซึ่งมีคุณสมบัติเหมาะสมทางกายภาพท่ออโลหะแข็งจะมีความทนทานทางกายภาพน้อยกว่าท่อโลหะแต่จะสามารถทนต่อความชื้นได้ดีกว่า และป้องกันการกัดกร่อนจากสารเคมีได้ดีกว่า

สถานที่ใช้งาน – ในพื้นที่เปิดโล่ง เพื่อป้องกันความเสียหายทางกายภาพ
– ในที่ซ่อน เช่น เดินซ่อนในผนัง พื้น และ เพดาน
– ในที่เปียก และ ชื้น โดยมีการป้องกันน้ำเข้าไปในท่อ
– สามารถฝังใต้ดินได้ เพราะมันทนต่อความชื้นและการผุกร่อน แต่เพื่อควาแข็งแรง ส่วนที่หุ้มด้วยคอนกรีตที่เรียกว่า Duct Bank



รูปที่ 2.17 Duct Bank
ที่มา: http://www.ksv.ac.th/tb/cai/science2007/chap7_1.htm

ท่ออโลหะแข็งไม่อนุญาตให้ใช้ในบางกรณีดังนี้

- ใช้เป็นเครื่องแขวน
- ใช้ในที่ที่มีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิของท่อที่ระบุ

2.1.6.2 ท่อร้อยสายไฟฟ้า HDPE

ท่อร้อยสายไฟฟ้า HDPE Conduit ผลิตจากวัตถุดิบโพลิเอทิลีน ชนิดความหนาแน่นสูง เหมาะสำหรับใช้เป็นท่อร้อยสายไฟฟ้า สายเคเบิ้ล สายโทรศัพท์ หรือ สายไฟเบอร์ออฟติค เพื่อเป็นฉนวนหุ้มป้องกันสายเคเบิ้ล โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับระบบงานเดินท่อร้อยสายเคเบิ้ลใต้ดิน (Underground Cable System) ทั้งระบบธรรมดาและระบบ HDD (Horizontal Directional Drilling) ซึ่งใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน

ท่อร้อยสายไฟฟ้า HDPE Conduit มีคุณสมบัติดังนี้

- ทนแรงกด แรงดึง แรงกระแทกได้ดี มีความยืดหยุ่นสูง ไม่แตกร้าว ไม่หักง่าย ในกรณีที่เกิดการกดทับ ฝังกลบ หรือมีการทรุดตัวของพื้นดิน และไม่เสียหายง่ายในการขนส่งผิวภายนอก ภายใน มีความลื่น เรียบมัน เหมาะสำหรับการใช้งานร้อยสายไฟฟ้า สายเคเบิ้ล สายส่งสัญญาณ โดยไม่ทำให้สายหักเสียหาย
- ทนต่อสารเคมี ทนกรด ทนด่างได้ ไม่เกิดสนิม ไม่ผุกร่อน ซึ่งจะทำให้ประหยัดค่าบำรุงรักษา
- อายุการใช้งานยาวนาน

2.1.6.3 จำนวนสายไฟฟ้าสูงสุดในท่อร้อยสาย การเดินสายไฟฟ้าในท่อร้อยสาย เป็นแบบการติดตั้งที่มีการใช้มากที่สุด จำนวนสายไฟฟ้าในท่อร้อยสายจะต้องมีจำนวนไม่มากเกินไป ด้วยเหตุผล 2 ประการ คือ

(1) เมื่อมีกระแสไหลผ่านสายไฟฟ้าในท่อร้อยสาย จะทำให้เกิดความร้อนขึ้น จึงจำเป็นต้องมีที่ว่างสำหรับการระบายความร้อน

(2) พื้นที่หน้าตัดรวมของสายไฟฟ้า ต้องเล็กกว่าพื้นที่หน้าตัดภายในของท่อร้อยสายพอสมควร เพื่อให้การดึงสายไฟฟ้าทำได้สะดวกและไม่ทำลายฉนวนของสายไฟฟ้า

2.1.7 บริภัณฑ์ไฟฟ้า

ในการออกแบบระบบไฟฟ้านั้น วิศวกรผู้ออกแบบจะต้องทราบคุณสมบัติต่างๆ ของบริภัณฑ์ไฟฟ้า เพื่อให้สามารถเลือกบริภัณฑ์เหล่านั้นได้ถูกต้องและเหมาะสมต่อการใช้งาน การศึกษาข้อมูลต่างๆ จากแคตตาล็อกที่มีอยู่มากมายของบริษัทผู้ผลิตจะช่วยให้เข้าใจถึงคุณสมบัติและการใช้งานของบริภัณฑ์ต่างๆ ได้อย่างดี

บริภัณฑ์ไฟฟ้าที่ใช้สำหรับการนำ การจ่าย และการป้องกันในระบบไฟฟ้าของสถานประกอบการต่างๆมีอยู่มากมายหลายชนิด อาจแบ่งตามระดับแรงดันไฟฟ้า ได้เป็น

บริภัณฑ์ไฟฟ้าแรงดันสูง (HV Equipment)	แรงดันสูงกว่า 36 kV
บริภัณฑ์ไฟฟ้าแรงดันปานกลาง (MV Equipment)	แรงดัน 1 kVถึง 36 kV
บริภัณฑ์ไฟฟ้าแรงดันต่ำ (LV Equipment)	แรงดันน้อยกว่า 1 kV

สำหรับในที่นี้จะกล่าวถึง บริภัณฑ์ไฟฟ้าแรงดันต่ำที่สำคัญดังนี้

2.1.7.1 เซอกิตเบรกเกอร์แรงดันต่ำ (Low Voltage Circuit Breakers)

เซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit Breaker : CB) เป็นบริภัณฑ์ไฟฟ้าที่ทำหน้าที่เป็นสวิตช์สำหรับเปิดปิดวงจรไฟฟ้าแรงดันต่ำในภาวะปกติและจะเปิดวงจรโดยอัตโนมัติ 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

พิกัดกระแสต่อเนื่องคือ 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)คือกระแสลัดวงจรสูงสุดที่ 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 CBเพื่อใช้สำหรับงานหนึ่งงานใดนั้นจะต้องให้มี IC เท่ากับหรือมากกว่ากระแสลัดวงจรสูงสุดที่จุดติดตั้ง

ตาม IEC 60947-2 ได้ให้นิยามพิกัดการตัดกระแสลัดวงจรได้ดังนี้

Icu = RatedUltimate Short-Circuit Breaking Capacity
(Switching Sequence O-t-CO)

Ics = Rated Service Short-Circuit Breaking Capacity
(Switching Sequence O-t-CO-t-CO)

Icw = Rated Short-time Current Withstand

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

Utilization Category A

- ไม่เหมาะที่จะทำ Coordination (Selectivity) เนื่องจากไม่มี Icw

Utilization Category B

- CB เหมาะที่จะทำ Coordination และ มี Icw

ค่า AF ขนาดมาตรฐานและ AT

มาตรฐาน IEC ได้กำหนด AF ไว้ดังนี้คือ 63, 100, 125, 160, 200, 250, 320, 400, 500, 630,800, 1000, 1250, 1600, 2000, 2500, 3200,4000,5000,6300 บริษัทบางแห่งอาจจะไม่ผลิตค่า AF บางค่าได้

ค่า AT ที่บริษัทต่างๆ จะผลิตออกมานั้นมีหลายค่า แล้วแต่ความต้องการของบริษัทนั้นๆ 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 ค่าต่างๆ คือ 800,1000,1250,1600 A

2.1.7.2 ประเภทของ CB

CB แบ่งตามลักษณะภายนอก และ การใช้งานได้เป็น 2 ชนิด คือ

(1) MCCB บริภัณฑ์ตรวจจับและบริภัณฑ์ตัดต่ออยู่ภายในวัสดุฉนวน ซึ่งทำด้วยสารประเภทพลาสติกแข็งมีตั้งแต่ขนาดเล็กจนถึงขนาดใหญ่ใช้สำหรับป้องกันระบบไฟฟ้า ตั้งแต่วงจรย่อย สายป้อนถึงสายประธาน และบริภัณฑ์ไฟฟ้าด้วย

โครงกรอบของ MCCB ส่วนมากทำด้วยโพลีเอสเตอร์พลาสติก (Polyester Plastic) วัสดุชนิดนี้จะทำหน้าที่ในการป้องกันอาร์ค ความร้อนและแก๊สได้เป็นฉนวนและเป็นที่กั้นภายในระหว่างขั้วไฟฟ้ามีความแข็งแรงทางกล

- MCCB อาจแบ่งตามการใช้งานได้เป็น
- MCCB ขนาดเล็ก (Miniature Circuit Breaker: MCB)
- MCCBขนาดมาตรฐาน (Standard CB)
- MCCB แบบ IC สูง (High Interruting Capacity Circuit Breaker)
- MCCB แบบจำกัดกระแสลัดวงจร (Current Limiting Circuit Breaker)

(2) ACB เป็น CB แรงดันต่ำชนิดหนึ่ง ที่ใช้อากาศเป็นตัวดับอาร์คACB เป็น CB ขนาดใหญ่ มีกระแสต่อเนื่องสูง คืออาจมีตั้งแต่ 600A ถึง 6300A ACB สามารถแบ่งตามชนิดการติดตั้งได้ 2 ชนิด คือ

- แบบติดตั้งอยู่กับที่ (Fixed Type)
- แบบดึงออกได้ (Drawout Type)

2.1.7.3 แผงย่อย (Panelboards)

แผงย่อย คือ บริภัณฑ์ไฟฟ้าที่รับไฟจากสายป้อนหรือสายประธาน แล้วจัดการแยกไฟฟ้าที่ได้รับออกเป็นวงจรย่อยหลายวงจรย่อยเพื่อจ่ายไฟฟ้าให้โหลดต่อไป

(1) แผงย่อยสำหรับที่อยู่อาศัย (Consumer Units) ส่วนใหญ่ใช้กับไฟ 1 เฟส 2 สาย มีวงจรย่อยหลายขนาด ได้แก่ ขนาด 4, 6, 8, 12, 16 วงจรย่อย ตัวเซอร์กิตเบรกเกอร์ หรือ Main CB ที่อยู่ใน Consumer Unit จะมีขนาดของ AT ให้เลือกดังนี้ คือ 16, 20, 32, 45, 63, 70, 80 และ 100 A มีขนาดของ AF คือ 100 A Main CB

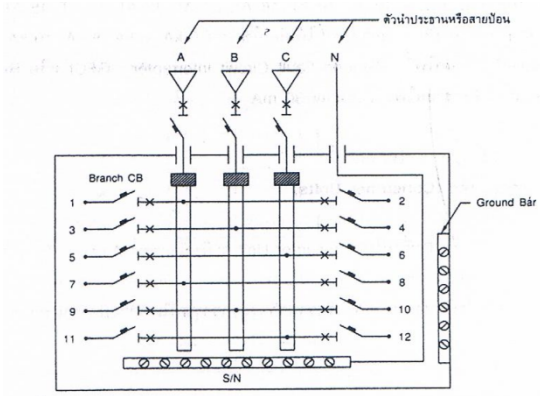
(2) แผงย่อยที่ใช้สำหรับงานทั่วๆไป (Panelboards) นิยมเรียกว่า Load Centers เนื่องจากว่าเป็นศูนย์กลางของโหลดต่างๆ Load Centers ที่ใช้กับไฟ 1 เฟส 2 สาย จะมีลักษณะคล้าย Consumer Unit แต่โดยส่วนใหญ่แล้ว Load Centers จะใช้กับไฟ 3 เฟส 4 สาย มากกว่า มีจำนวนวงจรย่อยให้เลือกหลายขนาด 12, 18, 24, 30, 36, 42 วงจร Load Centers ที่ใช้งานทั่วไปจะแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

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

2) Load Center แบบ Main Circuit Breaker แผงย่อยแบบนี้จะมี Main CB อยู่ภายในเครื่องห่อหุ้ม การเลือกแผงย่อยชนิดนี้จะต้องดูพิกัดของ Main CB คือ AT และ AF สำหรับ AT มีค่าต่างๆคือ 15A, 20A, 30A, 40A, 50A, 60A, 70A, 90A, 100A,125A, 150A, 175A, 200A ,225A และมี AF ที่ใช้งานทั่วไปคือ 100A และ 225A ค่า IC ของ Main CB มีให้เลือกใช้หลายค่า เช่น 18kA, 25kA, 35kA และ 65 kA จำนวนวงจรย่อยของ Load Center จะมีให้เลือกใช้ตั้งแต่ 12, 18, 24, 30, 36 จนถึง 42 วงจร

2.1.7.4 ส่วนประกอบของแผงย่อย

ลักษณะโครงสร้างของแผงย่อย มีส่วนประกอบต่างๆ ที่สำคัญดังรูป



รูปที่ 2.18 โครงสร้างและส่วนประกอบต่างๆ ของแผงย่อยแบบ Main Lugs

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

จากโครงสร้างภายในแผงย่อยตามรูป สามารถอธิบายส่วนประกอบต่างๆ ได้ดังนี้

(1) เครื่องห่อหุ้ม (Enclosures) เป็นกล่องที่ใช้เป็นเครื่องป้องกันการกระทบกระเทือนจากภายนอก ส่วนใหญ่ทำจากวัสดุโลหะหรือพลาสติกแข็ง

(2) บัสบาร์และฉนวน บัสบาร์คือส่วนที่จะทำหน้าที่เชื่อมต่อทางไฟฟ้าระหว่างสายประธานและสายป้อน บัสบาร์ส่วนมากทำจากทองแดงที่มีความบริสุทธิ์สูงมาก เนื่องจากต้องนำกระแสปริมาณมากๆเสมอ และเพื่อความปลอดภัยต้องหุ้มฉนวนที่ขั้วต่อทางไฟฟ้าด้วยเสมอ การยึดบัสบาร์ก็มีความสำคัญมากเช่นกัน ต้องมีความแข็งแรงพอโดยผ่าน Insulator

(3) เซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit Breaker) เซอร์กิตเบรกเกอร์ที่อยู่ในแผงสวิตช์จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ๆคือ

1) เซอร์กิตเบรกเกอร์สำหรับสายป้อน (Feeder circuit Breaker) คือ เซอร์กิตเบรกเกอร์ที่มีหน้าที่ป้องกันสายป้อนต่างๆ

2) เซอร์กิตเบรกเกอร์สำหรับวงจรประธาน (Mail Circuit Breaker) คือ เซอร์กิตเบรกเกอร์ซึ่งทำหน้าที่ป้องกันสายประธาน

CB ทั้งหมดจะต้องมีพิกัดการตัดกระแสลัดวงจร (Interrupting Capacity) เพียงพอสำหรับกระแสลัดวงจรที่แผงสวิตช์

(4) แผงสวิตช์ (Switchboards) หมายถึง แผงจ่ายไฟขนาดใหญ่ที่รับไฟฟ้าหรือจากด้านแรงดันต่ำของหม้อแปลงเพื่อไปจ่ายโหลดต่างๆเช่น แผงย่อย (Panelboard) MCC เป็นต้น บางครั้งเรียกว่า Main Distribution Board (MDB) หรือ Main Distribution Panel (MDP)

รูปที่ 2.19 ลักษณะภายนอกของแผงสวิตช์
ที่มา: http://www.ksv.ac.th/tb/cai/science2007/chap7_1.htm

แผงสวิตช์มีส่วนประกอบสำคัญดังนี้คือ

(5) โครงห่อหุ้ม (Enclosure) โครงห่อหุ้มมักจะทำมาจากแผ่นโลหะ (Steel Sheet) ซึ่งมักจะต้องมีการปรับปรุงคุณสมบัติต่างๆมาเรียบร้อยแล้ว

1) คุณสมบัติของโครงห่อหุ้มที่สำคัญคือ

1.1 คุณสมบัติทางกล จะต้องสามารถรับแรงจากภายนอกได้เพียงพอต่อสภาพการใช้งานจริงตลอดจนทนต่อสภาพการใช้งานในภาวะไม่ปกติได้

1.2 คุณสมบัติทางความร้อน จะต้องทนกับความร้อนที่อาจเกิดขึ้นได้ทั้งที่เกิดจากสภาพแวดล้อม ตลอดจนความร้อนจากอาร์คที่เกิดจากการลัดวงจร

1.3 คุณสมบัติต่อการกัดกร่อน เช่น การกัดกร่อนทางเคมีหรือความชื้น เป็นต้น

2.1.8 การต่อลงดิน

การต่อลงดินมีจุดประสงค์เพื่อลดอันตรายที่จะเกิดต่อบุคคล และลดความเสียหายที่อาจเกิดกับอุปกรณ์ไฟฟ้าและระบบไฟฟ้า

2.1.8.1 การต่อลงดินมีหน้าที่หลัก 2 ประการ คือ

(1) เมื่อเกิดแรงดันเกินจะจำกัดแรงดันไฟฟ้าของวงจรไม่ให้สูงจนอาจทำให้อุปกรณ์ไฟฟ้าเสียหายและลดแรงดันไฟฟ้าที่อาจเกิดขึ้นที่อุปกรณ์ไฟฟ้าหรือส่วนประกอบ เนื่องจากการรั่วหรือการเหนี่ยวนำเพื่อลดอันตรายต่อบุคคลที่อาจไปสัมผัส

(2) เมื่อเกิดกระแสไฟฟ้ารั่วลงดินจะช่วยลดความเสียหายของเครื่องอุปกรณ์ไฟฟ้า หรือระบบไฟฟ้าการต่อลงดินที่ถูกต้องจะช่วยให้เครื่องป้องกันทำงานได้ตามที่ออกแบบไว้

2.1.8.2 ชนิดการต่อลงดินและส่วนประกอบต่างๆ

การต่อลงดินสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ

(1) การต่อลงดินของระบบไฟฟ้า (System Grounding)

(2) การต่อลงดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า (Equipment Grounding)

2.1.8.3 การต่อลงดินมีส่วนประกอบที่สำคัญคือ

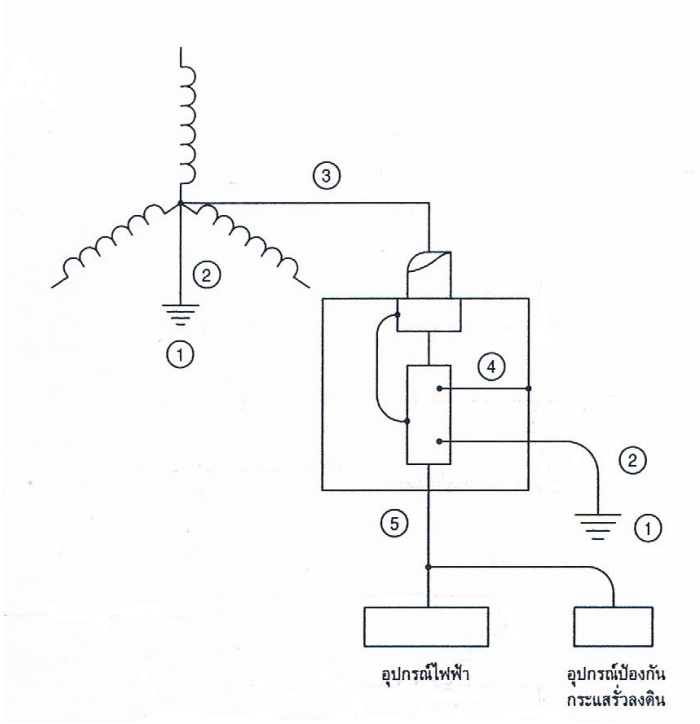
(1) หลักดิน หรือ ระบบหลักดิน (Grounding Electrode or Grounding Electrode System)

(2) สายต่อหลักดิน (Grounding Electrode Conductor)

(3) สายที่มีการต่อลงดิน(Grounded Conductor)

(4) สายต่อฝากหลัก(Main Bonding Jumper)

(5) สายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า (Equipment Grounding Conductor)



รูปที่ 2.20 ส่วนประกอบต่างๆ ของระบบการต่อลงดิน
ที่มา: http://www.ksv.ac.th/tb/cai/science2007/chap7_1.htm

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

(1) จุดประสงค์ของการต่อลงดินของระบบไฟฟ้ามีดังต่อไปนี้ คือ

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

2) เพื่อให้ค่าแรงดันเทียบกับดินขณะระบบทำงานปกติมีค่าอยู่ตัว

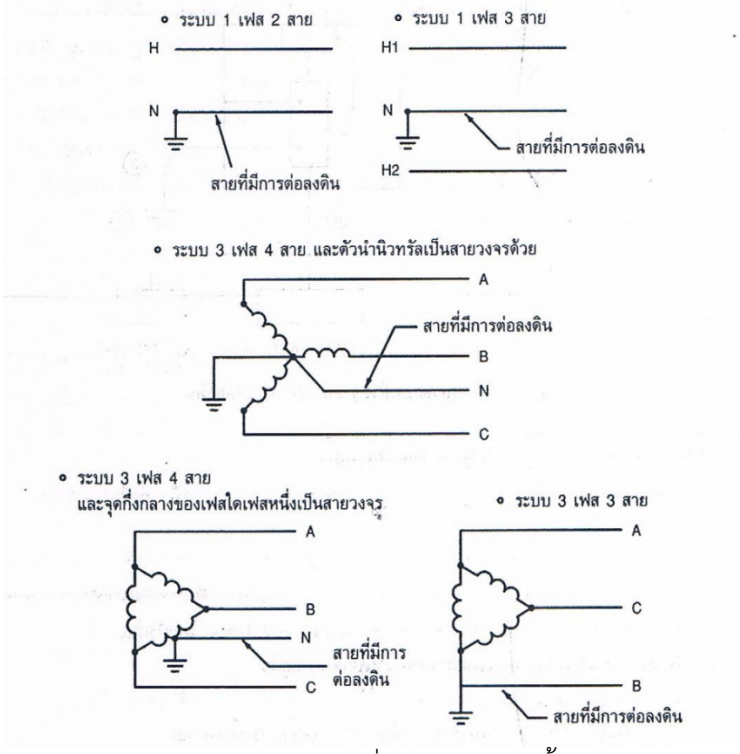
3) เพื่อช่วยให้อุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินทำงานได้รวดเร็วขึ้น เมื่อเกิดการลัดวงจรลงดิน

2.1.8.5 การต่อลงดินของระบบไฟฟ้ากระแสสลับ (AC System Grounding) การต่อลงดินของระบบไฟฟ้ากระแสสลับอาจแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่

(1) การต่อลงดินของระบบไฟฟ้ากระแสสลับที่มีระดับแรงดันต่ำกว่า 50 V (NEC) จะต้องทำการต่อลงดินเมื่อ

- แรงดันที่ได้รับไฟจากหม้อแปลง ซึ่งมีแหล่งจ่ายไฟแรงดันเกิน 150 V
- หม้อแปลงได้รับจากไฟแหล่งจ่ายไฟ ที่ไม่มีการต่อลงดิน (Ungrounded System)

(2) การต่อลงดินของระบบไฟฟ้ากระแสสลับที่มีระดับแรงดันตั้งแต่ 50 – 1000 V การต่อลงดินของระบบไฟฟ้าแบบนี้ มีลักษณะดังรูปที่ 2.21 ซึ่งเป็นตัวอย่างการต่อลงดินของระบบไฟฟ้า ชนิด 1 เฟส 3 สาย, 3 เฟส 3 สาย, และ 3 เฟส 4 สาย

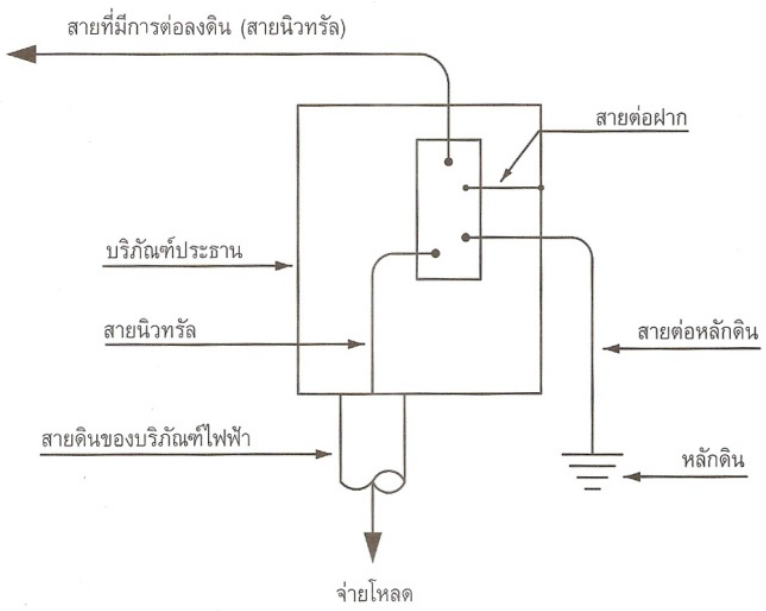


รูปที่ 2.21 การต่อลงดินของระบบไฟฟ้ากระแสสลับที่มีระดับแรงดันตั้งแต่ 50 V – 1 kV
ที่มา: http://www.ksv.ac.th/tb/cai/science2007/chap7_1.htm

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

2.1.9 สายต่อหลักดิน (Grounding Electrode Conductor) หมายถึง ตัวนำที่ใช้ต่อระหว่างหลักดินกับส่วนทั้งสามต่อไปนี้คือ

1. สายที่มีการต่อลงดิน (Grounded Conductor)
2. สายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า (Equipment Grounding Conductor)
3. สายต่อฝากที่บริภัณฑ์ไฟฟ้า (Equipment Grounding Jumper) ดังแสดงในรูปที่ 2.22



รูปที่ 2.22 สายต่อหลักดิน

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

2.1.9.1 ชนิดของสายต่อหลักดิน

สายต่อหลักดินต้องมีคุณสมบัติดังนี้

(1) เป็นตัวนำทองแดง ตัวนำเดี่ยว หรือตีเกลียวหุ้มฉนวน

(2) ต้องมีฉนวนหุ้ม

(3) ต้องเป็นสายเส้นเดียวยาวต่อเนื่องตลอด ไม่มีการตัดต่อ แต่ถ้าเป็นบัสบาร์อนุญาตให้มีการต่อได้

2.1.9.2 การติดตั้งและป้องกัน (NEC)

การติดตั้งสายท่อหลักดินต้องมีการป้องกันทางกายภาพดังนี้

(1) ถ้าสายต่อหลักดินไม่ได้เดินในสิ่งห่อหุ้ม จะต้องเดินสายให้ยึดติดกับพื้นผิว

(2) ถ้าสายต่อหลักดินเดินในสิ่งห่อหุ้ม จะต้องยึดสิ่งห่อหุ้มนั้นติดกับพื้นผิวท่อสายที่ใช้สำหรับป้องกันทางกายภาพได้แก่ ท่อ RMC, IMC, PVC, EMT หรือ เกราะสายเคเบิล

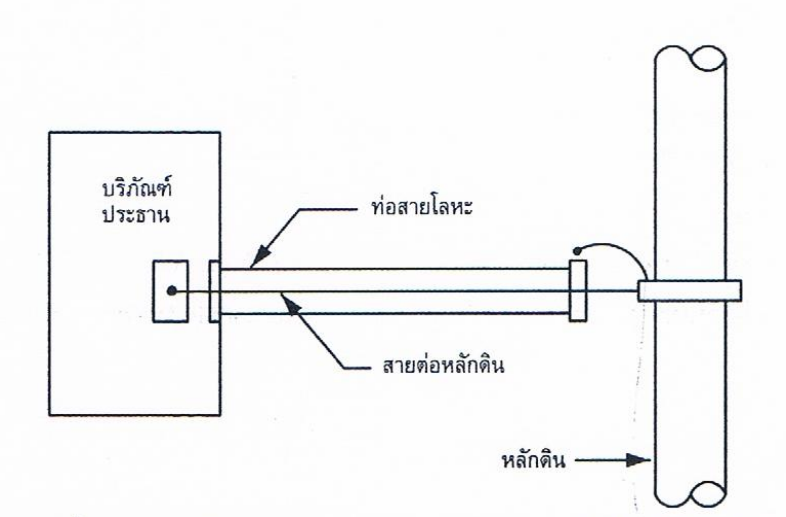
2.1.9.3 การป้องกันสายดินจากสนามแม่เหล็ก

เมื่อใช้สิ่งห่อหุ้มสายต่อหลักดินแล้ว เพื่อป้องกันสายดินจากสนามแม่เหล็กต้องคำนึงถึง ดังนี้

(1) ต้องมีความต่อเนื่องทางไฟฟ้าจากบริภัณฑ์ไฟฟ้าไปยังหลักดิน

(2) สิ่งห่อหุ้มต้องยึดติดกับระบบหลักดิน ดังแสดงในรูปที่ 2.22

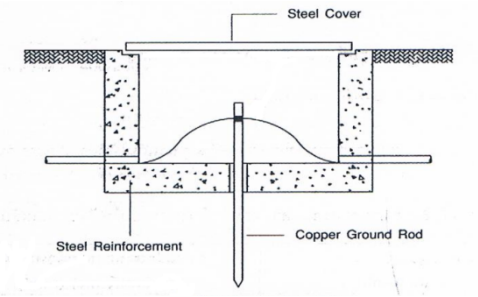
(3) ถ้าสายต่อหลักดินไม่ได้มีสิ่งห่อหุ้มตลอดความยาวปลายทั้งสองของสิ่งห่อหุ้มจะต้องต่อเชื่อมเข้ากับสายต่อหลักดิน ทั้งนี้เพื่อป้องกันการเกิดความร้อนมากเกินไปขณะเกิดการลัดวงจรลงดิน



รูปที่ 2.23 การต่อท่อสาย (Raceway) และสายต่อหลักดินเข้ากับหลักดิน
ที่มา: http://www.ksv.ac.th/tb/cai/science2007/chap7_1.htm

2.1.9.4 การต่อสายหลักดินเข้ากับหลักดิน

สายต่อหลักดินจะต้องไม่มีการการตัดต่อใดๆ ทั้งสิ้น โดยทั่วไปการต่อสายหลักดินเข้ากับหลักดินนั้น จะต้องเป็นการต่อที่เข้าถึงได้ และเป็นการต่อลงดินที่ใช้ได้ผลดี แต่ถ้าระบบหลักดินเป็นแบบฝังใต้ดิน การต่อก็ไม่จำเป็นต้องเป็นแบบเข้าถึงได้เช่น ระบบหลักดินที่ตอกลึกเข้าไปในดิน และระบบหลักดินที่ฝังตัวอยู่ในคอนกรีต เป็นต้น เพื่อการวัดความต้านทานดิน และบำรุงรักษา ควรต่อหลักดินเข้ากับ Grounding Pit ดังแสดงในรูปที่ 2.23



รูปที่ 2.24 Grounding Pit
ที่มา:http://www.ksv.ac.th/tb/cai/science2007/chap7_1.ht

2.1.9.5 การต่อสายต่อหลักดินเข้ากับหลักดินอาจทำได้โดย

(1) การเชื่อมติดด้วยความร้อน (Exothermic Welding)

(2) หูสาย หัวต่อแบบบีบอัด

(3) ประกับต่อสาย

(4) สิ่งอื่นที่ระบุให้ใช้เพื่อการนี้

(5) ห้ามต่อโดยใช้การบัดกรีเป็นหลัก

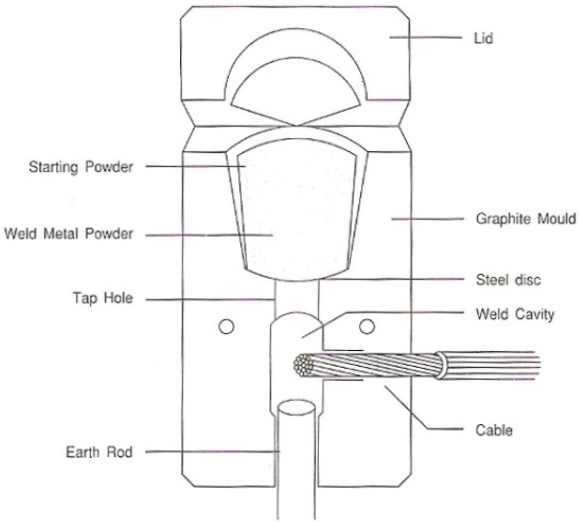
2.1.9.6 ชนิดของสายต่อหลักดินต้องมีคุณสมบัติดังนี้

(1) เป็นตัวนำทองแดงเดี่ยวหรือตีเกลียว

(2) ต้องหุ้มฉนวน

(3) ต้องเป็นสายเดียวยาวตลอดไม่มีการตัดต่อ แต่ถ้าเป็นบัสบาร์อนุญาตให้มีการต่อได้

(4) การต่อสายต่อหลักดินเข้ากับหลักดิน วิธีที่ดีที่สุด คือวิธี Exothermic Welding ดังแสดงในรูปที่ 2.1.22



รูปที่ 2.25 Exothermic Welding

2.1.9.7 ขนาดสายต่อหลักดินของระบบไฟฟ้ากระแสสลับ

การเลือกขนาดสายต่อหลักดินของระบบไฟฟ้ากระแสสลับ จะใช้ตามตารางที่ 2.25 เป็นเกณฑ์ โดยเลือกตามขนาดสายประธานของระบบ สายประธานของแต่ละเฟสที่ต่อขนานกันให้คิดขนาดรวมกัน แล้วนำมาหาขนาดสายต่อหลักดิน

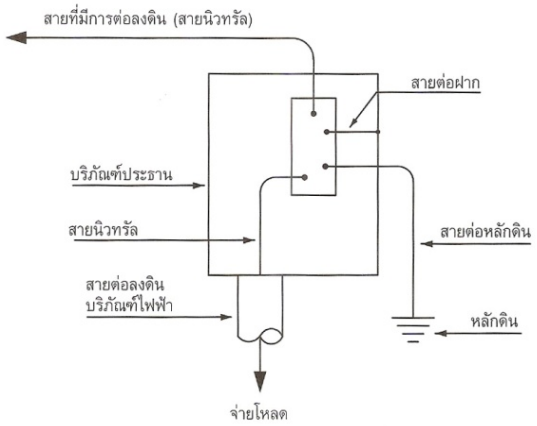
ตารางที่ 2.4 ขนาดต่ำสุดของสายต่อหลักดินของระบบไฟฟ้ากระแสสลับ

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

หมายเหตุ - แนะนำให้ติดตั้งในท่อโลหะหนา ท่อโลหะหนาปานกลาง ท่อโลหะบาง หรือท่ออโลหะ

2.1.9.8 สายที่มีการต่อลงดิน (Grounded Conductor)

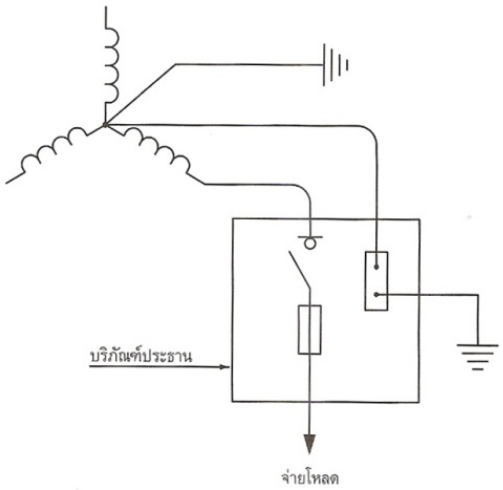
สายที่มีการต่อลงดิน (Grounded Conductor) คือ สายของวงจรไฟฟ้าที่มีส่วนหนึ่งส่วนใดต่อถึงดินอย่างจงใจในกรณีที่เกิดกระแสลัดวงจรลงดินสายที่มีการต่อลงดินจะทำหน้าที่เป็นสายดินของอุปกรณ์ด้วย เพื่อนำกระแสลัดวงจรกลับไปยังแหล่งจ่ายไฟ ในระบบไฟฟ้าโดยทั่วไป สายที่มีการต่อลงดินคือ สายนิวทรัล แต่ไม่จำเป็นต้องเป็นสายนิวทรัลเสมอไป ดังแสดงในรูปที่ 2.23



รูปที่ 2.26 สายที่มีการต่อลงดิน (สายนิวทรัล)

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

สำหรับระบบไฟฟ้ากระแสสลับที่มีแรงดันไม่น้อยกว่า 1 kV และเป็นระบบที่มีการต่อลงดินจะต้องเดินสายที่มีการต่อลงดินจากหม้อแปลงมายังบริภัณฑ์ประธานเสมอ ดังแสดงในรูปที่รูปที่ 2.26



รูปที่ 2.27 หม้อแปลงที่มีการต่อลงดินต้องเดินสายที่มีการต่อลงดินมายังบริภัณฑ์ประธานด้วย
ที่มา: http://www.ksv.ac.th/tb/cai/science2007/chap7_1.htm

2.1.9.9 ขนาดสายที่มีการต่อลงดิน

สายที่มีการต่อลงดินที่เดินจากหม้อแปลงมายังบริภัณฑ์ประธานต้องมีขนาดดังนี้

(1) ถ้าสายที่มีการต่อลงดินใช้เป็นสายดินอย่างเดียว ไม่ได้ใช้เป็นสายของวงจร (สายนิวทรัล) ให้คิดขนาดสายตามตารางที่ ที่ 2.4 และ ถ้าขนาดสายประธานของแต่ละเฟสรวมกันมากกว่า 500 mm^2สายที่มีการต่อลงดินให้ใช้ 12.5% ของสายประธาน

(2) ถ้าสายที่มีการต่อลงดินนี้ใช้เป็นสายของวงจร (สายนิวทรัล) ให้คิดขนาดสายตามวิธีการเลือกสายนิวทรัล

2.1.9.10 การต่อลงดินของเครื่องบริภัณฑ์ไฟฟ้า (Equipment Grounding) หมายถึง การต่อส่วนที่ไม่มีกระแสไหลผ่านของสถานประกอบการให้ถึงกันตลอด แล้วต่อลงดิน

การต่อลงดินของเครื่องบริภัณฑ์ไฟฟ้า มีจุดประสงค์ ดังนี้ คือ

(1) เพื่อให้ส่วนโลหะที่ต่อถึงกันตลอดมีศักดาไฟฟ้าเท่ากับดิน

(2) เพื่อให้อุปกรณ์ป้องกันสามารถทำงานได้รวดเร็วขึ้น

(3) เป็นทางผ่านให้กระแสรั่วไหล และกระแสเนื่องจากไฟฟ้าสถิตลงดิน

2.1.9.11ประเภทของบริภัณฑ์ไฟฟ้าที่จะต้องต่อลงดินมีดังต่อไปนี้

(1) เครื่องห่อหุ้มที่เป็นโลหะของสายไฟฟ้าแผงบริภัณฑ์ประธานและโครงของตู้

(2) สิ่งกั้นที่เป็นโลหะ รวมถึงเครื่องห่อหุ้มของบริภัณฑ์ไฟฟ้าในระบบแรงสูง

(3) เครื่องบริภัณฑ์ไฟฟ้าที่ยึดติดอยู่กับที่และชนิดที่มีการเดินสายถาวรส่วนที่เป็นโลหะเปิดโล่งซึ่งปกติไม่มีไฟฟ้า แต่อาจมีไฟฟ้ารั่วถึงได้ ต้องต่อลงดินถ้ามีสภาพตามข้อใดข้อหนึ่งต่อไปนี้

1) อยู่ห่างจากพื้น หรือต่อลงดินไม่เกิน 8 ฟุต (2.4 m) ในแนวตั้ง หรือฟุต (1.5m) ในแนวนอนและบุคคลอาจสัมผัสได้

2) สัมผัสทางไฟฟ้ากับโลหะอื่นๆ

3) อยู่ในสภาพที่เปียกชื้นและไม่มีการแยกให้อยู่ต่างหาก

(4) เครื่องบริภัณฑ์ไฟฟ้าสำหรับยึดติดกับที่ต่อไปนี้เช่น โครงของแผงสวิตช์ โครงของมอเตอร์ชนิดยึดติดอยู่กับที่ เครื่องบริภัณฑ์ไฟฟ้าของลิฟต์ เครื่องฉายภาพยนตร์ เครื่องสูบน้ำ ต้องต่อส่วนที่เป็นโลหะเปิดโล่ง และปกติไม่มีกระแสไฟฟ้าลงดิน

(5) เครื่องบริภัณฑ์ไฟฟ้าชนิดเต้าเสียบ ส่วนที่เป็นโลหะเปิดโล่งของเครื่องบริภัณฑ์ต้องต่อโลหะส่วนที่เปิดโล่งลงดิน เมื่อมีสภาพตามข้อใดข้อหนึ่งดังนี้

1) แรงดันเทียบกับดินเกิน 150 Vยกเว้นมีการป้องกันอย่างอื่น

2) เครื่องใช้ไฟฟ้าทั้งที่ใช้ในที่อยู่อาศัย และที่อื่นเช่นตู้เย็น เครื่องซักผ้า ฯลฯ

2.1.9.12 สายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้าหมายถึง ตัวนำที่ใช้ต่อส่วนโลหะ ที่ไม่นำกระแสของบริภัณฑ์เข้ากับตัวนำที่มีการต่อลงดินการต่อลงดินจะได้ผลดีก็ต่อเมื่อ

(1) ส่วนโลหะทั้งหมดจะต้องต่อถึงกันตลอด

(2) มีอิมพีแดนซ์ต่ำ เพื่อให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านสะดวก

(3) ทนต่อกระแสที่มีค่าสูงได้

ชนิดของสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า ที่เดินร่วมไปกับสายของวงจร จะต้องเป็นดังนี้

(1) ตัวนำทองแดงจะหุ้มฉนวนหรือไม่ก็ได้

(2) เปลือกโลหะของสายเคเบิลชนิด AC, MI และ MC

(3) บัสเวย์ที่ได้ระบุให้ใช้แทนสายสำหรับต่อลงดิน

2.1.9.13 ขนาดสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า

การหาขนาดสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้าทำตามข้อต่างๆ ต่อไปนี้

(1) เลือกขนาดสายดินตามขนาดของเครื่องป้องกันกระแสเกินตามตารางที่ 2.5

(2) เมื่อให้เดินสายควบ ถ้ามีสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้าให้เดินขนานกันไปในแต่ละท่อสาย และขนาดสายดินคิดตามพิกัดของเครื่องป้องกันกระแสเกิน

(3) เมื่อมีวงจรมากกว่าหนึ่งวงจรเดินในท่อสาย อาจใช้สายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้าร่วมกันได้และให้คำนวณขนาดสายดินตามพิกัดของเครื่องป้องกันกระแสเกินตัวโตที่สุด

(4) สายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า ไม่จำเป็นต้องโตกว่าสายเฟส

ตารางที่ 2.5 ขนาดต่ำสุดของสายดินของบริภัณฑ์

พิกัดหรือขนาดปรับตั้งของเครื่องป้องกันกระแส ไม่เกิน (A)	**ขนาดต่ำสุดของสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า (ตัวนำทองแดง) (mm^2)**
20	2.5*
40	4*
70	6*
100	10
200	16
400	25
500	35
800	50
1000	70
1250	95
2000	120
2500	185
4000	240
6000	400

2.1.10 วงจรย่อย

วงจรย่อย คือ ส่วนของวงจรไฟฟ้า ที่ต่อมาจากบริภัณฑ์ป้องกันตัวสุดท้ายกับจุดต่อโหลดโดยที่บริภัณฑ์ป้องกันนี้มีหน้าที่ป้องกันสายวงจรเท่านั้น

2.1.10.1 วงจรย่อยอาจแบ่งตามลักษณะการจ่ายโหลดได้คือ

(1) วงจรย่อยแสงสว่างหรือบริภัณฑ์ไฟฟ้า (Lighting or Appliance Branch Circuit)

(2) วงจรย่อยมอเตอร์ (Motor Branch Circuit)

สำหรับในนี้จะขอกล่าวถึงเฉพาะวงจรย่อยแสงสว่างหรือบริภัณฑ์ไฟฟ้าเท่านั้น วงจรย่อยแสงสว่างหรือบริภัณฑ์ไฟฟ้า(Lighting or Appliance Branch Circuit) แบ่งได้ 4 แบบ

1. วงจรย่อยแสงสว่าง (Lighting Branch Circuit)
2. วงจรเต้ารับ (Receptacle Branch Circuit)
3. วงจรย่อยแสงสว่างและเต้ารับ (Lighting and Receptacle Branch Circuit)
4. วงจรย่อยเฉพาะ (Individual Branch Circuit)

2.1.11 การคำนวณโหลดวงจรย่อย

วงจรย่อยต้องมีขนาดไม่น้อยกว่าผลรวมของโหลดที่มีอยู่ทั้งหมด ดังนั้น

โดยที่ $L_{BC} = \sum L$

L_{BC} = โหลดวงจรย่อย (A,VA)

$\sum L$ = ผลรวมโหลด (A,VA)

ขนาดตัวนำวงจรย่อย ตัวนำของวงจรย่อยต้องมีขนาดกระแสไม่น้อยกว่าโหลดสูงสุดที่คำนวณได้ และต้องไม่น้อยกว่าพิกัดของเครื่องป้องกันกระแสเกิน ขนาดไม่เล็กกว่า 2.5 mm^2 สำหรับวงจรย่อยเต้ารับควรเพิ่มขนาดตัวนำขึ้นไปอีกหนึ่งค่า จากขนาดตัวนำปกติที่เราคำนวณได้เพื่อเป็นการรองรับโหลดที่ไม่ทราบแน่นอน

การป้องกันกระแสเกิน วงจรย่อยต้องมีการป้องกันกระแสเกิน และขนาดของเครื่องป้องกันกระแสเกินต้องสอดคล้องกับโหลดสูงสุดที่คำนวณได้

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

ขนาดพิกัดของ CB ที่นิยมใช้คือ 15(16) A, 20A, 25A, 30(32) A, 40A, 50A, และ 63A ในการออกแบบวงจรย่อยที่ดีนั้นจะต้องไม่ใช้เต็มพิกัดวงจรย่อย โดยจะต้องเผื่อสำหรับโหลดที่ใช้ต่อเนื่องเป็นเวลานานในการขยายโหลดในอนาคตโดยทั่วไปจะใช้เพียง 60 -80% ของพิกัดวงจรย่อย

ตารางที่ 2.6 ขนาดตัวนำและเครื่องป้องกันกระแสเกินของวงจรย่อย

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

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

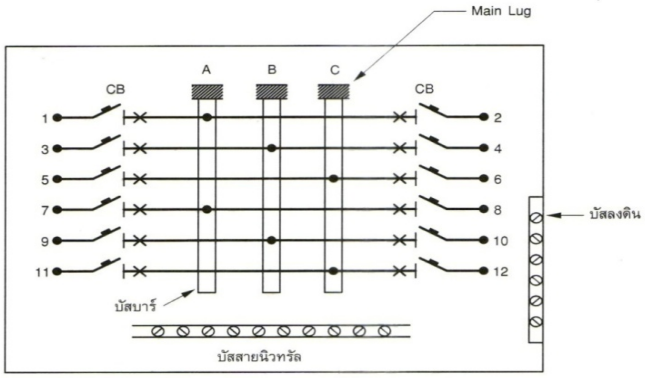
การออกแบบวงจรย่อยเต้ารับ โหลดเต้ารับทั่วไปที่ไม่ทราบแน่นอนคิดเป็น 180 VA ทั้งแบบ Single, Duplex, และ Triplex แต่เพื่อความสะดวกในการคำนวณอาจใช้ 200 VA ได้เต้ารับที่ใช้จะต้องเป็นแบบที่มีขั้วสายดิน และต้องต่อลงดิน

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

ในการเลือกใช้แผงย่อยนั้นเริ่มพิจารณาจากจำนวนวงจรย่อยที่ต้องการใช้ โดยในกรณีไฟฟ้า 3 เฟส 4 สาย จะมีจำนวนวงจรย่อยเป็นมาตรฐานคือ 12, 18, 24, 30, 36, และ 42 วงจร จากนั้นจึงเลือกบัสบาร์ โดยจะต้องเลือกขนาดของบัสบาร์ให้มีขนาดเพียงพอกับความต้องการไฟฟ้าของวงจรย่อยทุกวงจรรวมกันและให้พิกัดของบัสบาร์ที่ติดตั้งอยู่ภายในแผงย่อยต้องมีค่าไม่น้อยกว่าขนาดพิกัดสายป้อน ที่จะจ่ายไฟมายังแผงย่อยนั้นโดยทั่วไปบัสบาร์จะมีขนาดพิกัด 100 Aและ200 A

แผงย่อยจะต้องมีการป้องกันกระแสเกินเป็นการเฉพาะทางด้านไฟเข้าโดยใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ หรือฟิวส์ไม่เกิน 2 ชุด และพิกัดรวมต้องไม่เกินพิกัดของแผงย่อยนั้น

การให้ชื่อของวงจรย่อยในแผงย่อยนั้น จะเรียงตามลำดับเฟส และเลขลำดับวงจรย่อยจากซ้ายไปขวา และจากบนลงล่าง ดังแสดงในรูป 2.28 จะสังเกตเห็นว่าทางด้านซ้ายมือจะเป็นเลขคี่ ส่วนทางขวามือจะเป็นเลขคู่



รูปที่ 2.28 แผงย่อยขนาด 12 วงจร

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

2.1.11.1 หลักการทั่วไปในการเลือกใช้ และการออกแบบแผงย่อยมีดังนี้

(1) แผงย่อยหนึ่งๆ จะมีวงจรย่อยได้ไม่เกิน 42 วงจรย่อย

(2) ระยะทางวงจรย่อยจากแผงย่อยไปจนถึงจุดจ่ายไฟจุดสุดท้ายควรยาวไม่เกิน50 m

(3) แผงย่อยจะต้องติดตั้งในบริเวณที่สามารถเข้าถึงได้ง่าย โดยติดตั้งสูงไม่เกิน 1.8 m และไม่มีอะไรมาขวาง สามารถเข้าไปทำงานได้ง่าย

(4) แผงย่อย ควรจะติดตั้งในบริเวณศูนย์กลางของการใช้ไฟฟ้า เพื่อให้สามารถจ่ายไฟฟ้า ไฟยังจุดต่างๆ โดยมีแรงดันตกน้อยที่สุด

(5) แผงย่อย ควรจะติดตั้งให้อยู่ในแนวของสายป้อน เพื่อให้สายป้อนมีระยะสั้นที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ และให้มีการโค้งงอน้อยที่สุด

(6) ค่าพิกัดของแผงย่อยอจะต้องมีค่าไม่น้อยกว่าค่าพิกัดของสายป้อน

(7) ในแต่ละชั้นของอาคารควรจะมีแผงย่อย อย่างน้อย 1 แผง

(8) แผงย่อย จะต้องมีบริภัณฑ์ป้องกันหลัก (Main Protection)

2.1.11.2 จำนวนวงจรย่อยที่ใช้ในแผงย่อย

จำนวนวงจรย่อยที่มีในแผงย่อยขึ้นอยู่กับขนาดของแผงย่อยสำหรับระบบไฟฟ้า 3 เฟส 4 สาย 400/230V หรือ 380/220Vวงจรย่อยที่ใช้ในแผงย่อย แบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ

(1) วงจรย่อยใช้งาน (Active Branch Circuit) คือ วงจรย่อยที่จ่ายโหลดจริงๆ จึงมีทั้งเซอร์กิตเบรกเกอร์และสายวงจรย่อย

(2) วงจรย่อยสำรอง (Spare Branch Circuit) คือ วงจรย่อยที่คาดว่าจะใช้ในอนาคต จะมีเฉพาะเซอร์กิตเบรกเกอร์ แต่ไม่มีสายวงจรย่อย

(3) วงจรย่อยว่าง (Space Branch Circuit) คือ ช่องว่างที่จะใส่เซอร์กิตเบรกเกอร์ในอนาคตในการออกแบบนั้นควรใช้วงจรย่อยปริมาณหนึ่งเป็นวงจรใช้งาน ส่วนที่เหลือนั้นใช้งานเป็นวงจรย่อยสำรอง และวงจรย่อยว่าง เพื่อเผื่อโหลดที่จะเกิดขึ้นในอนาคต โดยทั่วไปจะใช้วงจรย่อยดังต่อไปนี้

Active Branch Circuit	60 – 80%	ของวงจรย่อยในแผงย่อย
Spare Branch Circuit	10 – 20%	ของวงจรย่อยในแผงย่อย
Space Branch Circuit	10 – 20%	ของวงจรย่อยในแผงย่อย

ข้อแนะนำในการออกแบบวงจรย่อย

การจัดวงจรย่อย เพื่อจ่ายโหลดชนิดต่างๆ นั้น ควรให้วงจรย่อยจ่ายโหลดประเภทต่างๆ แยกกัน เช่นวงจรย่อยจ่ายโหลดแสงสว่าง วงจรย่อยบริภัณฑ์ไฟฟ้าอยู่กับที่ และวงจรย่อยเต้ารับ โดยวงจรย่อยบริภัณฑ์ไฟฟ้าอยู่กับที่ควรจัดเป็นวงจรย่อยเฉพาะ

การออกแบบที่ดีนั้น ควรจะมีการเผื่อโหลดในอนาคต ดังนั้นสำหรับวงจรย่อยแสงสว่าง และวงจรย่อยเต้ารับทั่วไป เพื่อเป็นการเผื่อโหลด ควรจะใช้โหลดวงจรย่อยไม่เกิน 60% ในกรณีโหลดต่อเนื่อง ซึ่งจะมีการเผื่อโหลดไว้ 20% แต่สำหรับวงจรย่อยเฉพาะอาจมีการเผื่อไว้น้อยกว่านี้เนื่องจากการต่อโหลดเพิ่มสำหรับวงจรประเภทนี้มีน้อย

การพิจารณาโหลดต่อเนื่อง หรือไม่ต่อเนื่อง บางครั้งไม่สามารถทราบได้ ดังนั้นเมื่อไม่มีข้อมูลเพียงพอ การออกแบบที่ดีควรถือว่าเป็นโหลดต่อเนื่อง ซึ่งจะเป็นการเผื่อโหลดในอนาคตด้วย

การไฟฟ้าฯกำหนดให้สายไฟ 2.5 mm^2เป็นขนาดที่เล็กที่สุด ซึ่งมีพิกัดกระแส 18A ซึ่งจะใช้ได้กับวงจรย่อยขนาด 5 A, 10 A, 15 A, แต่เพื่อเป็นการจ่ายโหลดให้ได้มากที่สุดและคุ้มค่าควรใช้วงจรย่อยขนาด 15 A โหลดเต้ารับทั่วไปคิดเป็น 180 VA เพื่อง่ายต่อการคำนวณ และเป็นการเผื่อโหลด อาจใช้เป็น 200 VA

ในวงจรย่อยหนึ่งๆ ควรมีจุดต่อไฟที่เหมาะสม เนื่องจากถ้าน้อยเกินไปจะเป็นการไม่ประหยัด แต่ถ้ามากเกินไปจะทำให้ความเชื่อถือได้ลดลง วงจรย่อยหนึ่งควรมีจุดต่อไฟประมาณ 10 จุด

การจ่ายไฟให้โหลดควรคำนึงถึงขนาดของแรงดันตกที่โหลดด้วย ดังนั้นระยะห่างจากแผงย่อยถึงจุดสุดท้าย ไม่ควรเกิน 50 m เพื่อแรงดันตกไม่เกิน 2% สำหรับระยะไกลกว่านี้ ควรพิจารณาเพิ่มขนาดสายไฟให้ใหญ่ขึ้น

2.1.12 สายป้อน

สายป้อน หมายถึง วงจรไฟฟ้าที่รับไฟจากสายประธานไปจนถึงบริภัณฑ์ป้องกันวงจรย่อย แบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท

1. สายป้อนแสงสว่างหรือบริภัณฑ์ไฟฟ้า
2. สายป้อนมอเตอร์
3. สายป้อนผสม

สำหรับในที่นี้จะขอกล่าวถึงเฉพาะสายป้อนแสงสว่างหรือบริภัณฑ์ไฟฟ้าเท่านั้นสายป้อนแสงสว่างหรือบริภัณฑ์ไฟฟ้า คือสายป้อนที่จ่ายโหลดให้วงจรย่อยแสงสว่าง เต้ารับและบริภัณฑ์ไฟฟ้า

2.1.12.1 การคำนวณโหลดสายป้อน

สายป้อนต้องมีขนาดเพียงพอสำหรับจ่ายโหลด และต้องไม่น้อยกว่าผลรวมของโหลดในวงจรย่อยเมื่อใช้ดีมานด์แฟกเตอร์

โดยที่ LF = (ΣLBC) x D.F.

LF = โหลดของสายป้อน (A, VA, KVA)

ΣLBC = ผลรวมของโหลดวงจรย่อย (A, VA, KVA)

D.F. = ดีมานด์แฟกเตอร์ (%)

ขนาดตัวนำสายป้อน ตัวนำสายป้อนต้องมีขนาดไม่น้อยกว่าโหลดสูงสุดและไม่น้อยกว่าขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกินของสายป้อน ขนาดตัวนำสายป้อนต้องไม่เล็กกว่า 4 mm^2

สายนิวทรัล(Neutral) ในระบบไฟฟ้า 3 เฟส 4 สาย ซึ่งจะจ่ายให้กับโหลดชนิด 1 เฟส ขนาดของสายนิวทรัลจะต้องมีขนาดเพียงพอที่จะนำกระแสโหลดไม่สมดุลสูงสุดได้และต้องมีขนาดไม่เล็กกว่าขนาดสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า

2.1.13 การจัดทำรายการโหลด (Load Schedule)

ในการจัดทำรายการโหลดของระบบไฟฟ้าที่ได้ออกแบบแล้วนั้นสามารถแบ่งออกได้เป็นระบบไฟฟ้า 1 เฟส 2 สาย 220 V และระบบไฟฟ้า 3 เฟส 4 สาย 380/220 V เนื่องจากในการจัดทำรายการโหลดนั้น ส่วนใหญ่จะเป็นแบบระบบไฟฟ้า 3 เฟส 4 สาย ดังนั้นในที่นี้จึงจะขอกล่าวเฉพาะวิธีการจัดทำรายการโหลดของระบบไฟฟ้า 3 เฟส 4 สาย ซึ่งจะมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

2.1.13.1 ทำการคำนวณหาโหลดของวงจรย่อยต่างๆ โดยเริ่มจากวงจรย่อยไฟฟ้าแสงสว่าง วงจรย่อยเต้ารับ วงจรย่อยโหลดเฉพาะ วงจรย่อยเครื่องปรับอากาศ และวงจรย่อยมอเตอร์

2.1.13.2 ทำการจัดวงจรย่อยไฟฟ้าแสงสว่าง โดยให้ใช้หมายเลขวงจรย่อยตามลำดับ คือ 1(A), 3(B), 5(C) ตามด้วย 7(A), 9(B), 11(C) ทำจนครบชุดเลขคี่ก่อน และ 2(A), 4(B), 6(C) ต่อไปเรื่อยๆ ทำจนครบชุดเลขคู่ วงจรย่อยไฟฟ้าแสงสว่าง การที่ให้หมายเลขวงจรย่อยเป็นไปตามลำดับข้างต้นก็เพื่อที่จะเป็นการทำโหลดไฟฟ้าแสงสว่างเกิดความสมดุลระหว่างเฟส

2.1.13.3 ทำการจัดวงจรย่อยเต้ารับ โดยให้หมายเลขวงจรย่อยต่อจากหมายเลขวงจรย่อยไฟฟ้าแสงสว่าง และพยายามจัดให้เกิดความสมดุลกันเองเท่าที่จะทำได้

2.1.13.4 ทำการจัดวงจรย่อยของโหลดเฉพาะ ถ้ามีโหลดเฉพาะหลายชุดก็ให้พยามยามจัดโหลดให้เกิดความสมดุลกัน

2.1.13.5 ทำการจัดวงจรย่อยของเครื่องปรับอากาศ ให้เกิดความสมดุล

2.1.13.6 ทำการจัดวงจรย่อยของมอเตอร์ ได้แก่ วงจรบริภัณฑ์ไฟฟ้าต่างๆ ที่ใช้มอเตอร์เป็นตัวขับ ได้แก่ ปั๊ม เป็นต้น

หลังจากที่ได้ทำการจัดวงจรย่อยของโหลดต่างๆ จนครบแล้ว ก็จะต้องจัดให้มีวงจรย่อยสำรอง และวงจรย่อยว่าง โดยวงจรย่อยสำรองเป็นวงจรย่อยที่มี CB ติดตั้งอยู่ แต่จะไม่มีการจ่ายโหลด จึงไม่ต้องติดตั้งสายไฟฟ้า ส่วนวงจรย่อยว่างจะไม่มี CB ติดตั้งอยู่ มีแต่ช่องว่างเท่านั้น โดยในการออกแบบควรให้มีวงจรย่อยสำรองและวงจรย่อยว่างประมาณ 20 – 30% ของวงจรทั้งหมด ทั้งนี้จะต้องคำนึงถึงขนาดของแผงย่อยด้วย ซึ่งแผงย่อยจะมีจำนวนวงจรมาตรฐานเป็น 12, 18, 24, 30, 36 และ 42 วงจร

ทำการรวมโหลดของแต่ละเฟสแล้วตรวจดูว่าโหลดของแต่ละเฟสสมดุลหรือไม่ โดยการสมดุลที่ดีคือมีความแตกต่างกันไม่เกิน 20% ถ้าโหลดยังไม่สมดุลให้ทำการจัดสลับหมายเลขวงจรเพื่อให้โหลดแต่ละเฟสมีความสมดุลกันดีขึ้น จากนั้นก็รวมโหลดแต่ละเฟสเข้าด้วยกันได้เป็นโหลดติดตั้งทั้งหมด (Total Connected Load)

2.2 การออกแบบระบบแจ้งเตือนเพลิงไหม้

2.2.1 การแบ่งโซน อุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้

ในอาคารขนาดใหญ่ที่มีพื้นที่มาก หรือเป็นอาคารที่มีความสูงหลายชั้น เมื่อเกิดเพลิงไหม้ อุปกรณ์ตรวจจับต้องสามารถตรวจจับได้รวดเร็วตามที่ออกแบบไว้ เมื่อตรวจจับได้แล้วจะแจ้งผลไปที่แผงควบคุมเพื่อแจ้งการเกิดเหตุ ดังนั้นเพื่อให้การตรวจสอบจุดที่เกิดเหตุสามารถทำได้รวดเร็วและถูกต้อง การแจ้งเหตุจึงต้องสามารถระบุตำแหน่งที่เกิดเหตุได้แม่นยำและไม่ครอบคลุมพื้นที่มากเกินไปเพื่อความรวดเร็วในการตรวจสอบเพลิงไหม้ ในการติดตั้งระบบจึงต้องแบ่งการตรวจจับออกเป็นส่วนของพื้นที่เรียกว่าการแบ่งโซน การแบ่งโซนจึงเป็นการบ่งพื้นที่รับผิดชอบในการตรวจจับเพลิงไหม้นั่นเอง การแบ่งโซนต้องสอดคล้องตามหลักเกณฑ์ที่กำหนด แต่ละมาตรฐานมีข้อกำหนดที่แตกต่างกันโดยพิจารณาจากวัสดุที่เป็นเชื้อเพลิงพฤติกรรมของบุคคล สภาพภูมิอากาศ กฎหมาย และการใช้งานของอาคาร ในมาตรฐานระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ มีข้อกำหนดการแบ่งโซนไว้เพื่อใช้ประกอบการออกแบบและติดตั้ง

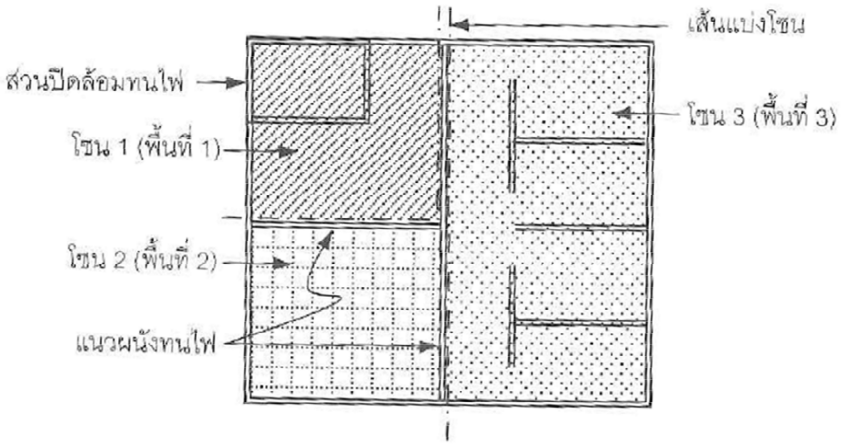
2.2.1.1 หลักเกณฑ์ทั่วไปในการแบ่งโซน

เมื่ออุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้พบการเกิดเพลิงไหม้และแจ้งผลไปที่แผงควบคุม แผงควบคุมจะส่งสัญญาณไปที่อุปกรณ์แจ้งเหตุเพื่อทำการแจ้งเหตุเพลิงไหม้โดยอัตโนมัติ สำหรับบางอาคารที่จำเป็นต้องมีการป้องกันการแจ้งสัญญาณผิดพลาด แผงควบคุมจะส่งสัญญาณให้ผู้ควบคุมอาคารทราบว่าเกิดเหตุเพลิงไหม้ ผู้ควบคุมอาคารจะต้องทำการตรวจสอบในเบื้องต้นก่อนที่จะแจ้งให้บุคคลทั่วไปทราบว่ามีเพลิงไหม้ การตรวจสอบต้องสามารถทำได้อย่างรวดเร็ว เพราะถ้าพบว่าเกิดเพลิงไหม้จริงจะได้ดำเนินการตามขั้นตอนที่ได้เตรียมการไว้แล้วได้อย่างรวดเร็ว กรณีที่ตรวจสอบไม่พบการเกิดเหตุเพลิงไหม้ก็จะทำการปรับตั้งระบบใหม่ให้กลับทำงานเหมือนเดิม หากผู้ควบคุมไม่มีการปรับตั้งระบบใหม่ ระบบจะทำการแจ้งเหตุโดยอัตโนมัติ

การแบ่งโซนต้องคำนึงถึงความสะดวกในการค้นหาจุดต้นเพลิง จึงต้องพิจารณารูปร่างทางสถาปัตยกรรมของอาคารประกอบด้วยโดยยังคงยึดหลักการที่ว่าการค้นหาต้องทำได้อย่างรวดเร็วการแบ่งโซนจึงควรให้โซนเดียวกันอยู่ในชั้นเดียวกัน ในพื้นที่เดียวกัน และอยู่ในเส้นทางที่เดินถึงกันได้สะดวก

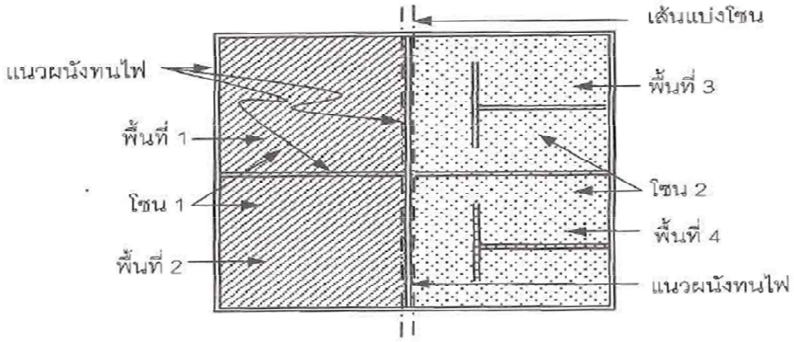
2.2.1.2 พื้นที่ที่จะต้องจัดเป็นโซนเดียวกัน

ถ้าพื้นที่ของโซนครอบคลุมมากกว่าหนึ่งเขตพื้นที่ แนวเขตของโซนต้องเป็นแนวเขตผนังทนไฟของส่วนปิดล้อมทนไฟ หมายความว่าอนุญาตให้หนึ่งโซนครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดของส่วนปิดล้อมทนไฟ (รูปที่2.2.1) หรือครอบคลุมหลายส่วนปิดล้อมทนไฟ (รูปที่ 2.29) หรือพื้นที่ทั้งหมดของสองหรือหลายโซนอยู่ในส่วนปิดล้อมทนไฟเดียวกัน (รูปที่ 2.30) แต่ไม่อนุญาตให้พื้นที่ของหนึ่งโซนครอบคลุมเฉพาะบางส่วนของสองส่วนปิดล้อมทนไฟ (รูปที่ 2.31) หรือพื้นที่บางส่วนของสองโซนครอบคลุมส่วนปิดล้อมทนไฟเดียวกัน

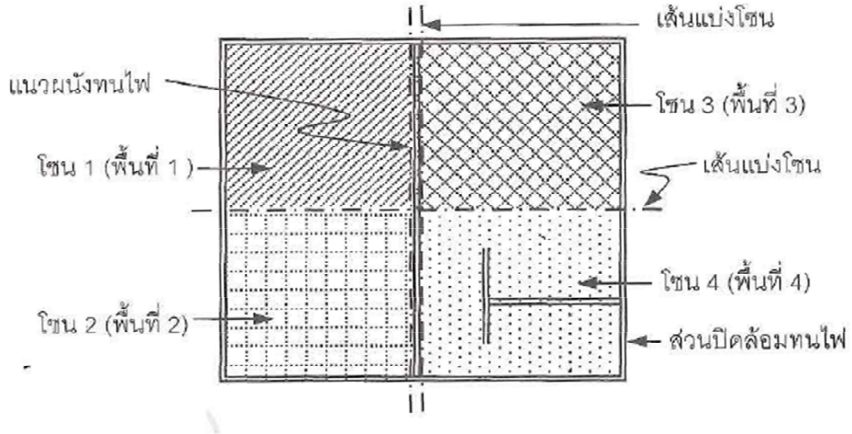


รูปที่ 2.29 ตัวอย่างการแบ่งโซนโดยใช้ผนังทนไฟเป็นเขตแบ่งโซน
ที่มา: http://www.ksv.ac.th/tb/cai/science2007/chap7_1.htm

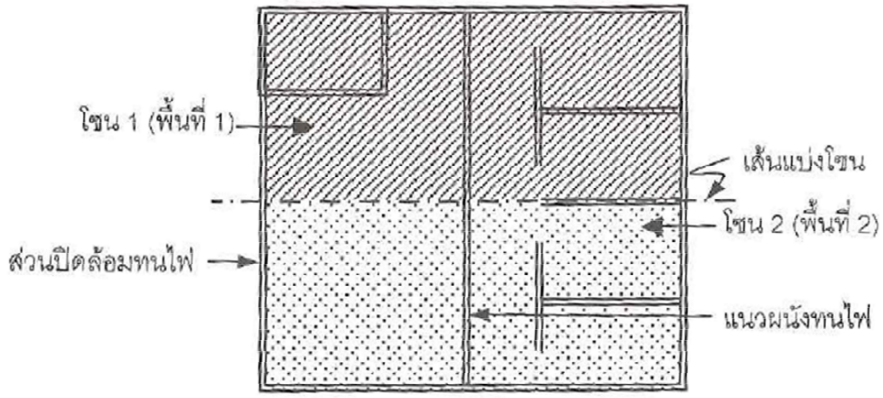
ส่วนปิดล้อมทนไฟ หมายถึง ปริมาตรหรือพื้นที่ส่วนใดๆในอาคารที่ถูกปิดล้อมด้วยวัสดุทนไฟซึ่งประกอบกันเป็นส่วนปิดล้อมด้วยผนัง เพดาน พื้น เสา คานและอุปกรณ์หรือวัสดุทนไฟตามที่มาตรฐานการป้องกันอัคคีภัยของสมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ ฉบับล่าสุดกำหนด



รูปที่ 2.30 ตัวอย่างโซนเดียวกันครอบคลุมพื้นที่สองส่วนปิดล้อมทนไฟได้
ที่มา:http://www.ksv.ac.th/tb/cai/science2007/chap7_1.htm



รูปที่ 2.31 ตัวอย่างพื้นที่เดียวกันสามารถแบ่งเป็นหลายโซนได้
ที่มา:http://www.ksv.ac.th/tb/cai/science2007/chap7_1.htm



รูปที่ 2.32 ตัวอย่างการแบ่งโซนที่ไม่ถูกต้องเพราะแบ่งโซนคร่อมผนังทนไฟ
ที่มา: http://www.ksv.ac.th/tb/cai/science2007/chap7_1.htm

2.2.1.3 การกำหนดขนาดและจำนวนโซน

ขนาดและจำนวนโซนในอาคารต้องแบ่งให้เป็นไปตามข้อกำหนด ดังนี้

(1) การแบ่งโซนต้องไม่ทำให้ระยะค้นหามากเกิน 30 เมตร จุดประสงค์เพื่อให้สามารถค้นหาจุดที่เกิดเพลิงไหม้ได้รวดเร็ว เมื่ออุปกรณ์ตรวจจับทำการตรวจจับเพลิงไหม้ได้แล้วจะมีการแสดงแผงควบคุม การแสดงผลอาจเกิดข้อผิดพลาดบางประการซึ่งไม่ใช่เพลิงไหม้จริงๆ เพื่อความมั่นใจจึงต้องมีการค้นหาจุดที่เกิดเพลิงไหม้และยืนยันการเกิดเพลิงไหม้ หากผู้ควบคุมไม่มีการยืนยันหรือยกเลิกภายในระยะเวลาที่กำหนด อุปกรณ์จะแจ้งเหตุตามที่ตั้งไว้ ถ้าการติดตั้งใช้งานต้องการเวลาในการค้นหาจุดที่เกิดเพลิงไหม้นาน การหน่วงเวลาที่แผงควบคุมก็จะต้องนานตามไปด้วย ถ้าเกิดเพลิงไหม้จริงผู้อพยพหนีไฟจะมีเวลาน้อยลง โอกาสรอดชีวิตจะน้อยลง

(2) พื้นที่แต่ละโซนในชั้นเดียวกันต้องไม่เกิน 1,000 ตารางเมตร ในขณะเดียวกัน ระยะค้นหาจะต้องไม่เกิน 30 เมตร ด้วย สำหรับพื้นที่เปิดโล่งมองเห็นได้ทั่วทั้งพื้นที่ สามารถเพิ่มขนาดพื้นที่โซนได้ถึง 2,000 ตารางเมตร

พื้นที่ที่มีการติดตั้งหัวกระจายน้ำดับเพลิงอัตโนมัติและไม่เป็นพื้นที่เพื่อป้องกันชีวิต สามารถกำหนดโซนตรวจจับเท่ากับขนาดโซนของหัวกระจายน้ำดับเพลิงอัตโนมัติได้ โดยใช้สวิตซ์ตรวจการไหลของน้ำเป็นอุปกรณ์เริ่มสัญญาณของวงจรโซนตรวจจับนั้น ระยะค้นหายอมให้เพิ่มได้อีกจนถึง 60 เมตร

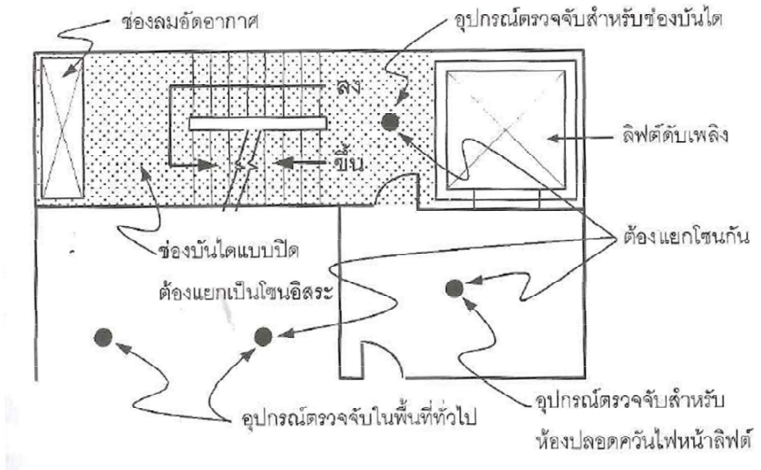
(3) พื้นที่อาคารทั้งหมดหากมีขนาดไม่เกิน 500 ตารางเมตร อนุญาตให้จัดเป็นหนึ่งโซนได้ ถึงแม้ว่าอาคารมีหลายชั้น ข้อนี้อนุญาตให้ทั้งอาคารถึงแม้จะมีหลายชั้นสามารถจัดรวมเป็นหนึ่งโซนได้ แต่จำนวนพื้นที่ของโซนจะลดลง เหมาะสำหรับอาคารขนาดเล็ก

(4) อาคารที่มีพื้นที่ทั้งอาคารเกิน 500 ตารางเมตร และเกิน 3 ชั้น พื้นที่อาคารแต่ละชั้นจะต้องแบ่งเป็นอย่างน้อยหนึ่งโซน และแต่ละโซนก็จะต้องครอบคลุมพื้นที่ไม่เกิน 1,000 ตารางเมตรด้วย

(5) สำหรับอาคารสูง คืออาคารที่มีความสูงตั้งแต่ 23.0 เมตรขึ้นไปอุปกรณ์ตรวจจับที่ติดตั้งในช่องบันไดช่องเปิดต่างๆ ให้กำหนดเป็นโซนอิสระสำหรับแต่ละช่องบันไดหรือช่องเปิดต่างๆ ห้ามนำพื้นที่ในส่วนที่เป็นช่องบันไดไปรวมเป็นโซนเดียวกับพื้นที่อื่นทั่วไป

(6) พื้นที่หรือห้องที่มีอันตรายเป็นพิเศษ เช่น ห้องเครื่องไฟฟ้า ห้องเครื่องจักรทุกประเภท ห้องเก็บสารไวไฟหรือเชื้อเพลิง เป็นต้น ต้องแยกเป็นโซนอิสระสำหรับแต่ละพื้นที่หรือห้อง

(7) ห้องหรือโถงปลอดควันไฟหน้าลิฟต์ดับเพลิง เส้นทางหนีไฟ พื้นที่บนฝ้าเพดาน พื้นที่ใต้พื้นยกระดับ และพื้นที่ใต้หลังคา ซึ่งถูกกำหนดให้ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับ ต้องแยกเป็นโซนอิสระแต่ละพื้นที่หรือห้อง

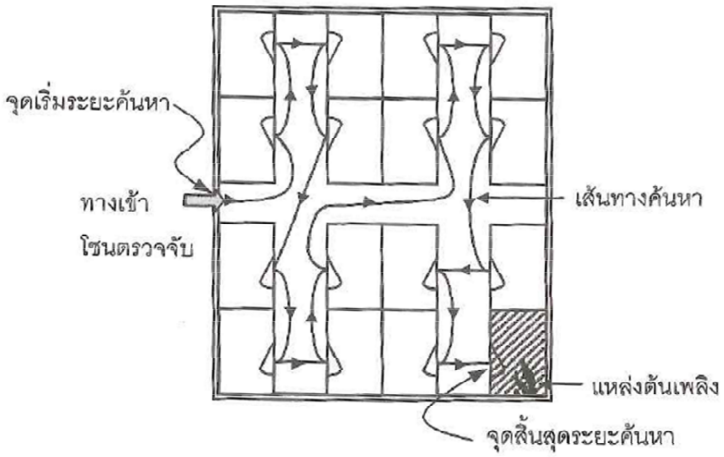


รูปที่ 2.33 ตัวอย่างช่องบันได และโถงปลอดควันไฟในอาคารสูง ต้องแยกเป็นโซนอิสระ
ที่มา:http://www.ksv.ac.th/tb/cai/science2007/chap7_1.htm

2.2.1.4 ระยะค้นหา (Searching Distance)

ระยะค้นหาหมายถึง ระยะทางของการเดินค้นหาจุดต้นเพลิง นับตั้งแต่จุดเริ่มต้นทางเข้าของโซนตรวจจับนั้นๆจนกระทั่งเห็นจุดต้นเพลิง

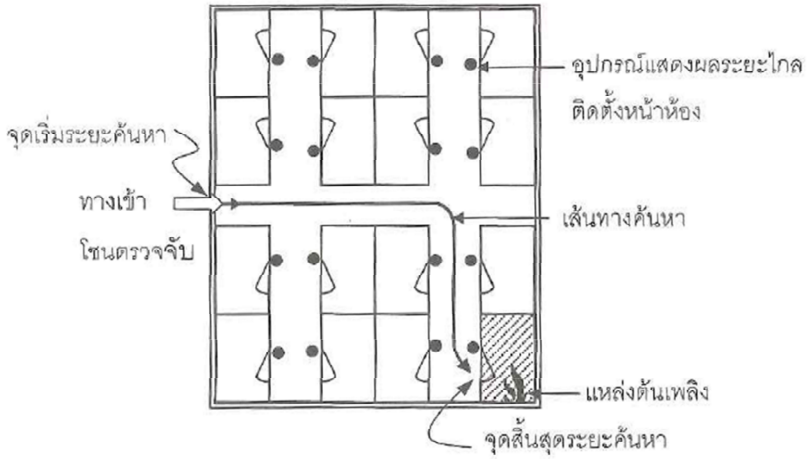
สำหรับอาคารที่เป็นพื้นที่เปิดโล่ง เมื่อเข้าไปถึงพื้นที่ก็จะสามารถเห็นต้นเพลิงได้ง่าย แต่อาคารบางแห่งอาจมีสิ่งกีดขวางและบังการเห็นจุดต้นเพลิงทำให้ต้องเสียเวลาค้นหา โดยเฉพาะอาคารที่เป็นห้องจำนวนมากเช่นอาคารชุด หรือโรงแรม การค้นหาจุดต้นเพลิงจะต้องเปิดห้องดูทุกห้องตั้งแต่ห้องที่ไปถึงก่อนจนถึงห้องที่เกิดเพลิงไหม้ การคิดระยะค้นหาจะคิดจนถึงตำแหน่งที่ไกลสุดในการเดินค้นหา



รูปที่ 2.34 การกำหนดระยะค้นหา
ที่มา:http://www.ksv.ac.th/tb/cai/science2007/chap7_1.htm

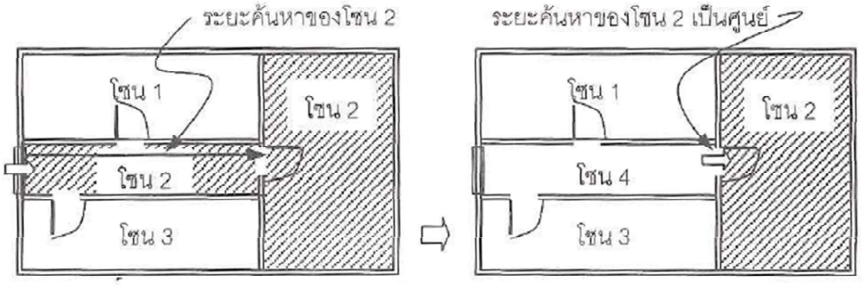
การลดระยะค้นหาทำได้โดยการติดตั้งอุปกรณ์แสดงผลระยะไกลเช่นติดไว้ที่หน้าห้องซึ่งจะแสดงผลเมื่อเกิดเพลิงไหม้ภายในห้อง กรณีนี้จะทำให้ไม่ต้องเปิดประตูห้องดูทุกห้อง แต่อย่างไรก็ตามเมื่อผู้ค้นต้นเพลิงเห็นการแสดงผลของอุปกรณ์แสดงผลที่หน้าห้องแล้วจะต้องเดินไปจนถึงห้องที่เกิดเพลิงไหม้และเปิดประตูห้องดูเพื่อความแน่ใจ ระยะค้นหาจึงคิดไปจนถึงประตูห้องสุดท้าย

อุปกรณ์ตรวจจับบางรุ่นจะมีหลอดไฟแสดงผลการทำงานติดอยู่กับตัวด้วย เมื่ออุปกรณ์ตรวจจับทำงานและแจ้งผลไปที่แผงควบคุมแล้วจะมีการแสดงผลที่ตัวอุปกรณ์ด้วย ทำให้ทราบว่าอุปกรณ์ตัวไหนเป็นตัวตรวจจับได้ อุปกรณ์ตรวจจับบางรุ่นจะมีขั้วต่อสายเพื่อต่อเข้ากับหลอดไฟไปแสดงผลที่จุดอื่นห่างออกไปจากตัวอุปกรณ์ตรวจจับ เป็นการแสดงผลระยะไกลเช่น แสดงผลที่หน้าห้อง เป็นต้น



รูปที่ 2.35 การแสดงระยะค้นหาลดลงเมื่อติดตั้งอุปกรณ์แสดงผลระยะไกล
ที่มา: http://www.ksv.ac.th/tb/cai/science2007/chap7_1.htm

การลดระยะค้นหานอกจากการติดตั้งอุปกรณ์การแสดงผลระระไกลแล้วยังทำได้โดยการแบ่งโซนใหม่ตามที่แสดงในรูปที่ 2.35



รูปที่ 2.36 เมื่อเปลี่ยนแปลงการแบ่งโซน ระยะค้นหาจะเปลี่ยนไป
ที่มา:http://www.ksv.ac.th/tb/cai/science2007/chap7_1.htm

2.2.1.5 การแบ่งโซนเมื่อระบบที่ใช้เป็นชนิดที่สามารถระบุตำแหน่งได้ (Addressable)

บางผู้ผลิตเรียกกระบวนการนี้ว่าเป็นแบบมัลติเพลกซ์(Multiplex)หรือแบบอัจฉริยะ(Intelligent)โครงสร้างโดยทั่วไปประกอบด้วยแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ในลักษณะสำเร็จรูป(Module)ควบคุมด้วยไมโครโปรเซสเซอร์ วงจรมัลติเพลกซ์ 1 วงจร (Multiplex Loop) จะสามารถต่อและใช้งานกับอุปกรณ์เริ่มสัญญาณชนิดที่สามารถระบุตำแหน่งได้(Addressable) จำนวนมากระบบนี้จึงประหยัดและลด

ความยุ่งยากในการเดินสายไฟได้มาก และยังสามารถต่อกับเครื่องพิมพ์และจอภาพ-แป้นพิมพ์ หรือ เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลได้ด้วย

การทำงานของระบบควบคุมสามรถสั่งการได้ในลักษณะเป็นขั้นตอน การกำหนดขั้นตอนการทำงานทำได้โดยการเปลี่ยนโปรแกรม ไม่ต้องเปลี่ยนแปลงหรือแก้ไขการเดินสายไฟ หน่วยความจำข้อมูลเป็นชนิดที่ข้อมูลไม่สูญหายเมื่อไฟดับ สำหรับการเพิ่มอุปกรณ์จากพื้นที่ที่มีอยู่เดิม สามารถทำได้โดยการเดินสายไฟต่อจากส่วนใดส่วนหนึ่งของวงจรมัลติเพลกซ์หลัก(Riser)ในลักษณะการต่อแยกวงจรออกไป(Brance)ไม่จำเป็นต้องเดินสายมายังแผงควบคุมแจ้งเหตุเพลิงไหม้ใหม่ ตราบเท่าที่จำนวนอุปกรณ์ชนิดบอกตำแหน่งไม่เกินจำนวนสูงสุดที่วงจรมัลติเพลกซ์นี้รับได้ ระบบที่สามรถระบุตำแหน่งได้ต้องเป็นดังนี้

(1) ระบบที่มีมากกว่าหนึ่งโซน ต้องเป็นดังนี้

1) เมื่อวงจรใดวงจรหนึ่งของระบบขาดเพียงจุดเดียว ต้องแสดงสถานะวงจรขัดข้อง (Fault) เพื่อให้ผู้ดูแลทำการซ่อมระบบให้สามรถใช้งานได้ เพราะการที่สายขาดอาจเป็นผลให้พื้นที่จำนวนมากไม่สามรถส่งสัญญาณการตรวจจับได้

2) กรณีวงจรของโซนหนึ่งโซนใดขาด ไม่ต้องมีผลต่อการส่งสัญญาณแจ้งเหตุของโซนอื่นๆในวงจรนั้นๆหมายความว่าวงจรของโซนอื่นๆยังสามารถทำงานได้

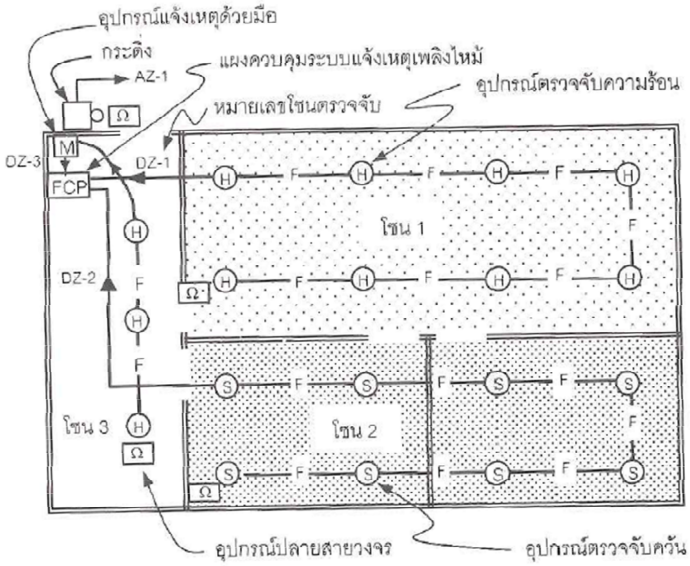
3) การขัดข้องทุกกรณีรวมทั้งการลัดวงจรหรือวงจรขาดต้องแสดงสถานะขัดข้องของระบบ (System Trouble)

4) กรณีสาย 2 เส้นลัดวงจรถึงกันต้องติดตั้งอุปกรณ์ตัดแยกวงจร เพื่อไม่ให้อุปกรณ์วงจรภายในของระบบหยุดทำงานรวมกันเกิน 250 อุปกรณ์และในทุกกรณีต้องไม่มากกว่าอาคารหนึ่งอาคารข้อกำหนดนี้จะใช้ประกอบการแบ่งโซนเพิ่มเติมจากข้อกำหนดดังกล่าวข้างต้น

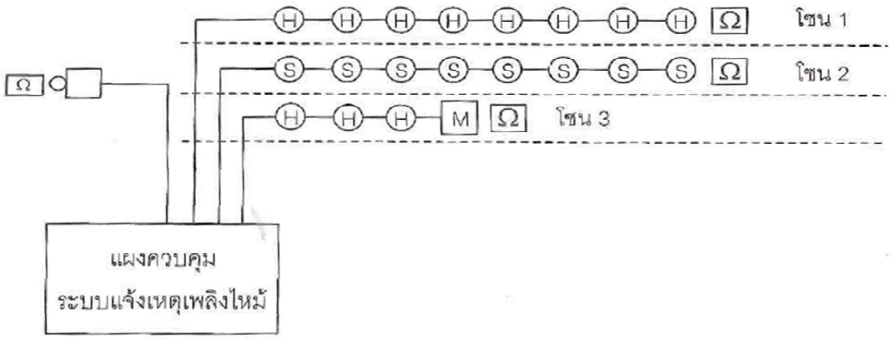
5) ในแต่ละวงจรของระบบในอาคารเดียวกัน ต้องครอบคลุมไม่เกิน 10 ชั้นและพื้นที่เกิน 20,000 ตารางเมตร

2.2.1.6 จำนวนอุปกรณ์ในแต่ละโซน

แต่ละวงจรของระบบต้องประกอบด้วยอุปกรณ์ไม่เกิน1,000 อุปกรณ์เพื่อไม่ให้อุปกรณ์ต้องใช้งานมากเกินไปและแต่ละวงจรของระบบต้องให้ควบคุมพื้นที่ซึ่งมีลักษณะการใช้งานแบบเดียวกันการนับจำนวนอุปกรณ์ นอกจากอุปกรณ์ตรวจจับแล้วให้รวมถึง อุปกรณ์แจ้งเหตุ และอุปกรณ์ความคุมต่างๆด้วย



รูปที่ 2.37 แบบตัวอย่างไดอะแกรมและการเดินสายแข่งโซน
ที่มา:http://www.ksv.ac.th/tb/cai/science2007/chap7_1.htm



รูปที่ 2.38 ไดอะแกรมของรูปที่ 2.37
ที่มา: http://www.ksv.ac.th/tb/cai/science2007/chap7_1.ht

ตามที่แสดงในรูปที่ 2.38 เป็นตัวอย่างการแบ่งโซนของอุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้และการเดินสาย ตามตัวอย่างเป็นการแบ่งพื้นที่ออกเป็น 3 โซนมีอุปกรณ์แจ้งเหตุด้วยมือต่อใช้งานร่วมกับโซน 3 เป็นวงจรแบบ 2สาย อุปกรณ์ตรวจจับควันและความร้อนในการออกแบบติดตั้งใช้งานจริงต้องเลือกชนิดอุปกณ์ตรวจจับให้เหมาะสมด้วย

2.2.2 อุปกรณ์ตรวจจับความร้อน

อุปกรณ์ตรวจจับความร้อน เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับตรวจจับความร้อนของวัตถุที่ถูกไฟไหม้ความร้อนจากการเผาไหม้ของวัตถุ เกิดจากการเพิ่มขึ้นของพลังงานและเป็นสาเหตุให้วัตถุมีอุณหภูมิสูงขึ้น อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนสามารถตรวจจับการเกิดเพลิงไหม้ที่ให้ความร้อนสูงอย่างรวดเร็วและมีควันน้อยได้เร็วกว่าอุปกรณ์ตรวจจับควัน อย่างไรก็ตาม อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนไม่ถือเป็นอุปกรณ์ตรวจจับเพื่อป้องกันชีวิต ในการออกแบบติดตั้งจึงใช้เพื่อป้องกันทรัพย์สินเท่านั้น หรือใช้เพื่อป้องกันเพิ่มเติมจากอุปกรณ์ตรวจจับควันก็ได้ แต่จะใช้แทนอุปกรณ์ตรวจจับควันไม่ได้

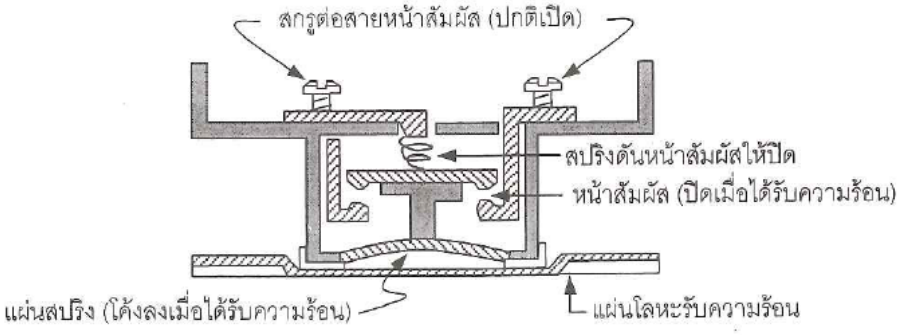
รูปที่ 2.39 ตัวอย่างอุปกรณ์ตรวจจับความร้อน
ที่มา: http://www.ksv.ac.th/tb/cai/science2007/chap7_1.htm

2.2.2.1 หลักการทำงาน

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

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

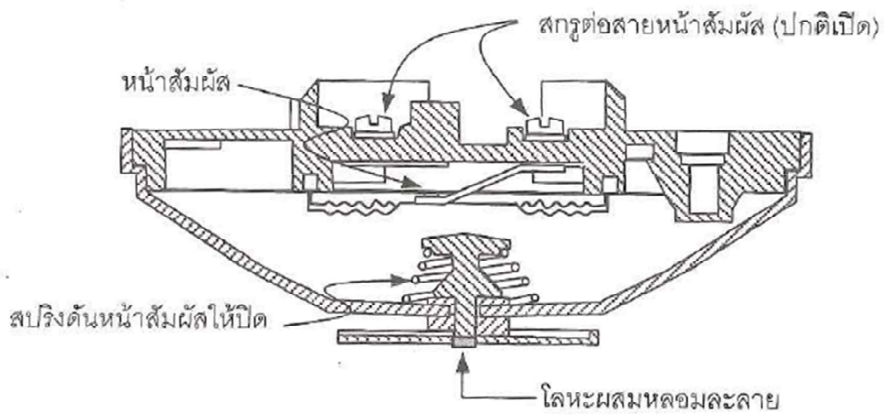
1) ชนิดโลหะคู่ (Bimetallic) ชิ้นส่วนในการตรวจจับความร้อนประกอบด้วยโลหะ 2 ชนิด ที่มีค่าสัมประสิทธ์ของการขยายตัวด้วยความร้อนไม่เท่ากันจะประกบติดกัน เมื่อได้รับความร้อนแผ่นโลหะจะขยายตัวไม่เท่ากันจึงงอไปด้านใดด้านหนึ่งและงอกลับเมื่ออุณหภูมิลดลง



รูปที่ 2.40 อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนแบบอุณหภูมิคงที่ ชนิดโลหะคู่
ที่มา : Fire Protection Systems, WAYNE G. CARSON & RICHARD L. KLAINKER

2) ชนิดตัวนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity) เป็นอุปกรณ์ตรวจจับชนิดเส้นหรือชนิดจุดก็ได้ มีชิ้นส่วนตรวจจับความร้อนที่เปลี่ยนค่าความต้านทานแปรผันตามความร้อนที่ได้รับ

3) ชนิดโลหะผสมหลอมละลาย (Fusible Alloy) มีชิ้นส่วนในการตรวจจับความร้อนเป็นโลหะผสมพิเศษ จะหลอมละลายอย่างรวดเร็วเมื่อความร้อนถึงอุณหภูมิพิกัด ดังนั้นหลังการตรวจจับความร้อนแล้วจึงไม่สามารถนำกลับมาใช้ได้อีก



รูปที่ 2.41 อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนแบบอุณหภูมิคงที่ ชนิดโลหะผสมหลอมละลาย
ที่มา : Fire Protection Systems, WAYNE G. CARSON & RICHARD L. KLAINKER

4) ชนิดเคเบิลไวความร้อน (Heat-Sensitive Cable) เป็นอุปกรณ์ตรวจจับชนิดเส้นแบ่งออกได้เป็นสองแบบ แบบแรกประกอบด้วยสายนำกระแสไฟฟ้าจำนวน 2 เส้น ขั้นด้วยฉนวนไวต่อความร้อน ซึ่งจะอ่อนตัวที่อุณหภูมิพิกัด และทำให้สายไฟฟ้าทั้งสองเส้นสัมผัสกันทางไฟฟ้า แบบที่สองเป็น

แบบสายไฟฟ้าเดี่ยวร้อยในท่อโลหะ บรรจุสารพิเศษขั้นไว้ระหว่างช่องว่าง เมื่ออุณหภูมิเพิ่มถึงจุดวิกฤตสารนี้จะเปลี่ยนสภาวะเป็นตัวนำไฟฟ้า ทำให้เกิดการสัมผัสกันทางไฟฟ้าระหว่างท่อกับสายไฟฟ้า

5) ชนิดของเหลวขยายตัว (Liquid Expansion) ประกอบด้วยของเหลวที่มีปริมาตรขยายตัวเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น

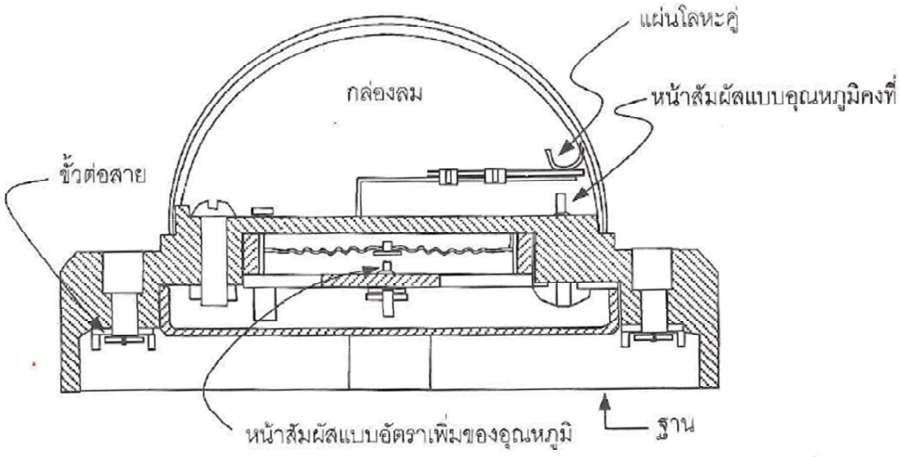
(2) แบบอัตราเพิ่มของอุณหภูมิ (Rate-of-Rise) อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนแบบอัตราเพิ่มของอุณหภูมิ ทำงานเมื่อการเพิ่มของอุณหภูมิสูงเกินอัตราพิกัดที่กำหนด เช่น 8.5 องศาเซลเซียส (15 องศาฟาเรนไฮท์ต่อนาที) เป็นต้น อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนแบบอัตราเพิ่มแบ่งตามวิธีทำงานได้หลายชนิด เช่น

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

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

3) ชนิดผลของไฟฟ้าพลังความร้อน (Thermoelectric Effect) ประกอบด้วยส่วนประกอบที่ไวต่อความร้อนชนิดเทอร์โมคัปเปิลหรือเทอร์โมไพล์แรงดันไฟฟ้าจะสูงขึ้นตามอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น อุปกรณ์จะมีวงจรตรวจสอบการเพิ่มของแรงดันไฟฟ้า และส่งสัญญาณเมื่ออัตราการเพิ่มของแรงดันสูงกว่าปกติ

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



รูปที่ 2.42 อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนแบบผสม
ที่มา : Fire Protection Systems, WAYNE G. CARSON & RICHARD L. KLAINKER

2.2.2.2 อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนแบบผสม (Combination)

อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนแบบผสมเป็นการผสมการทำงานระหว่างแบบอุณหภูมิคงที่และแบบอัตราเพิ่มของอุณหภูมิ เมื่อค่าใดค่าหนึ่งเป็นไปตามที่กำหนด อุปกรณ์จะทำงาน อุปกรณ์ตรวจจับแบบนี้จึงสามารถตรวจจับความร้อนได้ดีกว่าแบบอุณหภูมิคงที่

2.2.2.3 อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนแบบอัตราทดแทน (Rate Compensation)

อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนชนิดนี้จะทำงานเมื่ออุณหภูมิของอากาศโดยรอบสูงถึงจุดที่ตั้งไว้ โดยไม่ขึ้นกับอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ ตัวอย่างของอุปกรณ์ชนิดนี้ได้แก่ อุปกรณ์ตรวจจับชนิดจุดประกอบด้วยหลอดโลหะซึ่งจะขยายตัวตามยาวเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นพร้อมกับดันหน้าสัมผัสให้ปิด และภายในหลอดมีโลหะอีกชิ้นหนึ่งส่งแรงต้านให้หน้าสัมผัสเปิดไว้ แรงทั้งสองจะอยู่ในภาวะสมดุล เมื่ออัตราการเพิ่มอุณหภูมิของอากาศโดยรอบสูงขึ้นอย่างช้าๆ ทำให้ความร้อนสามารถผ่านไปถึงชนิดโลหะภายในและเกิดแรงต้านให้หน้าสัมผัสเปิด จนอุณหภูมิสูงถึงระดับที่ตั้งไว้หน้าสัมผัสจึงปิด หากอุณหภูมิโดยรอบขึ้นอย่างรวดเร็ว เวลาไม่มากพอที่ความร้อนเข้าไปถึงโลหะภายใน หน้าสัมผัสจะปิดในขณะที่อุณหภูมิภายในยังต่ำอยู่ ลักษณะนี้คือการทดแทนความร้อนหน่วง

2.2.2.4 การเลือกใช้อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนแบบต่างๆ

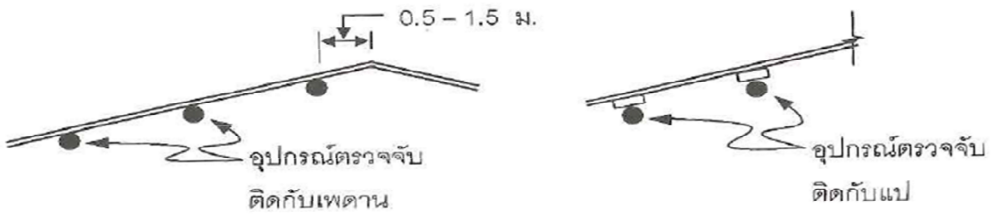
อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนแบบอัตราเพิ่มของอุณหภูมิ สามารถทำงานตรวจจับเพลิงไหม้ได้เร็วกว่าอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนแบบอุณหภูมิคงที่ เนื่องจากความสามารถที่ไวต่ออุณหภูมิที่สูงขึ้นอย่างรวดเร็ว ดังนั้นจึงเหมาะที่จะใช้อุปกรณ์ตรวจจับชนิดนี้กับพื้นที่โดยทั่วไปที่ต้องการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับในกรณีที่สภาพแวดล้อมของอาคารมีการเพิ่มอุณหภูมิอย่างรวดเร็วอยู่เสมอ ไม่เหมาะที่จะใช้อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนแบบอัตราเพิ่มของอุณหภูมิ ควรใช้อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนแบบอุณหภูมิ

คงที่แทนเพื่อป้องกันหรือลดอัตราการแจ้งสัญญาณผิดพลาด ดังนั้นในการติดตั้งนอกจากจะพิจารณาถึงสถานที่ติดตั้งและความไวในการตรวจจับแล้ว จะต้องเลือกชนิดของอุปกรณ์ตรวจจับให้เหมาะสมด้วย

อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนไม่ควรใช้กับสถานที่ที่จะเกิดความเสียหายมากเมื่อมีเพลิงไหม้เพียงเล็กน้อยเช่น ห้องคอมพิวเตอร์ ห้องควบคุมระบบสื่อสาร เป็นต้น เนื่องจากตรวจจับเพลิงไหม้ได้ช้า ดังนั้นก่อนเลือกชนิดอุปกรณ์ตรวจจับ ควรมีการประเมินค่าความเสียหายที่เกิดจากเพลิงไหม้ก่อนที่อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนจะเริ่มทำงาน

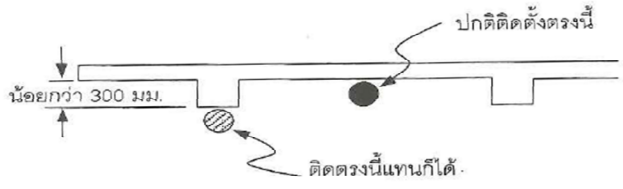
2.2.2.5 การติดตั้งใช้งาน

อุปกรณ์ตรวจจับทุกตัวต้องติดตั้งใต้เพดานหรือหลังคา โดยให้ส่วนตรวจจับอยู่ห่างจากเพดานหรือหลังคาระหว่าง 15 มิลลิเมตร ถึง 100 มิลลิเมตร หากเป็นหลังคาที่มีแปที่อาจขวางทางไหลของไอความร้อนไปยังอุปกรณ์ตรวจจับได้ อาจติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับเข้ากับแปโดยที่ส่วนตรวจจับห่างจากหลังคาไม่เกิน 350 มิลลิเมตร



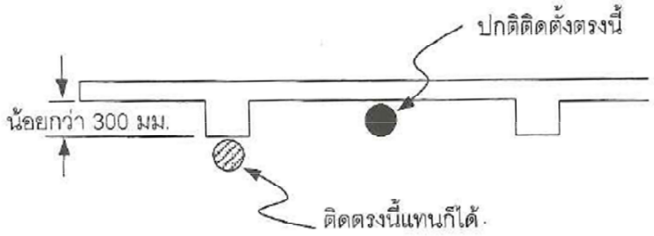
รูปที่ 2.43 อุปกรณ์ตรวจจับติดตั้งใต้เพดาน หลังคา หรือแป
ที่มา: http://www.ksv.ac.th/tb/cai/science2007/chap7_1.htm

ปกติต้องติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับตรงจุดที่สูงที่สุดของเพดาน อย่างไรก็ตามหากเป็นเพดานที่ประกอบไปด้วยคาน หรือรอด หรือหยักที่มีความลึกน้อยกว่า 300 มิลลิเมตร อาจจะติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับที่ใต้คานหรือรอดนั้นๆได้ โดยระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับต้องไม่เกินที่กำหนด



รูปที่ 2.44 การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนใต้คานที่มีความลึกไม่น้อยกว่า 300 มิลลิเมตร
ที่มา: http://www.ksv.ac.th/tb/cai/science2007/chap7_1.htm

อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนที่ติดตั้งใต้เพดานหรือหลังคาซึ่งได้รับความร้อนจากแสงแดดโดยตรงต้องติดตั้งให้ส่วนตรวจจับอยู่ห่างจากเพดานหรือหลังคาในแนวดิ่ง ไม่น้อยกว่า 180 มิลลิเมตร แต่ไม่เกิน 350 มิลลิเมตร เพื่อลดการทำงานผิดพลาดจากความร้อนดังกล่าว



รูปที่ 2.45 การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนเมื่อหลังคาถูกแสงแดดโดยตรง
ที่มา: http://www.ksv.ac.th/tb/cai/science2007/chap7_1.htm

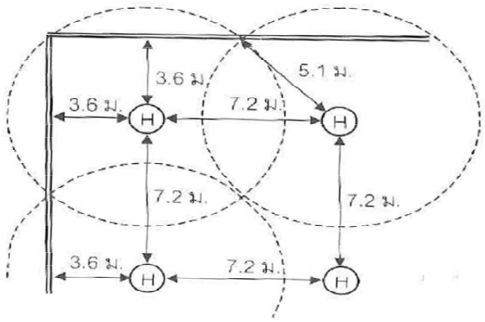
2.2.2.6 ระยะห่างและตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับความร้อน

อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนต้องติดตั้งในตำแหน่งที่มีระดับความสูงไม่เกิน 4.0 เมตร และห้ามติดตั้งใช้งานในพื้นที่หรือทางเดินร่วมหนีไฟ สำหรับอาคารโรงงานชั้นเดียวที่มีความสูงมากกว่า 4.0 เมตร สามารถเพิ่มความสูงในการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับได้โดยการคำนวณทางวิศวกรรมประกอบ แต่ต้องไม่เกิน 6.0 เมตร

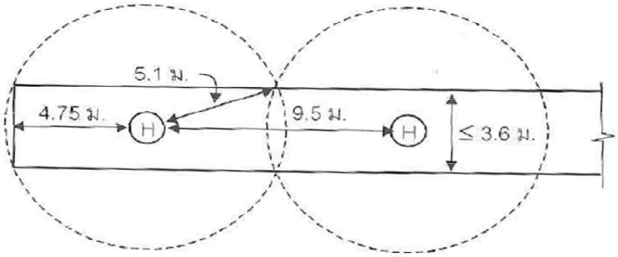
พื้นที่หรือทางเดินร่วมหนีไฟ หมายถึงพื้นที่ที่ใช้งานร่วมกันเพื่อใช้เป็นเส้นทางอพยพหนีไฟด้วยเหตุผลที่ว่าอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนทำงานช้ากว่าอุปกรณ์ตรวจจับควัน และในมาตรฐานไม่อนุญาตให้ใช้เป็นอุปกรณ์เพื่อป้องกันชีวิต ทางเดินร่วมหนีไฟถือว่ามีความจำเป็นในการป้องกันชีวิตเพราะเมื่อเกิดเพลิงไหม้ในบริเวณนี้จะปิดกั้นการหนีไฟทั้งหมด ดังนั้นหากเกิดเพลิงไหม้จะต้องสามารถตรวจจับได้อย่างรวดเร็ว

2.2.2.7 ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับสำหรับเพดานหรือพื้นผิวแนวราบ

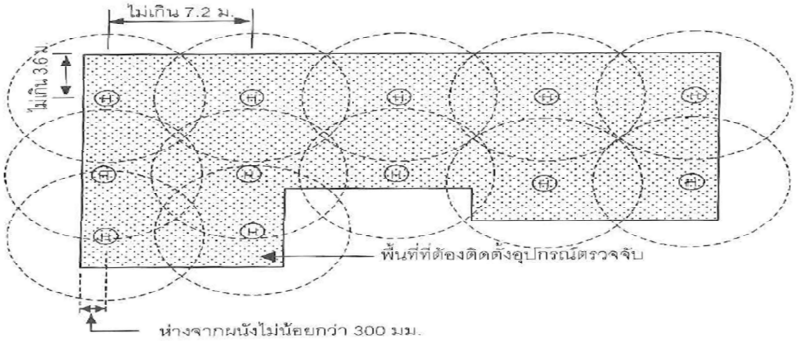
อุปกรณ์ตรวจจับต้องติดตั้งให้สามารถตรวจจับการเกิดเพลิงไหม้ได้รวดเร็วครอบคลุมพื้นที่ที่ต้องการป้องกันระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับจึงมีความสำคัญ สำหรับพื้นผิวแนวราบ อุปกรณ์ตรวจจับจะมีรัศมีการตรวจจับไม่เกิน 5.1 เมตร ดังนั้นเมื่อเขียนวงกลมลงบนพื้นที่สี่เหลี่ยมให้ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดจะได้ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับไม่เกิน 7.2 เมตร สำหรับบริเวณช่องทางเดินที่มีความกว้างไม่เกิน 3.6 เมตร เมื่อเขียนวงกลมให้ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดจะได้ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับไม่เกิน 9.5 เมตร สำหรับพื้นที่ที่มีรูปร่างเป็นพื้นที่สี่เหลี่ยมใดๆจะสามารถกำหนดตำแหน่งติดตั้งได้โดยใช้หลักการเดียวกับข้างต้น



รูปที่ 2.46 ระยะห่างในการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับความร้อน สำหรับพื้นผิวแนวราบ
ที่มา:http://www.ksv.ac.th/tb/cai/science2007/chap7_1.htm



รูปที่ 2.47 ระยะห่างในการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนสำหรับช่องทางเดิน
ที่มา:http://www.ksv.ac.th/tb/cai/science2007/chap7_1.htm



รูปที่ 2.48 ตัวอย่างการกำหนดตำแหน่งติดตั้ง สำหรับพื้นที่รูปสี่เหลี่ยมใดๆ
ที่มา:http://www.ksv.ac.th/tb/cai/science2007/chap7_1.htm

2.2.2.8 ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับสำหรับเพดานหรือพื้นผิวเอียง

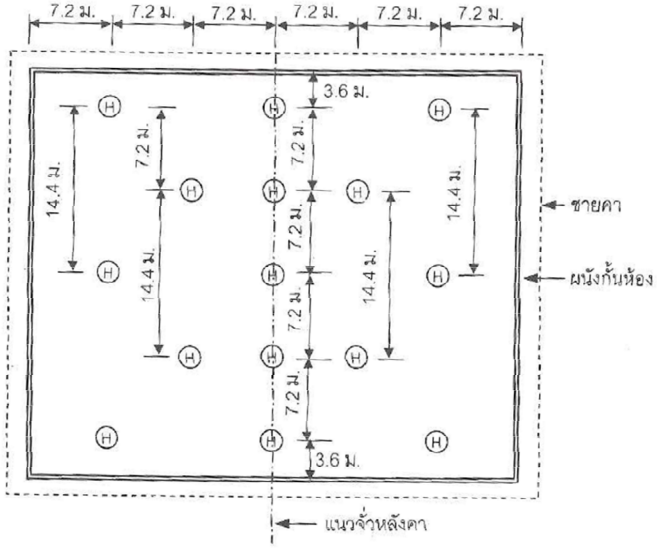
เมื่ออุปกรณ์ตรวจจับความร้อนติดตั้งกับเพดานหรือพื้นผิวที่มีลักษณะลาดเอียงตั้งแต่ 1 ต่อ 20 ขึ้นไป (ความลาดเอียง 1 ต่อ 20 หมายถึงพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนระดับ 1 เมตร ทุกๆ ความยาว 20 เมตร) ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับสามารถเปลี่ยนแปลงได้ การติดตั้งสามารถติดแบบสลับ

ฟันปลาได้ มาตรฐานกำหนดให้ระยะห่างที่วัดในแนวนอนระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนสำหรับพื้นผิวเอียง เป็นดังนี้

(1) ระยะห่างตามแนวยาวที่ขนานไปกับจั่วหลังคา แถวที่บริเวณจั่วหลังคา ต้องห่างกันไม่เกิน 7.2 เมตร

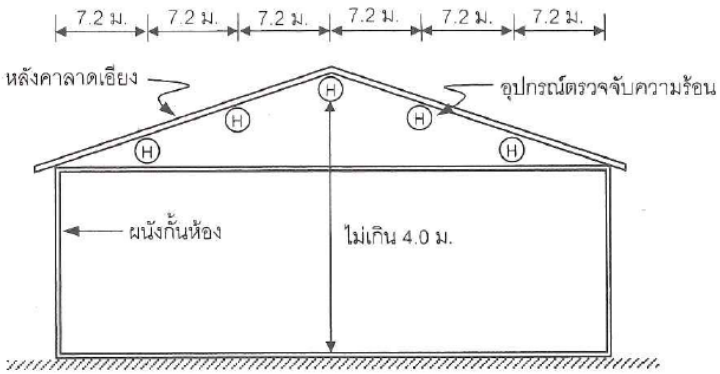
(2) แถวของอุปกรณ์ตรวจจับที่อยู่ล่างสุด (ใกล้ชายคา) ต้องอยู่ห่างไม่เกิน 7.2 เมตร จากผนังหรือฉากกั้นและจากแถวของอุปกรณ์ตรวจจับที่อยู่ใกล้กัน และต้องมีระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับในแนวเดียวกันไม่เกิน 14.4 เมตร การวัดระยะห่างให้วัดตามแนวระดับ ห้ามวัดตามแนวเอียงของเพดานหรือหลังคา

(3) แถวของอุปกรณ์ตรวจจับที่อยู่ระหว่างแถบบนสุดกับแถวที่อยู่ล่างสุด ต้องมีระยะห่างอุปกรณ์ไม่เกิน 14.4 เมตร และมีระยะห่างระหว่างแถวไม่เกิน 7.2 เมตร



รูปที่ 2.49 ตัวอย่างการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนชนิดชุด สำหรับเพดานหรือพื้นผิวเอียง
ที่มา: http://www.ksv.ac.th/tb/cai/science2007/chap7_1.htm

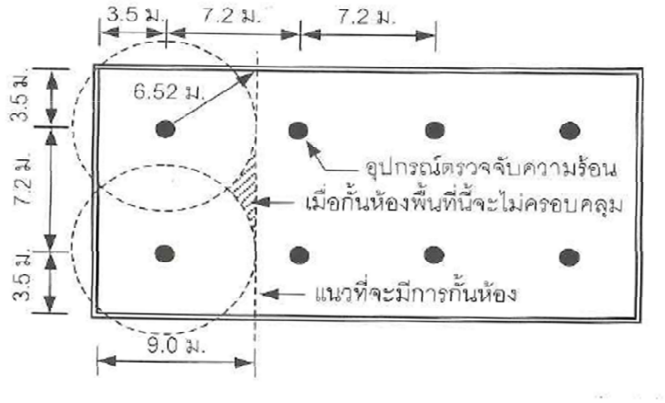
ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับสำหรับพื้นผิวเอียงนี้จะมากกว่าพื้นผิวแนวราบ ซึ่งสอดคล้องตามข้อกำหนดของมาตรฐาน อย่างไรก็ตาม ระยะห่างที่กำหนดนี้เป็นระยะห่างมากสุดที่ยอมรับให้ทำได้เท่านั้น ในการติดตั้งอาจใช้ระยะห่างตามพื้นผิวแนวราบ ซึ่งจะได้ความสามารถในการป้องกันดีกว่าการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนที่หลังคาทรงจั่ว ควรติดตั้งให้ห่างจากแนวสูงสุดของจั่วระหว่าง 0.5 ถึง 1.5 เมตร เพื่อให้สามารถตรวจจับเร็ว



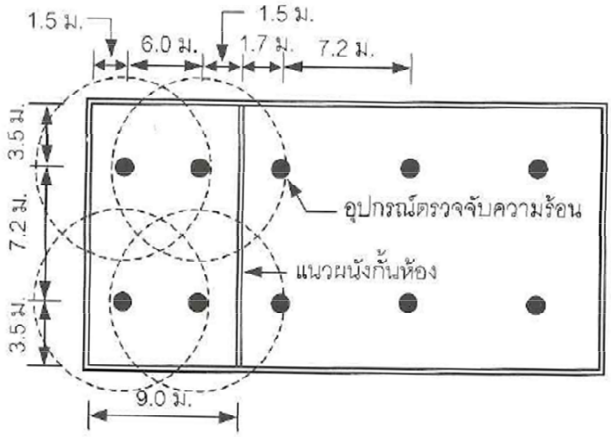
รูปที่ 2.50 ความสูงในการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนชนิดจุดสำหรับเพดานหรือพื้นผิวเอียง
ที่มา: http://www.ksv.ac.th/tb/cai/science2007/chap7_1.htm

2.2.2.9 ระยะห่างจากผนัง ควันและความร้อนจากการเกิดเพลิงไหม้จะลอยขึ้นด้านบนและขยายออกด้านข้างเมื่อชนเพดาน ตำแหน่งที่เพดานกับผนังต่อเชื่อมกันจะเป็นตำแหน่งที่อับอากาศ อุปกรณ์ตรวจจับจึงต้องติดตั้งให้ห่างจากผนังไม่น้อยกว่า 300 มิลลิเมตร แต่ต้องไม่ห่างจนพ้นระยะตรวจจับของอุปกรณ์ตรวจจับ สำหรับอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนต้องติดตั้งห่างจากผนังไม่เกิน 3.6 เมตร ในบางสถานที่มีการกั้นห้องภายหลังที่ก่อสร้างอาคารเสร็จโดยใช้เป็นผนังเบาหรือฉากกั้นสำหรับฉากกั้นที่ติดตั้งไม่ชนเพดานแต่ขอบอยู่ห่างจากเพดานไม่เกิน 300 มิลลิเมตร ให้ถือว่าเป็นผนังห้อง ระยะห่างของอุปกรณ์ตรวจจับจากผนังกั้นต้องไม่เกิน 3.6 เมตร เช่นเดียวกันสำหรับช่องทางเดิน ระยะห่างระหว่างผนังปลายทางกับอุปกรณ์ตรวจจับที่ใกล้ที่สุด ต้องไม่เกิน 4.75 เมตร

ในพื้นที่ที่มีการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับตามระยะห่างที่กำหนดเมื่อมีการปรับปรุงการกั้นห้องใหม่อาจจำเป็นต้องติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับเพิ่มจากเดิมเพราะระยะห่างอาจไม่ได้ตามข้อกำหนดจากตัวอย่างการติดตั้งในรูปที่ 2.50 เมื่อมีกั้นห้องใหม่ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ที่ติดตั้งไว้เดิมในห้องที่แยกออกมาใหม่นี้ไม่ได้ตามข้อกำหนด ไม่สามารถครอบคลุมพื้นที่ได้ทั้งหมด จึงจำเป็นต้องปรับระยะและติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับเพิ่มเติมที่แสดงในรูปที่ 2.51



รูปที่ 2.51 การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนพื้นที่ทั่วไป
ที่มา: http://www.ksv.ac.th/tb/cai/science2007/chap7_1.htm

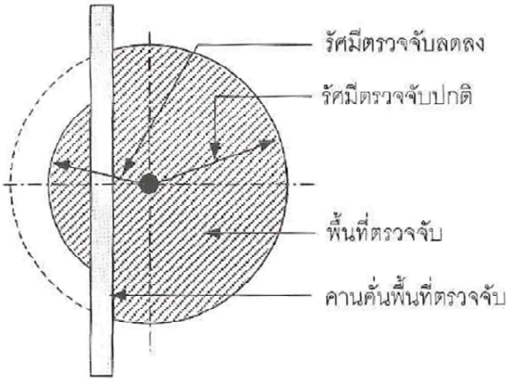


รูปที่ 2.52 การปรับตำแหน่งอุปกรณ์ตรวจจับ เมื่อกั้นห้องใหม่
ที่มา: http://www.ksv.ac.th/tb/cai/science2007/chap7_1.htm

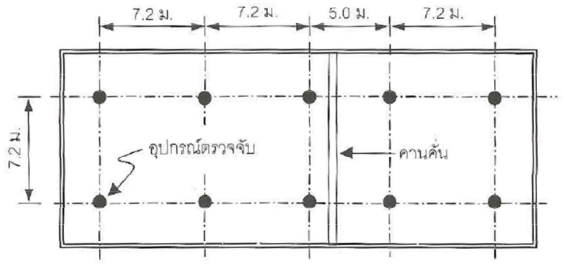
2.2.2.10 ระยะห่างจากหัวจ่ายลม สำหรับอุปกรณ์ตรวจจับที่ติดตั้งใกล้หัวจ่ายลม ไม่ควรติดตั้งใกล้หัวจ่ายลมจนเกินไปเพราะลมที่เป่าออกมาจะเบี่ยงเบนทิศทางการไหลของความร้อนได้ และยังเป็นผลให้อุณหภูมิของอากาศที่มาถึงอุปกรณ์ตรวจจับลดลง ทำให้การตรวจจับช้ากว่าปกติ หรือไม่สามารถตรวจจับได้ ระยะห่างจากหัวจ่ายลมต้องไม่น้อยกว่า 400 มิลลิเมตร

2.2.2.11 การติดตั้งที่ต้องลดระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับ ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนทุกชนิด อาจจำเป็นต้องลดลงเนื่องจากพื้นที่ป้องกันมีโครงสร้างพิเศษเช่น เพดานของพื้นที่ป้องกันถูกขั้นเป็นช่วงๆด้วยคาน ท่อลมระบบปรับอากาศ หรือสิ่งอื่นใดที่มีลักษณะเดียวกันโดยยื่นลง

มาเกินกว่า 300 มิลลิเมตร ต้องลดระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับในแนวตั้งฉากกับแนวขั้นลงร้อยละ 30 ดังนั้น ระยะห่างปกติจากเดิม 7.2 เมตร จะลดลงเหลือ 5.0 เมตร และระยะห่างจากเดิม 9.5 เมตร จะลดลงเหลือ 6.65 เมตร



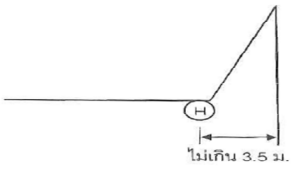
รูปที่ 2.53 ระยะห่างลดลงเมื่อมีคานหรือท่อลมปรับอากาศขั้น
ที่มา: http://www.ksv.ac.th/tb/cai/science2007/chap7_1.htm



รูปที่ 2.54 ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับลดลงเมื่อมีคานขั้น
ที่มา: http://www.ksv.ac.th/tb/cai/science2007/chap7_1.htm

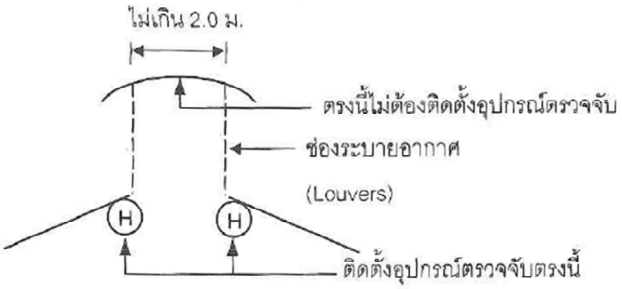
2.2.2.12 การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับสำหรับโครงสร้างอื่น

ในสภาพการติดตั้งใช้งานจริง โครงสร้างหรือรูปแบบของอาคารอาจมีรูปร่างแตกต่างออกไปด้วยเหตุผลทางสถาปัตยกรรม การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับจะต้องให้สามารถครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดตามที่ได้กล่าวข้างต้น ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับ ระหว่างอุปกรณ์กับผนัง รวมทั้งความสูงในการติดตั้ง จะต้องสอดคล้องกับข้อกำหนดการติดตั้งที่ได้กล่าวแล้ว



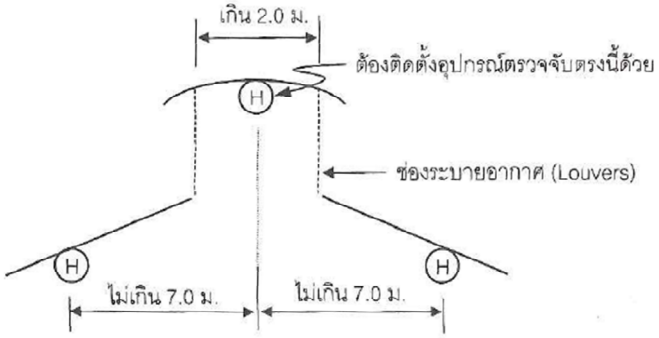
รูปที่ 2.55 ตัวอย่างตำแหน่งการติดตั้งพื้นที่ที่มียอดแหลมแคบๆ

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



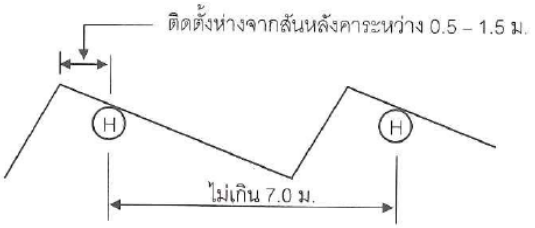
รูปที่ 2.56 ตัวอย่างตำแหน่งติดตั้งบนหลังคามีสันระบายอากาศแคบ

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

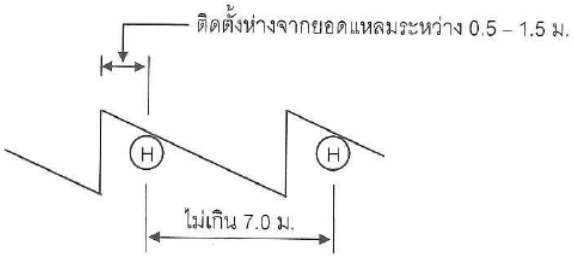


รูปที่ 2.57 ตัวอย่างตำแหน่งการติดตั้งบนหลังคามีสันระบายอากาศกว้าง

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



รูปที่ 2.58 ตัวอย่างตำแหน่งติดตั้งบนพื้นที่ที่ลาดเอียงไม่เท่ากัน
ที่มา:http://www.ksv.ac.th/tb/cai/science2007/chap7_1.htm



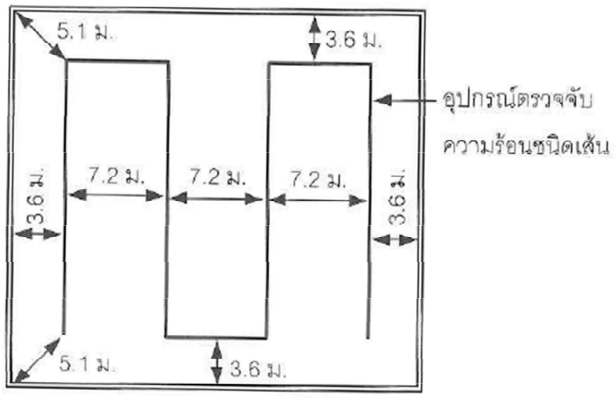
รูปที่ 2.59 ตัวอย่างตำแหน่งติดตั้งบนเพดานหรือหลังคารูปฟันเลื่อย
ที่มา: http://www.ksv.ac.th/tb/cai/science2007/chap7_1.htm

2.2.2.13 อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนชนิดเส้น

การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนชนิดเส้นมีข้อกำหนดเหมือนกับชนิดจุด ความยาวของเส้นอุปกรณ์ตรวจจับต้องสอดคล้องกับข้อกำหนดการแบ่งโซนการติดตั้งต้องหลีกเลี่ยงโอกาสที่จะเกิดความเสียหายทางกายภาพได้ภายหลังการติดตั้ง ข้อกำหนดเพิ่มเติมที่สำคัญมีดังนี้

(1) ส่วนตรวจจับความร้อนของเส้นวงจรตรวจจับ ห้ามใช้งานมากกว่า 1 โซนตรวจจับ เว้นแต่เป็นชนิดที่สามารถระบุแยกวงจรที่เริ่มสัญญาณได้

(2) การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับชนิดเส้นในพื้นที่ที่ป้องกัน ต้องติดตั้งให้สามารถมองเห็นเส้นวงจรได้โดยตลอดพื้นที่ โดยเส้นวงจรแต่ละเส้นต้องอยู่ห่างกันไม่เกิน 7.2 เมตร และห่างจากผนังห้องหรือผนังกั้นไม่เกิน 3.6 เมตร

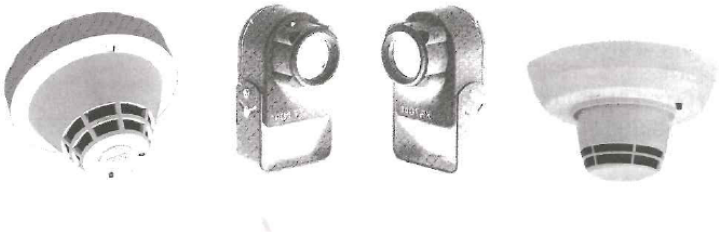


รูปที่ 2.60 ระยะห่างของการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนชนิดเส้น
ที่มา: http://www.ksv.ac.th/tb/cai/science2007/chap7_1.htm

สำหรับหลังคาทรงจั่ว เส้นวงจรตรวจจับต้องติดตั้งที่หลังคาแต่ละด้านของจั่ว แม้ว่าเส้นวงจรด้านตรงข้ามจะอยู่ห่างน้อยกว่า 7.2 เมตร ก็ตาม กรณีที่อุปกรณ์ตรวจจับชนิดเส้นเป็นแบบหลายเส้นประกอบเข้าด้วยกัน ให้ถือว่าแต่ละเส้นเป็นอุปกรณ์ตรวจจับชนิดจุด

2.2.3 อุปกรณ์การตรวจจับควัน

อุปกรณ์การตรวจจับควัน เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ตรวจจับอนุภาคของควันโดยอัตโนมัติ จากลักษณะการเกิดไฟไหม้ทั่วไปพบว่าส่วนใหญ่จะเกิดเป็นอนุภาคของควันก่อน ดังนั้นการตรวจจับควันจึงเป็นการตรวจจับที่ถือว่ารวดเร็วที่สามารถตรวจจับการเกิดเพลิงไหม้ได้ในระยะเริ่มต้น แต่อาจมีบางกรณีที่การเกิดเพลิงไหม้อาจมีอนุภาคน้อยมาก หรือไม่มีอนุภาคของควันก่อนเช่น ไฟจากน้ำมันหรือสารเคมีบางชนิด การเลือกใช้อุปกรณ์การตรวจจับจึงต้องศึกษารายละเอียดของเชื้อเพลิงที่อาจเกิดเพลิงไหม้รวมทั้งขนาดของอนุภาคควันให้ชัดเจนเสียก่อน



รูปที่ 2.61 ตัวอย่างอุปกรณ์ตรวจจับควัน
ที่มา: http://www.ksv.ac.th/tb/cai/science2007/chap7_1.htm

2.2.3.1 หลักการทำงาน

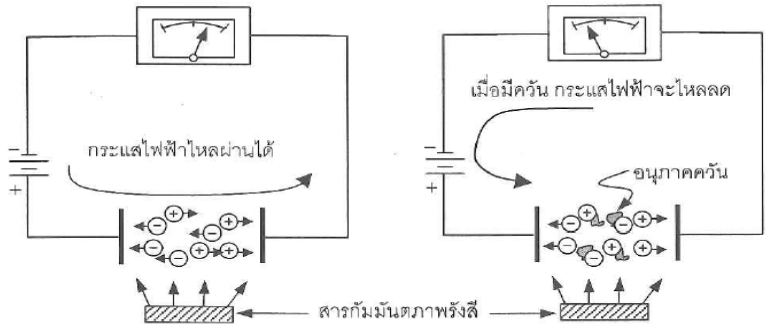
การทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับควันทุกชนิด ขึ้นอยู่กับลักษณะของอนุภาคควันที่เกิดจากการเผาไหม้ แต่เนื่องจากอุปกรณ์ตรวจจับต้องติดตั้งที่ฝ้าเพดาน หรือหลังคา ดังนั้นระยะเวลาที่เริ่มเกิดมีอนุภาคควันจนกระทั้งอุปกรณ์จะตรวจจับได้และเริ่มทำงานจึงขึ้นอยู่กับลักษณะการเกิดเพลิงไหม้และตำแหน่งการติดตั้ง อุปกรณ์การตรวจจับควันจะไม่สามารถตรวจจับไอร้อนจากการเผาไหม้ที่หมดจดและไม่มีควันได้ ในการใช้งานต้องพิจารณาใช้อุปกรณ์การตรวจจับชนิดอื่นแทน

ในกรณีของโรงงานที่มีกระบวนการผลิตที่เกิดไอหรือควันเป็นประจำ อาจมีผลให้อุปกรณ์การตรวจจับควันทำงานผิดพลาดได้ ต้องพิจารณาใช้อุปกรณ์ตรวจจับชนิดอื่นแทน

2.2.3.2 ชนิดของอุปกรณ์การตรวจจับควัน

อุปกรณ์การตรวจจับควัน แบ่งการตรวจจับควันออกเป็น2ชนิดคือ ชนิดไอโอไนเซชัน(Ionization type)และชนิดไฟโตอิเล็กตริก(Photoelectype)

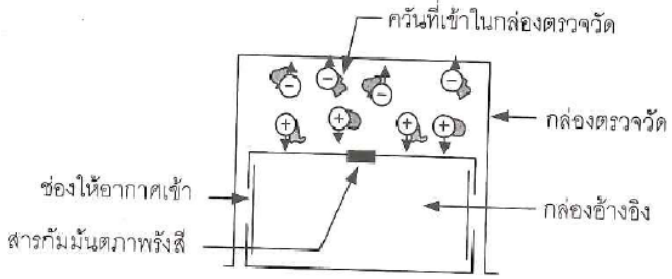
(1) ชนิดไอโอไนเซชัน เป็นอุปกรณ์ตรวจจับควันประกอบด้วยกล่องที่ภายในมีแผ่นโลหะที่มีขั้วไฟฟ้าต่างกัน และมีสารกัมมันตรังสี (Radioactive)ซึ่งจำทำหน้าที่กระตุ้นให้อากาศภายในกล่อง(Chamber)เกิดการแตกตัวไอออนของอากาศในกล่องจะทำหน้าที่เป็นตัวนำไฟฟ้าให้กระไฟฟ้าไหลผ่านได้ระหว่างสองขั้ว เมื่อมีควันเข้าไปในกล่อง ค่าความนำไฟฟ้าของอากาศจะลดลงกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านจะลดลงด้วยเมื่อกร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



รูป 2.62 การทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับควันไอโอไนเซชัน
ที่มา: http://www.ksv.ac.th/tb/cai/science2007/chap7_1.htm

อุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดไอโอไนเซชัน จะสามารถตรวจจับควันที่ประกอดด้วยอนุภาคขนาดเล็กจากไฟที่เกิดจากการเผาไหม้ที่หมดจดที่มีขนาดเล็กกว่า 1 ไมครอนได้อย่างรวดเร็วแต่อาจตรวจจับควันที่ประกอบด้วยอนุภาคขนาดใหญ่ที่เกิดจากการลุกไหม้ของวัตถุที่คุตัวก่อนลุกเป็นไฟได้ช้า

ซึ่งอุปกรณ์ตรวจจับจับชนิดโฟโตอิเล็กตริกจะสามารถตรวจจับควันที่หนาทึบได้ดีกว่าการเปลี่ยนแปลงความชื้นและความกดดันของอากาศจะมีผลต่อปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านคล้ายกับการมีอนุภาคควันเข้าไปส่วนตรวจจับ เป็นผลให้การตรวจจับผิดพลาด ปัจจุบันจึงมีการพัฒนาเป็นแบบกล่องคู่



รูปที่ 2.63 การทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดไอโอไนเซชัน
ที่มา: http://www.ksv.ac.th/tb/cai/science2007/chap7_1.htm

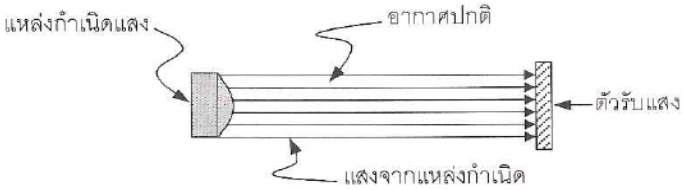
อุปกรณ์ตรวจจับควันแบบกล่องคู่(Dual Chamber)ประกอบด้วยกล่องสองกล่อง กล่องหนึ่งเป็นกล่องที่ทำหน้าที่ตรวจวัดอากาศจากภายนอก และอีกกล่องหนึ่งเป็นกล่องอ้างอิงที่มีช่องเปิดให้อากาศภายนอกไหลเข้าได้เพียงเล็กน้อย กล่องอ้างอิงจะมีช่องเล็กๆ ที่ป้องกันไม่ให้อนุภาคที่มีขนาดใหญ่ เช่น ควัน เข้าไปได้อุปกรณ์จะทำการวัดเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างทั้งสองกล่อง ถ้าความชื้อหรือความกดดันอากาศเปลี่ยน กล่องทั้งสองจะมีการเปลี่ยนแปลงเหมือนกัน การตรวจวัดไม่เห็นความแตกต่าง เมื่อมีอนุภาคควัน อนุภาคนี้จะเข้าไปในกล่องตรวจวัดแต่จะไม่เข้าไปในกล่องอ้างอิง ค่าความนำไฟฟ้าในกล่องตรวจวัดเปลี่ยนไป อุปกรณ์ตรวจจับจะมีอุปกรณ์ที่สามารถตรวจสอบความแตกต่างนี้ได้ เมื่อถึงค่าที่ตั้งไว้อุปกรณ์ก็จะทำงาน

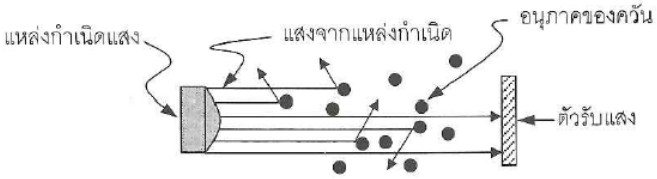
ถึงแม้อุปกรณ์ตรวจจับควันแบบกล่องคู่นี้จะไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นและความกดดันอากาศ แต่ก็ยังมีปัญหาที่จะทำให้ตรวจวัดผิดพลาดได้เช่น ฝุ่นละออง หยดน้ำจากการกลั่นตัวของไอน้ำในอากาศ กระแสลม และแม้แต่แมลงขนาดเล็ก ที่เข้าไปในกล่องตรวจวัดยิ่งปรับตั้งให้อุปกรณ์มีความไวมากขึ้นเท่าไหร่ การตรวจจับก็จะมีโอกาสผิดพลาดมากขึ้นเท่านั้น

(2) ชนิดโฟโตอิเล็กตริก สามารถตรวจจับควันที่หนาทึบได้ดีมาก มีหลักการทำงานสองแบบคือแบบควันบังแสง และแบบควันหักเหแสง

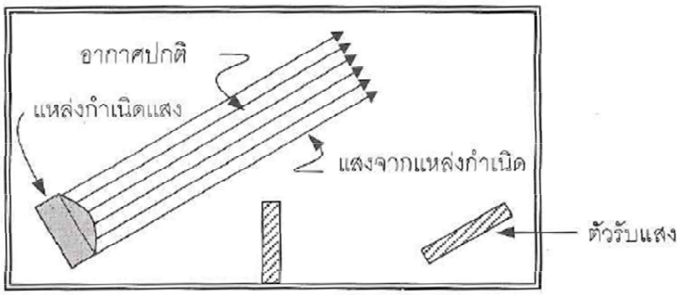
1) แบบควันบังแสง (Light Obscuration)ลักษณะการทำงานจะมีแหล่งกำเนิดแสงและตัวรับแสง ปกติปริมาณแสงที่ตัวรับแสงได้รับค่าที่แน่นอนอยู่ที่หนึ่ง เมื่อมีควันเข้าไปในกล่อง แสง

ที่ส่องจะไปกระทบตัวรับแสงจะถูกบังด้วยอนุภาคของควัน เมื่อต่ำถึงที่ตั้งไว้อุปกรณ์ตรวจจับจะตรวจได้และทำงาน โดยปกติสีของควันจะไม่มีผลต่อการทำงานของอุปกรณ์ อุปกรณ์ตรวจจับแบบนี้ที่ใช้ทั่วไปจะเป็นลำแสง(Bream Smoke Detector)ทำงานโดยที่แหล่งกำเนิดแสงจะส่องผ่านพื้นที่ที่ต้องการป้องกันตรงไปที่ตัวรับแสงที่ตั้งห่างออกไป ส่วนประกอบจะมีตัวฉายแสงและตัวรับแสงแยกเป็นคนละตัวกัน

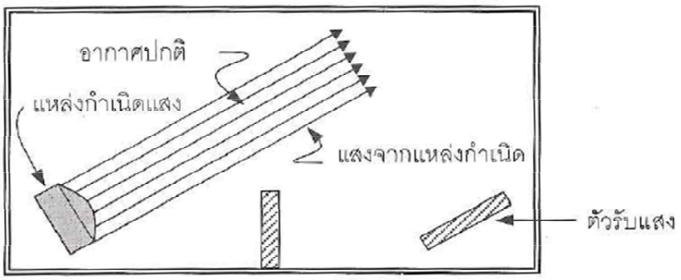


รูปที่ 2.64 การทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับควันแบบควันบังแสง
ที่มา: http://www.ksv.ac.th/tb/cai/science2007/chap7_1.htm

รูปที่ 2.65 การทำงานของออุปกรณ์ตรวจจับควันแบบควันบังแสง
ที่มา: http://www.ksv.ac.th/tb/cai/science2007/chap7_1.htm

2) แบบควันหักเหแสง (Light Scattering)ปกติจะเป็นอุปกรณ์ตรวจจับชนิดจุดหลักการทำงานจะมีแหล่งกำเนิดแสงและตัวรับแสงเช่นเดียวกับแบบควันบังแสง ในสภาพปกติแสงจะไม่ส่งไปที่ตัวรับแสงโดยตรง เมื่อมีควันเข้าไปในกล่อง อนุภาคของควันนี้จะไปบังแสงและหักเหแสง แสงบางส่วนไปกระทบกับตัวรับแสง เมื่อปริมาณควันมากขึ้น ปริมาณแสงที่ไปกระทบกับตัวรับแสงจะมากขึ้นด้วยจนถึงค่าที่ตั้งไว้ จะทำให้อุปกรณ์ตรวจจับทำงานแจ้งผลไปที่แผงควบคุม อุปกรณ์ตรวจจับแบบนี้จะทำงานได้ดีกับควันที่มีอนุภาคใหญ่กว่า 1 ไมครอนเป็นควันที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า มักเกิดการสันดาปไม่สมบรูณ์เช่นในที่อับอากาศ และจะตอบสนองกับควันสีดำได้น้อยกว่าควันสีขาวเนื่องจากควันสีขาวสะท้อนแสงได้ดีกว่า



รูปที่ 2.66 การทำงานของออุปกรณ์ตรวจจับควันแบบหักเหแสง
ที่มา: http://www.ksv.ac.th/tb/cai/science2007/chap7_1.htm



รูปที่ 2.67 การทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับควันแบบควันหักเหแสง
ที่มา: http://www.ksv.ac.th/tb/cai/science2007/chap7_1.htm

(3) แบบกล่องหมอกควัน (Cloud Chamber) เป็นอุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดโฟโตอิเล็กตริก ทำงานโดยการสุ่มตัวอย่างอากาศ โดยดูดอากาศจาดพื้นที่ที่ต้องการป้องกันเข้าไปในกล่องที่มีความชื้นสูงที่อยู่ในตัวอุปกรณ์ตรวจจับ เมื่ออากาศถูกดูดเข้าไปกล่องที่มีความชื่นสูงความกดดันอากาศภายในกล่องจะถูกทำให้ลดลงอย่างช้าๆ ถ้าอากาศถูกดูดเข้าไปมีอนุภาคควันปนอยู่ด้วยก็จะกลั่นตัวกลายเป็นหมอกถ้าความหนาแน่นของหมอกสูงถึงค่าที่กำหนดอุปกรณ์ตรวจจับก็จะทำงาน

2.2.3.3 การติดตั้งการใช้งาน

ตำแหน่งอุปกรณ์ตรวจจับควันต้องติดตั้งในที่ซึ่งสามารถตรวจจับเพลิงไหม้ได้ง่าย อุปกรณ์ตรวจจับควันที่เกิดจากเพลิงไหม้ อุปกรณ์จะมีปฏิกิริยาตอบสนองหรือทำงานเมื่อมีควันที่เกิดจากจุดต้นเพลิงลอยมากระทบละเข้าไปยังส่วนตรวจจับของอุปกรณ์ตรวจจับ ในการกำหนดตำแหน่งของอุปกรณ์ตรวจจับในแต่ละพื้นที่จึงมีความสำคัญมาก ในการออกแบบติดตั้งวิเคราะห์ตำแหน่งที่มีโอกาสเกิดเป็นจุดต้นเพลิงและเป็นเชื้อเพลิงได้มากที่สุด และวิเคราะห์ทิศทางที่ควันจะกระจายออกจากจุดต้นเพลิง การเบี่ยงเบนทิศทางของควันจากทิศทางลม การระบายอากาศ สภาพผิวเพดาน รูปร่าง ความสูงหรือจากโครงสร้าง ถ้าเป็นไปได้ควรทำการทดสอบที่สถานที่ติดตั้งจริงประกอบเพื่อให้ตำแหน่งที่เหมาะสมที่สุด

ระยะห่างที่กำหนดนี้จึงเป็นระยะห่างที่มากที่สุดเท่านั้นในการติดตั้งจริงปะกอบเพื่อให้ได้ตำแหน่งที่เหมาะสมที่สุดระยะห่างที่กำหนดนี้จึงเป็นระยะห่างที่มากที่สุดเท่านั้นในการติดตั้งจริงระยะห่างอาจลดลงได้ตามความจำเป็นโดยอาศัยผลการทดสอบเป็นหลัก

2.2.3.4 ความสูงในการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับควัน

(1) ความสูงในการติดตั้ง อากาศร้อนจากเพลิงไหม้จะถูกส่งขึ้นไปตามแนวดิ่งและจะหยุดลงเมื่ออุณหภูมิของควันเท่ากับอุณหภูมิของอากาศโดยรอบ ดังนั้นในที่ซึ่งมีเพดานสูงจึงมีความจำเป็นในการส่งผ่านควันไปถึงอุปกรณ์การตรวจจับ จึงต้องติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับควันในระดับที่ต่ำกว่าส่วนที่มีอากาศอุ่นที่บริเวณระดับหลังคา

1) อุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดจุด ต้องติดตั้งในระบบความสูงไม่เกิน10.5 เมตร อุปกรณ์ตรวจจับชนิดจุดที่ติดตั้งที่ฝ้าเพดาน เมื่อติดตั้งแล้วควรห่างจากฝ้าเพดานหรือหลังคาลงมาระหว่าง 25 มิลลิเมตร ถึง 270 มิลลิเมตร

2) อุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดลำแสง ต้องติดตั้งในระดับความสูงไม่เกิน 25.0 เมตร ถ้าฝ้าเพดานหรือหลังคามีความสูงเกิน 25.0 เมตร ให้ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดลำแสงหลายระดับ อุปกรณ์ตรวจจับต้องติดตั้งห่างจากฝ้าเพดานหรือหลังคาระหว่าง 300 มิลลิเมตร ถึง 700 มิลลิเมตร และอาจติดตั้งเพิ่มเติมที่ระดับต่ำกว่าได้ในสถานที่ซึ่งมีอุณหภูมิใกล้ฝ้าเพดานหรือหลังคาอาจจำเป็นต้องย้ายตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับให้ต่ำลงเพื่อให้การตรวจจับได้ผลแน่นอน ความสูงต่ำสุดในการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับให้ต่ำลงเพื่อให้การตรวจจับได้ผลแน่นอนกว่า ความสูงต่ำสุดในการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับอาจเปลี่ยนแปลงให้เหมาะสมกับการทดลองการใช้งานของแต่ละอุปกรณ์การตรวจจับ(การทดสอบ ใช้วิธี Smoke Test)จึงจำเป็นสำหรับการติดตั้งในสถานการที่ต้องการให้มีการป้องกันที่ดีและสถานที่สำคัญ ระยะห่างและความสูงในการติดตั้งที่กำหนดเป็นระยะสูงสุดที่มาตรฐานยอมให้ทำได้ในกรณีที่ต้องการความไวในการตรวจจับสูงขึ้น อาจลดระยะในการติดตั้งลงโดยให้ความรู้ทางวิศวกรรมประกอบ ในการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับชนิดลำแสงตัวรับลำแสงต้องระวังไม่ให้ถูกลำแสงแดดโดยตรงหรือแสงจ้ามากๆ เพราะจะทำให้อุปกรณ์ทำงานผิดพลาดได้ ระยะห่างจากเพดานหรือหลังคาสำหรับอุปกรณ์ตรวจจับเป็นไปตามตารางที่ 2.7

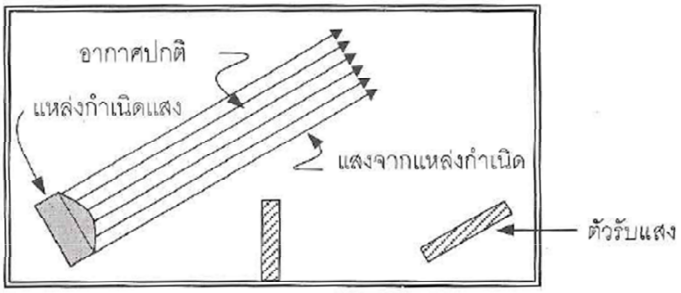
ตารางที่ 2.7 ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับควัน

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	

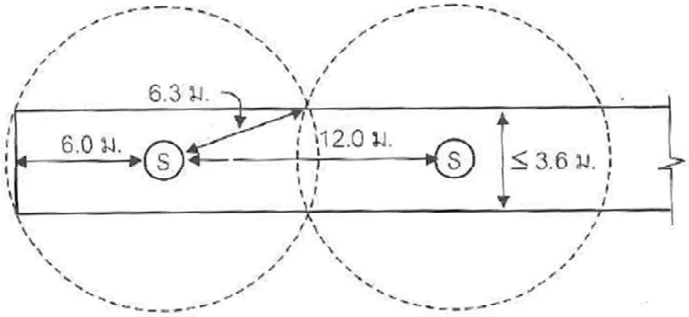
2.2.3.5 ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดจุด

(1) สำหรับเพดานหรือพื้นผิวแนวราบ อุปกรณ์ตรวจจับ ต้องติดตั้งให้สามารถตรวจจับการเกิดเพลิงไหม้ได้ทั่วทั้งพื้นที่ที่ต้องการป้องกัน มาตรฐานระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้กำหนดให้รัศมีการตรวจจับอุปกรณ์สำหรับพื้นผิวแนวราบนับจากอุปกรณ์ตรวจจับไม่เกิน 6.3 เมตรซึ่งเมื่อเขียนพื้นที่วงกลมให้ครอบคลุมทั่วทั้งพื้นที่สำหรับห้องรูปสี่เหลี่ยมจะได้ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับเท่ากับ 9.0 เมตร ดังนั้นระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับจึงกำหนดไว้ไม่เกิน 9.0 เมตรและระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับกับผนังห้องไม่เกิน 4.5 เมตร สำหรับรูปเหลี่ยมอื่นๆระยะห่างการติดตั้งอาจเปลี่ยนไปเช่นเดียวกับการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนข้อสำคัญคือทั่วทั้งพื้นที่ต้องอยู่ในรัศมีตรวจจับของ

อุปกรณ์ตรวจจับตัวใดตัวหนึ่งบริเวณช่องทางเดินที่ความกว้างไม่เกิน 3.6 เมตร จะได้ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับไม่เกิน 12.0 เมตร และระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับกับผนังปลายทางเดินไม่ถึง 6.0 เมตร



รูปที่ 2.68 การหาระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดจุด สำหรับพื้นที่ทั่วไป
ที่มา: http://www.ksv.ac.th/tb/cai/science2007/chap7_1.htm



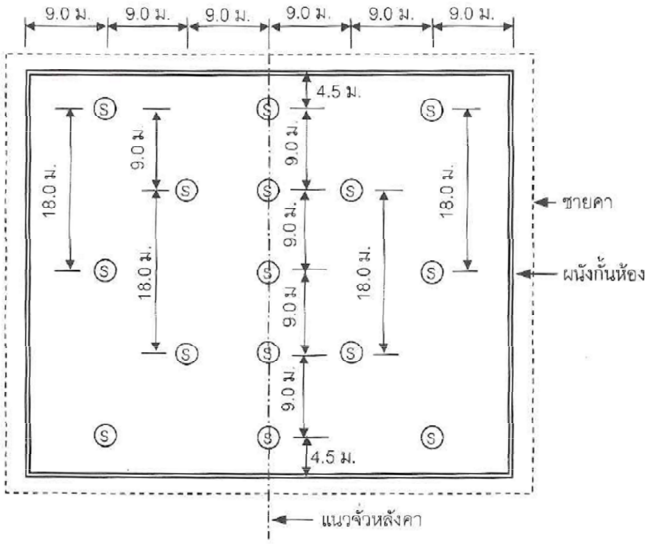
รูปที่ 2.69 การหาระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับควันสำหรับช่องทางเดินกว้างไม่เกิน 3.6 เมตร
ที่มา:http://www.ksv.ac.th/tb/cai/science2007/chap7_1.htm

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

1) ระยะห่างตามแนวยาวที่ขนานไปกับจั่วหลังคา แถมที่บริเวณจั่วหลังคาต้องห่างไม่เกิน 9.0 เมตร

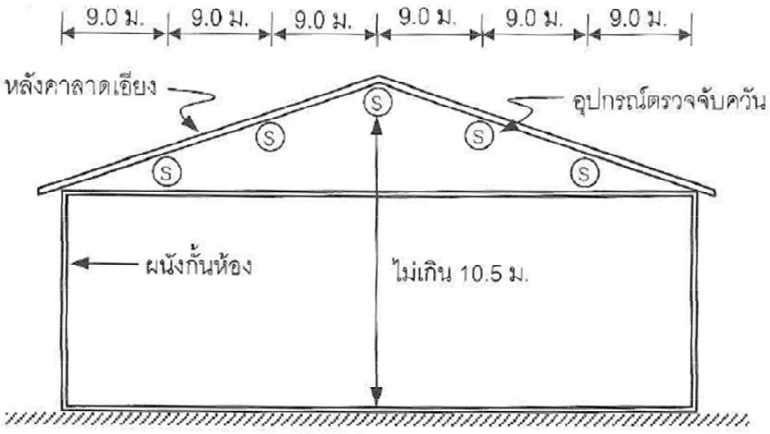
2) แถวของอุปกรณ์ตรวจจับที่อยู่ล่างสุด (ใกล้ชาคา)ต้องอยู่ห่างไม่เกิน 90 เมตรจากผนังหรือฉากกั้นจากแถวของออุปกรณ์ตรวจจับที่อยู่ใกล้กันและต้องมีระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับในแนวเดียวกันไม่เกิน 18.0 เมตร

3) แถวของอุปกรณ์ตรวจจับที่อยู่ระหว่างแถวสุดกับที่อยู่ล่างสุด ต้องมีระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ไม่เกิน 18.0 เมตร และต้องมีระยะระหว่างแถวไม่เกิน 9.0 เมตร



รูปที่ 2.70 ตัวอย่างการติดตั้งและระยะห่างของอุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดสำหรับพื้นที่ผิวเอียง
ที่มา: http://www.ksv.ac.th/tb/cai/science2007/chap7_1.htm

ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับสำหรับพื้นที่ผิวเอียงนี้จะมากกว่าพื้นที่ผิวราบ ซึ่งสอดคล้องตามข้อกำหนดมาตาฐาน ระยะห่างที่กำหนดนี้เป็นระยะห่างมากสุดที่ยอมให้ทำได้ ในการติดตั้งอาจใช้ระยะห่างตามพื้นที่ผิวแนวราบก็ได้ ซึ่งจะได้ความสามรถในการป้องกันดีกว่า



รูปที่ 2.71 ความสูงในการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดจุด
ที่มา: http://www.ksv.ac.th/tb/cai/science2007/chap7_1.htm

(3) ระยะห่างจากผนัง ควันและความร้อนจากการเกิดเพลิงไหม้จะลอยขึ้นด้านบนและขยายออกด้านข้างเมื่อชนเพดาน ตำแหน่งที่เพดานกับผนังต่อเชื่อมกันจะเป็นตำแหน่งที่อับอากาศอุปกรณ์

ตรวจจับจึงต้องติดตั้งให้ห่างจากผนังไปไม่น้อยกว่า 300 มิลลิเมตร แต่ต้องไม่ห่างจนพ้นระยะตรวจจับของอุปกรณ์ตรวจจับ สำหรับอุปกรณ์ตรวจจับควันต้องติดตั้งห่างจากผนังไม่เกิน 4.5 เมตร บางสถานที่มีการแบ่งกั้นห้องภายหลังที่ก่อสร้างอาคารเสร็จโดยใช้เป็นผนังเบาหรือฉากกั้น สำหรับฉากกั้นที่ติดตั้งไม่ชนเพดานแต่ขอบบนอยู่ห่างจากเพดานไม่เกิน 300 มิลลิเมตร ให้ถือว่าเป็นผนังห้องระยะห่างของอุปกรณ์ตรวจจับจากผนังกั้นต้องไม่เกิน 4.5 เมตร เช่นเดียวกันสำหรับช่องทางเดิน ระยะห่างผนังปลายทางกับอุปกรณ์ตรวจจับที่ใกล้ที่สุด ต้องไม่เกิน 6.0 เมตร

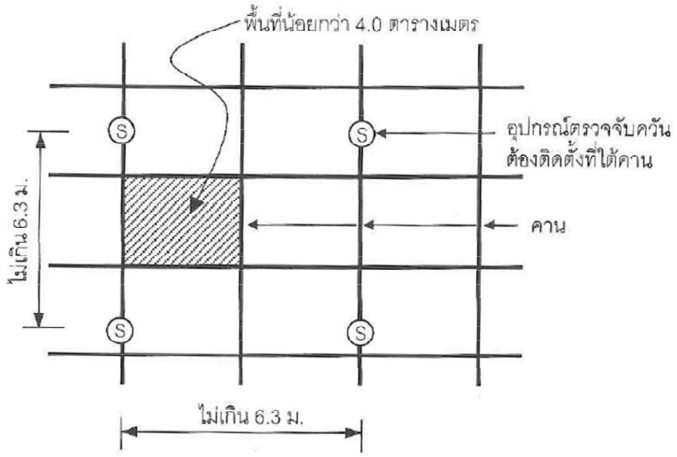
(4) ระยะห่างจากหัวจ่ายลม ในห้องที่มีการติดตั้งระบบปรับอากาศ การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับต้องหลีกเลี่ยงการติดตั้งในตำแหน่งที่ลมอาจเป่าเบี่ยงเบนทิศทางของควัน ทำให้ควันที่มาถึงอุปกรณ์ตรวจจับเบาบางลงเป็นผลให้ความไวในการตรวจจับลดลง หรือทำให้อุปกรณ์ตรวจจับสกปรกและเกิดการแจ้งเหตุผิดพลาดได้ง่าย การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับจึงต้องติดตั้งห่างจากหัวจ่ายลมไม่น้อยกว่า 400 มิลลิเมตร

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

(6) ระยะห่างในพื้นที่ที่มีสิ่งกีดขวางการไหลของควัน ในที่ซึ่งหลังคาหรือพื้นผิวแนวราบถูกแบ่งแยกโดยโครงสร้าง ซึ่งมีผลทำให้การไหลของควันเปลี่ยนไป ตำแหน่งและระยะห่างของอุปกรณ์ตรวจจับจะต้องเปลี่ยนไปเพื่อให้มั่นใจได้ว่าการตรวจจับทำได้ก่อนที่ควันจะเปลี่ยนทิศทางการไหล ดังต่อไปนี้

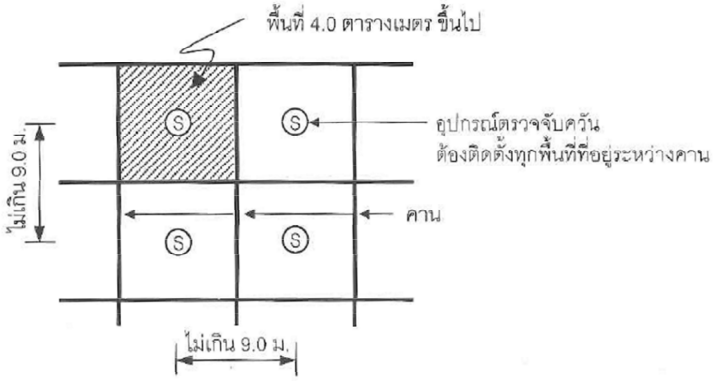
1) พื้นที่ที่มีเพดานสูงเกิน 2.0 เมตร แต่ไม่เกิน 4.0เมตร ที่เพดานมีคานยื่นลงมาเกิน 300 มิลลิเมตร การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับดูจากพื้นที่ที่อยู่ระหว่างคาน ดังนี้

(ก) พื้นที่ระหว่างคานน้อยกว่า 4.0 ตารางเมตร ให้ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับที่ใต้คาน ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับชนิดจุดไม่เกิน 6.3 เมตร และห่างจากผนังหรือกำแพงไม่เกิน 3.15 เมตร



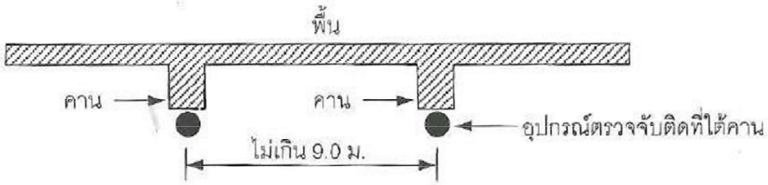
รูปที่ 2.72 เพดานสูงระหว่าง 2.0 ถึง 4.0 เมตรพื้นที่ระหว่างคานน้อยกว่า 4.0 ตารางเมตร
ที่มา:http://www.ksv.ac.th/tb/cai/science2007/chap7_1.htm

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

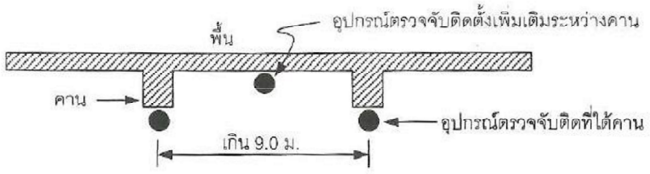


รูปที่ 2.73 เพดานสูงระหว่าง 2.0 ถึง 4.0 เมตร พื้นที่ระหว่างคาน 4.0 ตารางเมตร ขึ้นไป
ที่มา: http://www.ksv.ac.th/tb/cai/science2007/chap7_1.htm

2) พื้นที่ที่มีเพดานสูงเกิน 4.0 เมตร มีคานยื่นลงมาเกิน 100 มิลลิเมตร อุปกรณ์ตรวจจับตัวที่อยู่ใกล้กับคานต้องติดตั้งที่ใต้คาน ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับเป็นไปตามปกติคือ พื้นที่ทั่วไประยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับไม่เกิน 9.0 เมตร และห่างจากผนังหรือกำแพงไม่เกิน 4.5 เมตร กรณีที่เป็นช่องทางเดินระยะห่างระหว่างอุปกรณ์เกิน 12.0 เมตร และห่างจากผนังปลายทางเดินไม่เกิน 6.0 เมตร ตามตัวอย่างในรูปที่ 2.74 และรูปที่ 2.75 เป็นการติดตั้งในพื้นที่ปกติ ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ต้องไม่เกิน 9.0 เมตร และติดตั้งที่ใต้คาน กรณีที่ระยะห่างระหว่างคานเกิน 9.0 เมตร ต้องติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับที่ใต้คานและติดตั้งเพิ่มเติมอีกที่เพดานที่อยู่ระหว่างคานนั้น



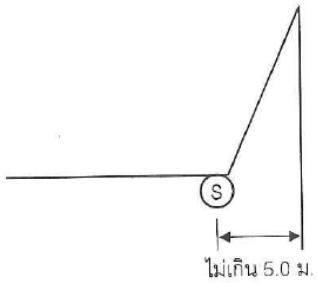
รูปที่ 2.74 การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับที่ใต้คาน สำหรับเพดานสูงเกิน 4.0 เมตร
ที่มา: http://www.ksv.ac.th/tb/cai/science2007/chap7_1.htm



รูปที่ 2.75 ระยะห่างระหว่างคานเกิน 9.0 เมตร ต้องติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับเพิ่มเติมที่เพดาน
ที่มา: http://www.ksv.ac.th/tb/cai/science2007/chap7_1.htm

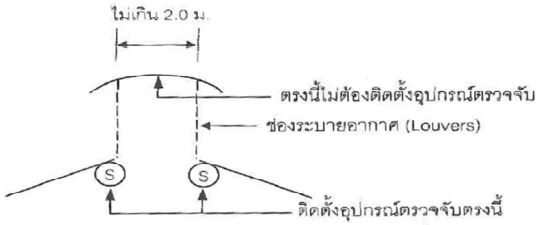
2.2.3.6 การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดจุดสำหรับโครงสร้างอื่น

ในสภาพการติดตั้งใช้งานจริง โครงสร้างหรือรูปแบบของอาคารอาจมีรูปร่างแตกต่างออกไปด้วยเหตุผลทางสถาปัตยกรรม การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับจะต้องให้สามารถครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดตามที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับ ระหว่างอุปกรณ์กับผนัง รวมทั้งความสูงในการติดตั้ง จะต้องสอดคล้องกับข้อกำหนดการติดตั้งที่ได้กล่าวแล้ว



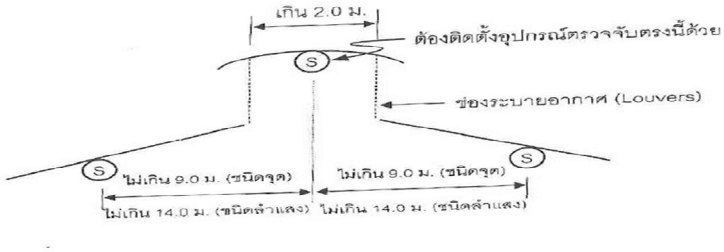
รูปที่ 2.76 ตัวอย่างตำแหน่งการติดตั้งบนพื้นที่ที่มียอดแหลมแคบๆ

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



รูปที่ 2.77 ตัวอย่างตำแหน่งติดตั้งบนหลังคามีสันระบายอากาศแคบ

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

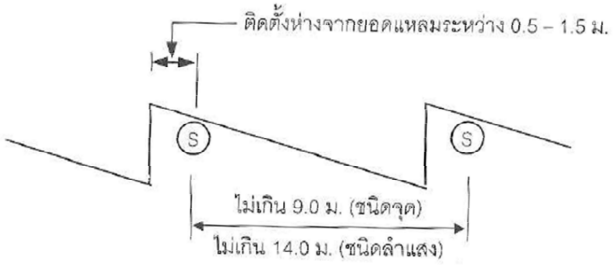


รูปที่ 2.78 ตัวอย่างตำแหน่งติดตั้งบนหลังคามีสันระบายอากาศกว้าง

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

รูปที่ 2.79 ตัวอย่างตำแหน่งติดตั้งบนพื้นที่ที่ลาดเอียงไม่เท่ากัน

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



รูปที่ 2.80 ตัวอย่างตำแหน่งติดตั้งบนเพดานหรือหลังคารูปฟันเลื่อย
ที่มา: http://www.ksv.ac.th/tb/cai/science2007/chap7_1.htm

2.2.3.7 การใช้อุปกรณ์ตรวจจับควันควบคุมประตูกั้นเพลิงไหมและควัน

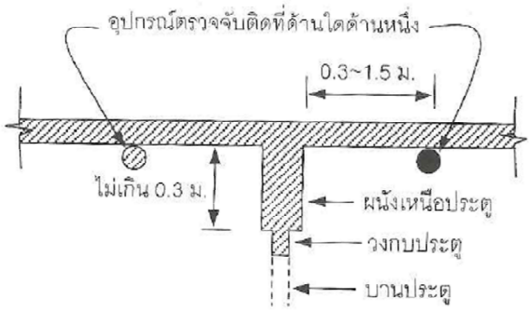
ในพื้นที่ที่มีการออกแบบให้มีการควบคุมควันไฟและใช้ประตูเพื่อกั้นเพลิงไหม้ให้อยู่ในพื้นที่ที่จำกัดเพื่อจะได้มีเวลาหนีไฟมากขึ้น หรือเพื่อให้สามารถดับไฟได้ง่ายขึ้น มีความเสียหายน้อยลง การควบคุมการปิดหรือเปิดประตูโดยอัตโนมัติทำได้โดยการควบคุมของอุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้ซึ่งปกติจะใช้เป็นอุปกรณ์ตรวจจับควัน อุปกรณ์ตรวจจับจะทำหน้าที่สั่งการให้วงจรควบคุมทำงานอีกต่อหนึ่ง โดยทั่วไปประตูที่ใช้จะเป็นประตูที่เปิดค้างไว้โดยยึดไว้ด้วยสนามแม่เหล็กไฟฟ้าประตูนี้จะมีสปริงดึงให้ประตูปิด แต่เนื่องจากสนามแม่เหล็กไฟฟ้ามีแรงมากกว่าประตูจึงเปิดค้างอยู่ การทำงานคือการตัดวงจรไฟฟ้าออก แม่เหล็กไฟฟ้าจะหมดอำนาจปล่อยให้ประตูปิดจากแรงของสปริง

การควบคุมจะใช้อุปกรณ์ตรวจจับควันที่ติดตั้งในพื้นที่ป้องกันที่ต่อรวมอยู่กับโซนตรวจจับหรืออาจใช้อุปกรณ์ตรวจจับควันแยกต่างหากเพื่อทำหน้าที่ควบคุมประตูโดยเฉพาะก็ได้ ถ้าในพื้นที่ไม่มีอุปกรณ์ตรวจจับควันอยู่ จะต้องติดตั้งใหม่ การติดตั้งมีข้อกำหนดดังนี้

(1) การต่อเข้ากับโซน อุปกรณ์ตรวจจับควันที่ติดตั้งเพื่อควบคุมประตู ต้องต่อเข้ากับชุดโซนตรวจจับแยกหากสำหรับประตูแต่ละชุดสำหรับอาคารที่ติดตั้งระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ตามมาตรฐานของ ว.ส.ท. อุปกรณ์ตรวจจับควันอาจต่อเข้ากับวงจรโซนตรวจจับที่ใช้สำหรับพื้นที่นั้นก็ได้

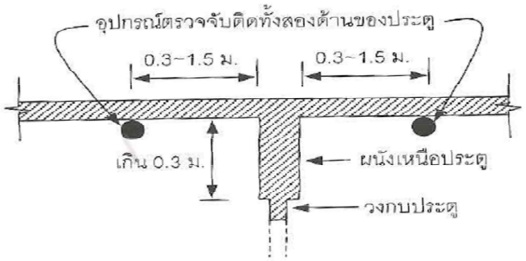
(2) การทำงานด้วยมือ อุปกรณ์ที่ยึดประตูด้วยสนามแม่เหล็กไฟฟ้าให้เปิดค้าง ต้องมีสวิตช์ ปลดด้วยมือที่ไม่มีการล็อก สวิตช์นี้ต้องอยู่ในตำแหน่งที่เห็นได้ชัดเจนและเข้าถึงได้เมื่อประตูในตำแหน่งเปิด สวิตช์ปลดด้วยมือควรมีเครื่องหมายแสดงให้ทราบว่าใช้สำหรับปลดประตูโดยเฉพาะการแสดงควรใช้เป็นอักษรข้อความว่า " ปลดประตู"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

(3) ตำแหน่งติดตั้ง อุปกรณ์ตรวจจับควันที่ทำหน้าที่ปลดประตูต้องติดตั้งที่เหนือประตูตรงกึ่งกลางช่องประตู ห่างจากประตูระหว่าง 300 มิลลิเมตร ถึง 1.5 เมตร



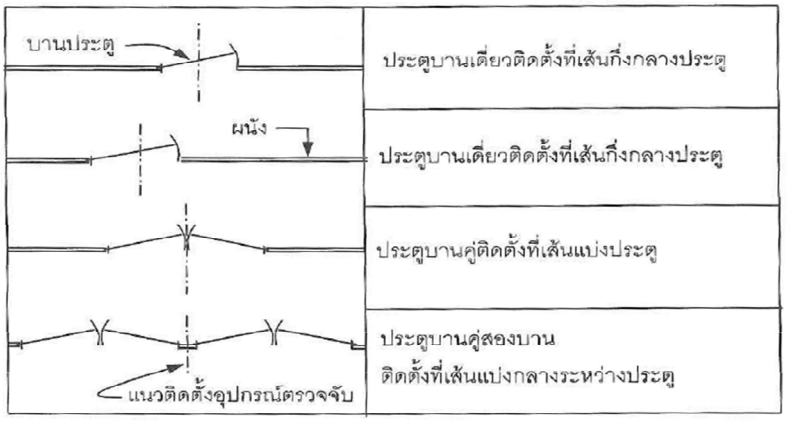
รูปที่ 2.81 การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับควันที่ประตูสำหรับประตูที่มีผนังเหนือประตูมากกว่า 300 มิลลิเมตร ต้องติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับที่ทั้งสองด้านของประตู

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



รูปที่ 2.82 การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับควันที่ประตูเมื่อผนังเหนือประตูมากกว่า 300 มิลลิเมตร

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

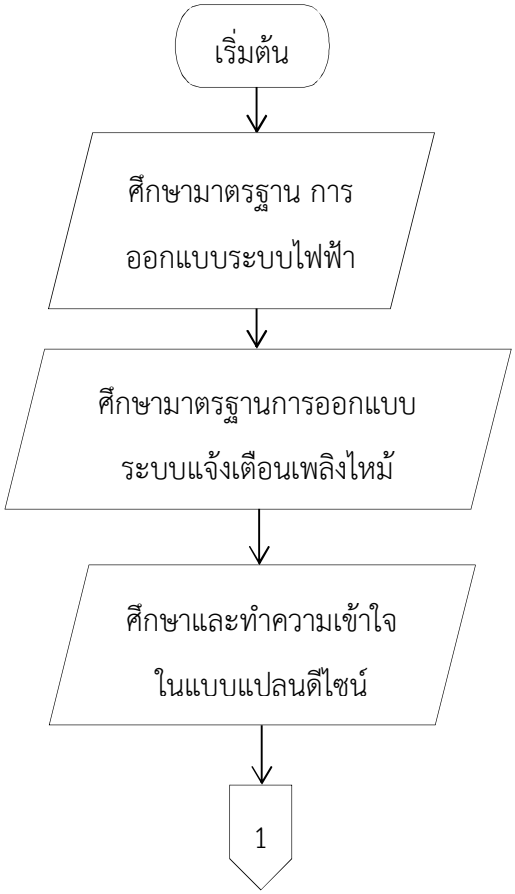


รูปที่ 2.83 แนวที่ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับควันที่ใช้ควบคุมประตู

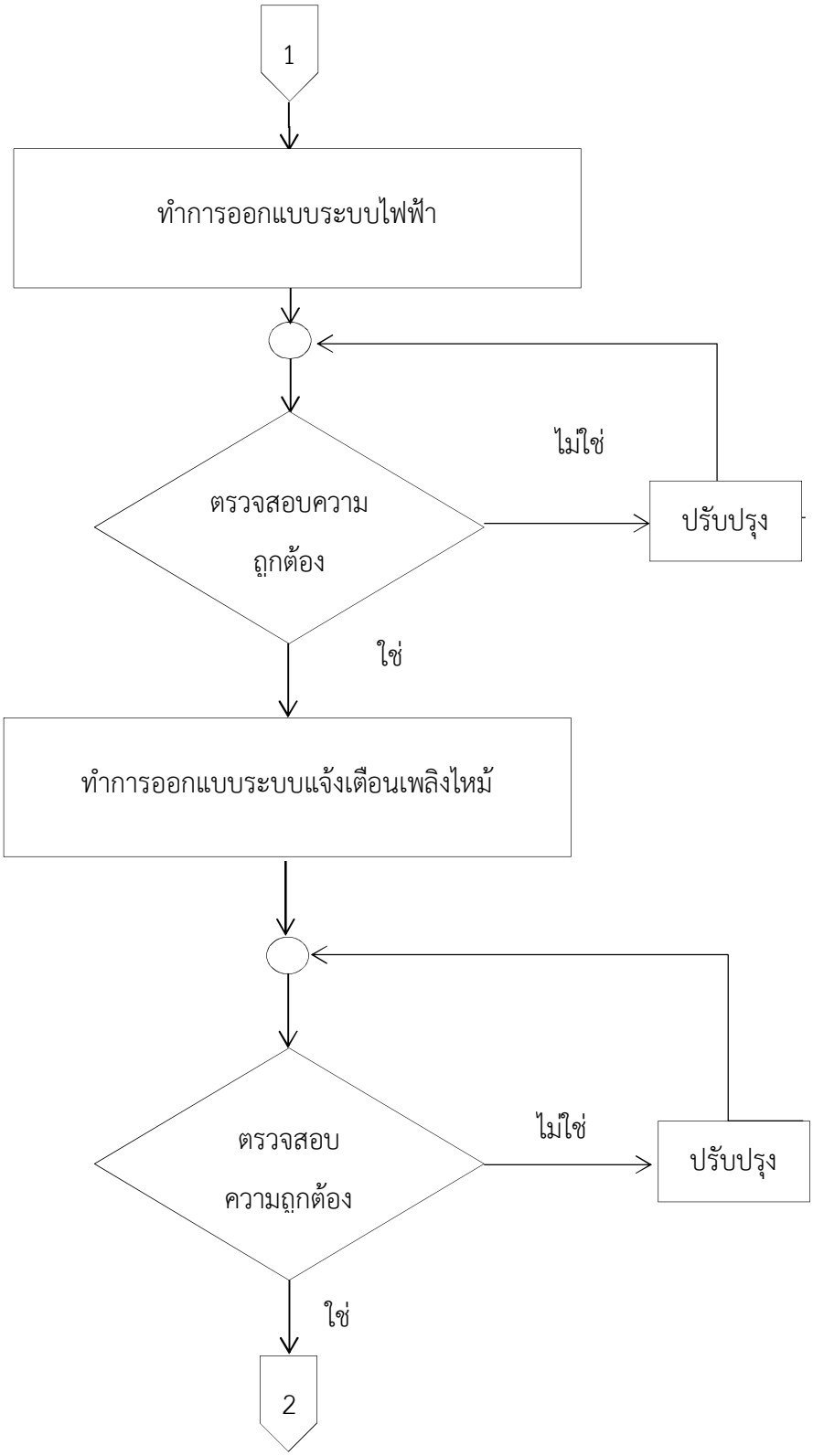
ที่มา:http://www.ksv.ac.th/tb/cai/science2007/chap7_1.htm

บทที่ 3
ขั้นตอนการค้นคว้าวิจัย
หลักการออกแบบ

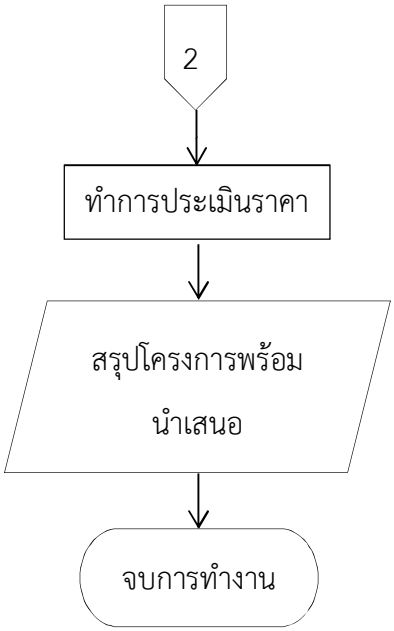
3.1 แผนการดำเนินงาน



รูปที่ 3.1 แผนการดำเนินการ

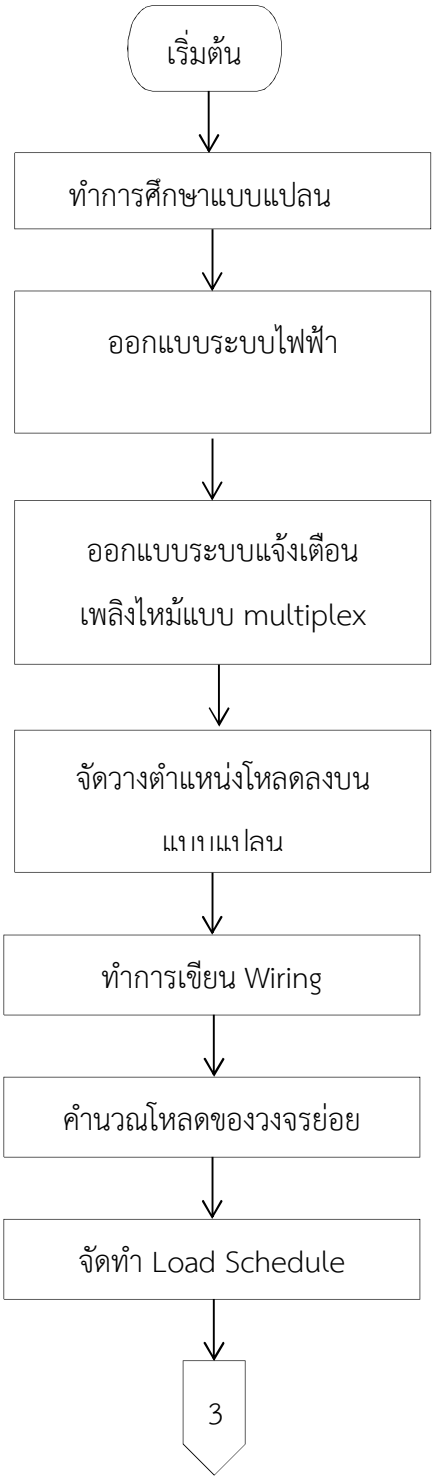


รูปที่ 3.1 แผนการดำเนินการ (ต่อ)

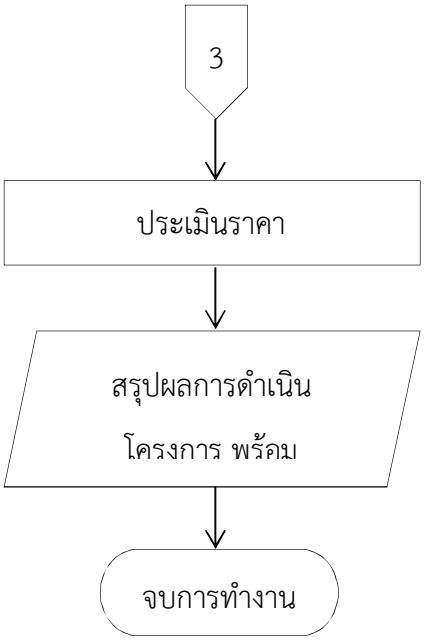


รูปที่ 3.1 แผนการดำเนินการ (ต่อ)

3.2 ขั้นตอนการออกแบบ



รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการออกแบบ



รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการออกแบบ (ต่อ)

3.3 แผนผังระยะเวลาการทำโครงงาน

ตารางที่ 3.1 แผนผังระยะเวลาการดำเนินการ

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

บทที่ 4
ผลการทดลอง

ตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณ

S คือ กำลังไฟฟ้าปรากฏ (VA)

V คือ แรงดันไฟฟ้า (V)

I คือ กระแสไฟฟ้า (A)

BTU คือ ขนาดทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ (Btu/h)

EER คือ ประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ (Btu/h/W)

SEER คือ ค่าที่ใช้วัดประสิทธิภาพในการใช้พลังงานตามฤดูกาลของเครื่องปรับอากาศ

PF คือ ตัวประกอบกำลัง

Watt คือ หน่วยวัดกำลังไฟฟ้าที่เป็นตัวบอกพลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์หรือเครื่องใช้ไฟฟ้า

4.1 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

$$S = \frac{watt}{powerfactor} \tag{4.3}$$

การคำนวณกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ

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

คำนวณหาขนาดเครื่องปรับอากาศ

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

การแปลงค่า SEER เป็นค่า EER

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

4.2 การคำนวณโหลด

การคำนวณโหลดวงจรย่อยของห้อง Type-A

คำนวณโหลดวงจรย่อยแสงสว่างและพัดลมดูดอากาศโดยใช้หลอดไฟ E27LED ขนาด 7 วัตต์ จำนวน 7 ดวง และพัดลมระบายอากาศ (Ventilators Fan) Panasonic รุ่น FV-20RUT2ติดผนัง ขนาดใบพัด 8 นิ้ว ระบบการทำแบบแบบดูดอากาศออก กำลังไฟฟ้า 20 วัตต์

จำนวนวัตต์ทั้งหมดของหลอดไฟ คือ 7 (วัตต์) x 7 (ดวง) = 49 วัตต์

จะได้ปริมาณโหลดทั้งหมด คือ $S = \frac{49 \text{ watt}}{0.9}$

ดังนั้น จะได้ปริมาณโหลดทั้งหมด คือ S = 54.44 VA

พัดลมระบายอากาศ 1 ตัวขนาด 20 watt

จะได้ปริมาณโหลดทั้งหมด คือ $S = \frac{20 \text{ watt}}{0.7}$

ดังนั้น จะได้ปริมาณโหลดทั้งหมด คือ S = 28.57 VA

ดังนั้น ปริมาณโหลดรวมของวงจรย่อยนี้คือ 54.44 + 28.57 = 83.01 VA

กระแสโหลดแสงสว่างรวมกับพัดลมดูดอากาศ $I = \frac{83.01}{230}$

จะได้กระแส I = 0.36 A

คำนวณเผื่อกกระแส 25%จะได้ I = 0.36 x 1.25

ดังนั้น จะได้กระแส I = 0.45 A

ดังนั้นเลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 16 AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC01 ขนาด 2x2.5 mm^2 (21A)

ตัวนำสายดิน G - 2.5 mm^2

ท่อร้อยสาย EMT 15 mm (1/2 นิ้ว)

คำนวณโหลดวงจรย่อยเต้ารับห้องโถงและห้องนอน ประกอบด้วยเต้ารับ 3 จุดกำลังไฟฟ้าจุดละ 180 VA

ดังนั้น ปริมาณโหลด คือ S = 3 x 180 = 540 VA

และกระแสเต้ารับ $I = \frac{540}{230}$

จะได้กระแส I = 2.34 A

คำนวณเผื่อกระแส 25 % จะได้ I = 2.34 x 1.25

ดังนั้น จะได้กระแส I = 2.93 A

ดังนั้นเลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 16 AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC01 ขนาด 2x2.5 mm² (21 A)

ตัวนำสายดิน G - 2.5 mm²

ท่อร้อยสาย EMT 15 mm (1/2 นิ้ว)

คำนวณโหลดวงจรย่อยเต้ารับในห้องครัว ประกอบด้วยเต้ารับ 4 จุด กำลังไฟฟ้าจุดละ 180 VA

ดังนั้น ปริมาณโหลดคือ S = 4 x 180 = 720 VA

และกระแสเต้ารับ $I = \frac{720}{230}$

จะได้กระแส I = 3.13A

คำนวณเผื่อกระแส 25 % จะได้ I = 3.13 x 1.25

ดังนั้น จะได้กระแส I = 3.91 A

ดังนั้นเลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 16 AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC01 ขนาด 2x2.5 mm² (21 A)

ตัวนำสายดิน G - 2.5 mm²

ท่อร้อยสาย EMT 15 mm (1/2 นิ้ว)

คำนวณโหลดวงจรย่อยเครื่องปรับอากาศ

ห้องนอนมีพื้นที่ 7.2993 ตารางเมตร คำนวณหาขนาดเครื่องปรับอากาศ ได้จาก BTU = พื้นที่ห้อง (ตารางเมตร) x 900 ดังนั้นจะได้ขนาดเครื่องปรับอากาศ คือ BTU = 7.2993 x 900 = 6,569.37 BTU เลือกใช้เครื่องปรับอากาศขนาด 9,212BTU ยี่ห้อ Mitsubishi MSY-GN09VF ซึ่งมีค่า SEER = 21.57 BTU/W-h

แปลงค่า SEER เป็นค่าEER โดย $EER = (-0.02 \times SEER^2) + (1.12 \times SEER)$

จะได้ $EER = (-0.02 \times 21.57^2) + (1.12 \times 21.57)$

ดังนั้น EER = 14.85 BTU/h/w

ดังนั้น จะสามารถคำนวณหาปริมาณโหลด $S = \frac{9,212}{14.85 \times 0.6}$

ดังนั้น จะได้ปริมาณโหลดทั้งหมด คือ S = 1,033.89 V

กระแสโหลดเครื่องปรับอากาศ $I = \frac{1,033.89}{230}$

จะได้กระแส I = 4.49 A

คำนวณเผื่อกระแส 25 %จะได้ I = 4.49 x 1.25

ดังนั้น จะได้กระแส I=5.61 A

ดังนั้น พิกัดปรับตั้ง Circuit Breaker = 2 x 5.61 =11.22 A

ดังนั้นเลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด20 AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC01 ขนาด 2x2.5 mm^2 (21A)

ตัวนำสายดิน G - 2.5 mm^2

ท่อร้อยสาย EMT 15 mm (1/2 นิ้ว)

ห้องนั่งเล่นมีพื้นที่ 13.4400ตารางเมตร คำนวณหาขนาดเครื่องปรับอากาศ ได้จาก BTU = พื้นที่ห้อง (ตารางเมตร) x 900 ดังนั้นจะได้ขนาดเครื่องปรับอากาศคือ BTU = 13,4400 x 900 = 12,096 เลือกใช้เครื่องปรับอากาศขนาด12,624BTU ยี่ห้อ Mitsubishi MSY-GN13VF ซึ่งมีค่า SEER = 21.70 BTU/W-h

แปลงค่าSEER เป็นค่า EER โดย $EER = (-0.02 \times SEER^2) + (1.12 \times SEER)$

จะได้ $EER = (-0.02 \times 21.70^2) + (1.12 \times 21.70)$

ดังนั้น EER = 14.89 BTU/h/w

จะสามารถคำนวณหาปริมาณโหลด $S = \frac{12,626}{14.89 \times 0.6}$

ดังนั้น จะได้ปริมาณโหลดทั้งหมด คือ S = 1,413.25VA

กระแสโหลดเครื่องปรับอากาศ $I = \frac{1,413.25}{230}$

จะได้กระแส I= 6.14 A

คำนวณเผื่อกระแส 25 % จะได้ I = 6.14 x 1.25

ดังนั้น จะได้กระแส I =7.68 A

พิกัดปรับตั้ง Circuit Breaker = 2 x 7.68 = 15.36

ดังนั้นเลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 20AT
ตัวนำสายไฟฟ้า IEC01 ขนาด 2x2.5 mm² (21 A)
ตัวนำสายดิน G - 2.5 mm²
ท่อร้อยสาย EMT 15 mm (1/2 นิ้ว)

คำนวณโหลดวงจรย่อยเครื่องทำน้ำอุ่น ขนาด 3,500 วัตต์

เนื่องจากเครื่องทำน้ำอุ่นเป็นโหลดประเภท โหลดชนิดความต้านทาน (Resistive Load) ค่า power factor จะเท่ากับ 1 ดังนั้น

จะสามารถคำนวณหาปริมาณโหลด $S = \frac{3500}{1}$

ดังนั้น จะได้ปริมาณโหลด S= 3,500 VA

กระแสโหลดเครื่องทำน้ำอุ่น $I = \frac{3500}{230}$

จะได้กระแส I = 15.21 A

คำนวณเผื่อกระแส 25 % จะได้ I= 15.21 x1.25

ดังนั้น จะได้กระแส I = 19.02 A

ดังนั้นเลือกใช้ Circuit Breaker Circuit Breaker ขนาด 20AT
ตัวนำสายไฟฟ้า IEC01 ขนาด 2x2.5 mm² (21 A)
ตัวนำสายดิน G - 2.5 mm²
ท่อร้อยสาย EMT 15 mm (1/2 นิ้ว)

คำนวณโหลดวงจรย่อยเครื่องดูดควัน (Hood)กำลังไฟฟ้าสูงสุด 350 วัตต์

ปริมาณโหลดทั้งหมดคือ $S = \frac{350}{0.6}$

ดังนั้น จะได้ปริมาณโหลด S = 583.33 VA

กระแสโหลด $I = \frac{583.33}{230}$

จะได้กระแส I = 2.53 A

คำนวณเผื่อกระแส 25 % จะได้ I = 2.53 x 1.25

ดังนั้น จะได้กระแส I = 3.17 A

ดังนั้นเลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 16 AT
ตัวนำสายไฟฟ้า IEC01 ขนาด 2x2.5 mm² (21 A)
ตัวนำสายดิน G - 2.5 mm²
ท่อร้อยสาย EMT 15 mm (1/2 นิ้ว)

คำนวณโหลดวงจรย่อยเตาประกอบอาหาร (Hob) กำลังไฟฟ้าสูงสุด 3,000วัตต์

ปริมาณโหลดทั้งหมดคือ $S = \frac{3000}{1}$

ดังนั้น จะได้ปริมาณโหลด S = 3,000 VA

กระแสโหลด $I = \frac{3,000}{230}$

จะได้กระแส I = 13.04 A

คำนวณเผื่อกกระแส 25 %จะได้ I = 13.04 x 1.25

ดังนั้น จะได้กระแส I = 16.3 A

ดังนั้นเลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 20AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC01 ขนาด 2x2.5mm² (21 A)

ตัวนำสายดิน G - 2.5 mm²

ท่อร้อยสาย EMT 15 mm (1/2 นิ้ว)

คำนวณสายป้อน : คิด Demand factor

1. โหลดแสงสว่าง 83.01 VA
2. โหลดเต้ารับ 540 VA
3. โหลดเต้ารับ (ห้องครัว) 720 VA
4. โหลดเครื่องปรับอากาศ(ห้องนอน) 1,033.89 VA
5. โหลดเครื่องปรับอากาศ(ห้องโถง) 1,413.25 VA
6. โหลดเครื่องทำน้ำอุ่น 3500 VA
7. โหลดเตาประกอบอาหาร (Hob) ขนาด 3000 VA
8. โหลดเครื่องดูดควัน (Hood) ขนาด 583.33 VA

คำนวณ Demand factor ที่ห้องครัว

จำนวนเต้ารับในห้องครัว จำนวน 4 จุด	ขนาดจุดละ 180 VA
เตาประกอบอาหาร (Hob)	ขนาด 3000 VA
เครื่องดูดควัน (Hood)	ขนาด 583.33 VA
(180×4)+3,000+583.33	= 4303.33 VA
4303.33 – 2300	= 2003.33VA
คิดที่ 30% ของ 2003.33 คือ 2003.33×0.3	= 600.99 VA
จะได้ 2,300 + 600.99	= 2900.99 VA

ดังนั้น จะได้โหลดทั้งหมด 83.01 + 540 +1,033.89 + 1,413.25 + 3,500 + 2,900.99 =9,471.14VA

กระแสโหลด $I = \frac{9,471.14}{230}$

จะได้กระแส I = 41.17 A

คิดเผื่อกกระแส 25 % จะได้ I = 41.47 x 1.25

ดังนั้น จะได้กระแส I = 51.47 A

ดังนั้นเลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด60 AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC01 ขนาด 2x16 mm^2 (66 A)

ตัวนำสายดิน G - 6 mm^2

ท่อร้อยสาย EMT 20 mm (1นิ้ว)

การคำนวณโหลดวงจรย่อยของห้อง Type-B

คำนวณโหลดวงจรย่อยแสงสว่างและพัดลมดูดอากาศ โดยใช้หลอดไฟ E27LED ขนาด 7 วัตต์ จำนวน 13 ดวง และพัดลมระบายอากาศ (Ventilators Fan) Panasonic รุ่น FV-20RUT2ติดผนัง ขนาดใบพัด 8 นิ้ว ระบบการทำแบบแบบดูดอากาศออก กำลังไฟฟ้า 20 วัตต์

จำนวนวัตต์ทั้งหมดของหลอดไฟ คือ 7 (วัตต์) x 13 (ดวง) = 91 วัตต์

จะได้ปริมาณโหลดทั้งหมด คือ $S = \frac{91}{0.9}$

ดังนั้น จะได้ปริมาณโหลด S =101.11 VA

พัดลมระบายอากาศ 1 ตัวขนาด 20 watt

จะได้ปริมาณโหลดทั้งหมด คือ $S = \frac{watt}{powerfactor} = \frac{20watt}{0.7}$

ดังนั้น จะได้ปริมาณโหลด S = 28.57 VA

ดังนั้น ปริมาณโหลดรวมของวงจรย่อยนี้คือ 101.11 + 28.57 = 129.68 VA

กระแสโหลดแสงสว่างรวมกับพัดลมดูดอากาศ $I = \frac{129.68}{230}$

จะได้กระแส I = 0.56 A

คำนวณเผื่อกกระแส 25 % จะได้ I = 0.56 x 1.25

ดังนั้น จะได้กระแส I= 0.70 A

ดังนั้นเลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 16 AT
ตัวนำสายไฟฟ้า IEC01 ขนาด 2x2.5 mm² (21 A)
ตัวนำสายดิน G - 2.5 mm²
ท่อร้อยสาย EMT 15 mm (1/2 นิ้ว)

คำนวณโหลดวงจรย่อยเต้ารับห้องโถงและห้องนอน ประกอบด้วยเต้ารับ 4 จุดกำลังไฟฟ้าจุดละ180 VA

ปริมาณโหลด คือ S= 4x 180

ดังนั้น จะได้ปริมาณโหลด S= 720 VA

และ กระแสเต้ารับ $I = \frac{720}{230}$

จะได้กระแส = 3.13 A

คิดเผื่อกระแส 25 % จะได้ I = 3.13 x 1.25

ดังนั้น จะได้กระแส I = 3.91 A

ดังนั้นเลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 16 AT
ตัวนำสายไฟฟ้า IEC01 ขนาด 2x2.5 mm² (21A)
ตัวนำสายดิน G - 2.5 mm²
ท่อร้อยสาย EMT 15 mm (1/2 นิ้ว)

คำนวณโหลดวงจรย่อยเต้ารับในห้องครัว ประกอบด้วยเต้ารับ 3 จุด กำลังไฟฟ้าจุดละ 180 VA

ดังนั้น ปริมาณโหลด คือ S= 3 x 180

ดังนั้น จะได้ปริมาณโหลด S= 540 VA

และ กระแสเต้ารับ $I = \frac{540}{230}$

จะได้กระแส I = 2.34 A

คิดเผื่อกระแส 25% จะได้ I = 2.34 x 1.25

ดังนั้น จะได้กระแส I= 2.93 A

ดังนั้นเลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 16 AT
ตัวนำสายไฟฟ้า IEC01 ขนาด 2x2.5 mm² (21 A)
ตัวนำสายดิน G - 2.5 mm²
ท่อร้อยสาย EMT 15 mm (1/2 นิ้ว)

คำนวณโหลดวงจรย่อยเครื่องปรับอากาศ

ห้องนอนมีพื้นที่ 8.8706 ตารางเมตร คำนวณหาขนาดเครื่องปรับอากาศ ได้จาก BTU = พื้นที่ห้อง (ตารางเมตร) x 900 ดังนั้นจะได้ขนาดเครื่องปรับอากาศคือBTU=8.8706 x 900 = 7,983.54 BTU เลือกใช้เครื่องปรับอากาศขนาด 9,212BTU ยี่ห้อ Mitsubishi MSY-GN09VF ซึ่งมีค่า SEER = 21.57 BTU/W-h

แปลงค่า SEER เป็นค่า EER โดย $EER=(-0.02xSEER^2)+(1.12xSEER)$

จะได้ $EER=(-0.02x21.57^2)+(1.12x21.57)$

ดังนั้น EER =14.85 BTU/h/w

จะสามารถคำนวณหาปริมาณโหลด $S=\frac{9,212}{14.85x0.6}$

ดังนั้น จะสามารถคำนวณหาปริมาณโหลด S = 1,033.89

กระแสโหลดเครื่องปรับอากาศ $I=\frac{1,033.89}{230}$

จะได้กระแส I = 4.49 A

คำนวณเผื่อกระแส 25 %จะได้ I =4.49 x 1.25

ดังนั้น จะได้กระแส I = 5.61 A

พิกัดปรับตั้ง Circuit Breaker = 2 x 5.61 = 11.22 A

ดังนั้นเลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 20AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC01 ขนาด 2x2.5 mm² (21 A)

ตัวนำสายดิน G - 2.5 mm²

ท่อร้อยสาย EMT 15 mm (1/2 นิ้ว)

ห้องนั่งเล่นมีพื้นที่ 11.8605 ตารางเมตร คำนวณหาขนาดเครื่องปรับอากาศ ได้จาก BTU = พื้นที่ห้อง (ตารางเมตร)x 900 ดังนั้นจะได้ขนาดเครื่องปรับอากาศคือ BTU=11.8605 x 900 = 10,674.45 BTU เลือกใช้เครื่องปรับอากาศขนาด12,624BTU ยี่ห้อ Mitsubishi MSY- GN13VF ซึ่งมีค่า SEER = 21.70 BTU/W-h

แปลงค่า SEER เป็นค่า EER โดย $EER=(-0.02xSEER^2)+(1.12xSEER)$

จะได้ $EER=(-0.02x21.70^2)+(1.12x21.70)$

ดังนั้น EER =14.89 BTU/h/w

ดังนั้น จะสามารถคำนวณหาปริมาณโหลด $S = \frac{12,626}{14.89 \times 0.6} = 1,413.25$ VA

กระแสโหลดเครื่องปรับอากาศ $I = \frac{1,413.25}{230}$

จะได้กระแส $I = 6.14$ A

คิดเผื่อกระแส 25% จะได้ $I = 6.14 \times 1.25$

ดังนั้น จะได้กระแส $I = 7.68$ A

พิกัดปรับตั้ง Circuit Breaker $= 2 \times 7.68 = 15.36$

ดังนั้นเลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 20AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC01 ขนาด 2x2.5 mm² (21 A)

ตัวนำสายดิน G - 2.5 mm²

ท่อร้อยสาย EMT 15 mm (1/2 นิ้ว)

คำนวณโหลดวงจรย่อยเครื่องทำน้ำอุ่น ขนาด 3,500 วัตต์

เนื่องจากเครื่องทำน้ำอุ่นเป็นโหลดประเภท โหลดชนิดความต้านทาน (Resistive Load) ค่า power factor จะเท่ากับ 1 ดังนั้น

ปริมาณโหลด $S = \frac{3500}{1}$

ดังนั้น จะได้ปริมาณโหลด $S = 3,500$ VA

กระแสโหลดเครื่องทำน้ำอุ่น $I = \frac{3,500}{230}$

จะได้กระแส $I = 15.21$ A

คำนวณเผื่อกระแส 25 %จะได้ $I = 15.21 \times 1.25$

ดังนั้น จะได้กระแส $I = 19.02$ A

ดังนั้นเลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 20AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC01 ขนาด 2x2.5 mm² (21 A)

ตัวนำสายดิน G - 2.5 mm²

ท่อร้อยสาย EMT 15 mm (1/2 นิ้ว)

คำนวณโหลดวงจรย่อยเครื่องดูดควัน (Hood)กำลังไฟฟ้าสูงสุด 350 วัตต์

ปริมาณโหลดทั้งหมดคือ $S = \frac{350}{0.6}$

ดังนั้น จะได้ปริมาณโหลด S= 583.33 VA

กระแสโหลด $I = \frac{583.33}{230}$

จะได้ I= 2.53 A

คิดเผื่อกกระแส 25 %จะได้ I =2.53 x 1.25

ดังนั้น จะได้กระแส I= 3.17 A

ดังนั้นเลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 16 AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC01 ขนาด 2x2.5 mm^2 (21 A)

ตัวนำสายดิน G - 2.5 mm^2

ท่อร้อยสาย EMT 15 mm (1/2 นิ้ว)

คำนวณโหลดวงจรย่อยเตาประกอบอาหาร (Hob) กำลังไฟฟ้าสูงสุด 3,000วัตต์

ปริมาณโหลดทั้งหมดคือ $S = \frac{3,000}{1}$

ดังนั้น จะได้ปริมาณโหลด S= 3,000 VA

กระแสโหลด $I = \frac{3,000}{230}$

จะได้กระแส I =13.04 A

คิดเผื่อกกระแส 25 %จะได้ I= 13.04 x 1.25

ดังนั้น จะได้กระแส I= 16.3 A

ดังนั้นเลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 20AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC01 ขนาด 2x2.5 mm^2 (21 A)

ตัวนำสายดิน G - 2.5 mm^2

ท่อร้อยสาย EMT 15 mm (1/2 นิ้ว)

คำนวณสายป้อน : คิด Demand factor

1. โหลดแสงสว่าง 129.68VA
2. โหลดเต้ารับ 720VA
3. โหลดเต้ารับ (ห้องครัว) 540 VA
4. โหลดเครื่องปรับอากาศ (ห้องนอน) 1,033.89 VA
5. โหลดเครื่องปรับอากาศ(ห้องโถง) 1,413.25 VA
6. โหลดเครื่องทำน้ำอุ่น 3500 VA
7. โหลดเตาประกอบอาหาร (Hob) ขนาด 3000 VA
8. โหลดเครื่องดูดควัน (Hood) ขนาด 583.33 VA

คำนวณ Demand factor ที่ห้องครัว

จำนวนเต้ารับในห้องครัว จำนวน 3 จุด ขนาดจุดละ 180 VA

เตาประกอบอาหาร (Hob) ขนาด 3000 VA

เครื่องดูดควัน (Hood) ขนาด 583.33 VA

คำนวณได้จาก (180×3)+3,000+583.33 = 4,123.33VA

4,123.33 – 2,300 = 1,823.33VA

30% ของ 1,823.33 คือ 1,823.33 ×0.3 = 546.99 VA

จะได้ 2,300 + 546.99 = 2,846.99 VA

ดังนั้น จะได้โหลดทั้งหมด 129.68+ 720 +1,033.89 + 1,413.25 + 3,500 + 2,846.99 = 9,643.81 VA

กระแสโหลด $I = \frac{9,643.81}{230}$

จะได้กระแส I= 41.92 A

คิดเผื่อกกระแส 25 %จะได้ I= 41.92 x 1.25

ดังนั้น จะได้กระแส I= 52.41 A

ดังนั้นเลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด60 AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC01 ขนาด 2x16 mm^2 (66 A)

ตัวนำสายดิน G - 6 mm^2

ท่อร้อยสาย EMT 20 mm (1 นิ้ว)

คำนวณโหลดวงจรย่อยของห้อง Type-C

คำนวณโหลดวงจรย่อยแสงสว่างและพัดลมดูดอากาศ โดยใช้หลอดไฟ E27LED ขนาด 7 วัตต์ จำนวน 13 ดวง และพัดลมระบายอากาศ (Ventilators Fan) Panasonic รุ่น FV-20RUT2ติดผนัง ขนาดใบพัด 8 นิ้ว ระบบการทำแบบแบบดูดอากาศออก กำลังไฟฟ้า 20 วัตต์

จำนวนวัตต์ทั้งหมดของหลอดไฟ คือ 7 (วัตต์) x 13 (ดวง) = 91 วัตต์

จะได้ปริมาณโหลดทั้งหมด คือ $S = \frac{91}{0.9}$

ดังนั้น จะได้ปริมาณโหลด $S = 101.11$ VA

คำนวณโหลดพัดลมระบายอากาศ 1 ตัวขนาด 20 watt

จะได้ปริมาณโหลดทั้งหมด คือ $S = \frac{20}{0.7}$

ดังนั้น จะได้ปริมาณโหลด $S = 28.57$ VA

ดังนั้น ปริมาณโหลดรวมของวงจรย่อยนี้คือ $101.11 + 28.57 = 129.68$ VA

กระแสโหลดแสงสว่างรวมกับพัดลมดูดอากาศ $I = \frac{129.68}{230}$

จะได้กระแส $I = 0.56$ A

คิดเผื่อกกระแส 25 % จะได้ $I = 0.56 \times 1.25$

ดังนั้น จะได้กระแส $I = 0.70$ A

ดังนั้นเลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 16 AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC01 ขนาด 2x2.5 mm^2 (21 A)

ตัวนำสายดิน G - 2.5 mm^2

ท่อร้อยสาย EMT 15 mm (1/2 นิ้ว)

คำนวณโหลดวงจรย่อยเต้ารับห้องโถงและห้องนอน ประกอบด้วยเต้ารับ 4 จุดกำลังไฟฟ้าจุดละ 180 VA

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

และ กระแสเต้ารับ $I = \frac{720}{230}$

จะได้กระแส $I = 3.13$ A

คำนวณเผื่อกระแส 25 % จะได้ $I = 3.13 \times 1.25$

ดังนั้น จะได้กระแส $I = 3.91$ A

ดังนั้นเลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 16 AT
ตัวนำสายไฟฟ้า IEC01 ขนาด 2x2.5 mm² (18 A)
ตัวนำสายดิน G - 2.5 mm²
ท่อร้อยสาย EMT 15 mm (1/2 นิ้ว)

คำนวณโหลดวงจรย่อยเต้ารับในห้องครัว ประกอบด้วยเต้ารับ 3 จุด กำลังไฟฟ้าจุดละ 180 VA

ดังนั้น ปริมาณโหลด คือ $S = 3 \times 180 = 540$ VA
และ กระแสเต้ารับ $I = \frac{540}{230}$
จะได้กระแส $I = 2.34$ A
คำนวณเผื่อกระแส 25 % จะได้ $I = 2.34 \times 1.25$
ดังนั้น จะได้กระแส $I = 2.93$ A

ดังนั้นเลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 16 AT
ตัวนำสายไฟฟ้า IEC01 ขนาด 2x2.5 mm² (21 A)
ตัวนำสายดิน G - 2.5 mm²
ท่อร้อยสาย EMT 15 mm (1/2 นิ้ว)

คำนวณโหลดวงจรย่อยเครื่องปรับอากาศ

ห้องนอนมีพื้นที่ 8.8706 ตารางเมตร คำนวณหาขนาดเครื่องปรับอากาศ ได้จาก BTU = พื้นที่ห้อง (ตารางเมตร) x 900 ดังนั้นจะได้ขนาดเครื่องปรับอากาศคือ BTU=8.8706 x 900 = 7,983.54 BTU เลือกใช้เครื่องปรับอากาศขนาด 9,212BTU ยี่ห้อ Mitsubishi MSY-GN09VF ซึ่งมีค่า SEER = 21.57 BTU/W-h

แปลงค่า SEER เป็นค่า EER โดย $EER = (-0.02 \times SEER^2) + (1.12 \times SEER)$
จะได้ $EER = (-0.02 \times 21.57^2) + (1.12 \times 21.57)$
ดังนั้น $EER = 14.85$ BTU/h/w
จะสามารถคำนวณหาปริมาณโหลด $S = \frac{9,212}{14.85 \times 0.6}$
ดังนั้น จะได้ปริมาณโหลด $S = 1,033.89$ VA
กระแสโหลดเครื่องปรับอากาศ $I = \frac{1,033.89}{230}$
จะได้กระแส $I = 4.49$ A

คำนวณเผื่อกระแส 25% จะได้ $I = 4.49 \times 1.25$

ดังนั้น จะได้กระแส $I = 5.61$ A

พิกัดปรับตั้ง Circuit Breaker $= 2 \times 5.61 = 11.22$ A

ดังนั้นเลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 20AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC01 ขนาด 2x2.5 mm² (21 A)

ตัวนำสายดิน G - 2.5 mm²

ท่อร้อยสาย EMT 15 mm (1/2 นิ้ว)

ห้องนั่งเล่นมีพื้นที่ 11.8605 ตารางเมตร คำนวณหาขนาดเครื่องปรับอากาศ ได้จาก BTU = พื้นที่ห้อง (ตารางเมตร) x 900 ดังนั้นจะได้ขนาดเครื่องปรับอากาศคือBTU=11.8605 x 900 = 10,674.45 BTU เลือกใช้เครื่องปรับอากาศขนาด12,624BTU ยี่ห้อ Mitsubishi MSY- GN13VF ซึ่งมีค่า SEER = 21.70 BTU/W-h

แปลงค่า SEER เป็นค่า EER โดย $EER = (-0.02 \times SEER^2) + (1.12 \times SEER)$

จะได้ $EER = (-0.02 \times 21.70^2) + (1.12 \times 21.70)$

ดังนั้น $EER = 14.89$ BTU/h/w

จะสามารถคำนวณหาปริมาณโหลด $S = \frac{12,626}{14.89 \times 0.6}$

ดังนั้น จะได้ปริมาณโหลด $S = 1,413.25$

กระแสโหลดเครื่องปรับอากาศ $I = \frac{1.413.25}{230}$

จะได้กระแส $I = 6.14$ A

คิดเผื่อกระแส 25% จะได้ $I = 6.14 \times 1.25$

ดังนั้น จะได้กระแส $I = 7.68$ A

พิกัดปรับตั้ง Circuit Breaker = 2 x7.68 = 15.36 A

ดังนั้นเลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 20AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC01 ขนาด 2x2.5mm² (21 A)

ตัวนำสายดิน G - 2.5 mm²

ท่อร้อยสาย EMT 15 mm (1/2 นิ้ว)

คำนวณโหลดวงจรย่อยเครื่องทำน้ำอุ่น ขนาด 3,500 วัตต์

เนื่องจากเครื่องทำน้ำอุ่นเป็นโหลดประเภท โหลดชนิดความต้านทาน (Resistive Load) ค่า power factor จะเท่ากับ 1 ดังนั้น

ปริมาณโหลด $S = \frac{3500}{1}$

ดังนั้น จะได้ปริมาณโหลด S = 3,500 VA

กระแสโหลดเครื่องทำน้ำอุ่น $I = \frac{3,500}{230}$

จะได้กระแส I = 15.21 A

คิดเผื่อกระแส 25 % จะได้ I = 15.21 x 1.25

ดังนั้น จะได้กระแส I = 19.02 A

ดังนั้นเลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 20AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC01 ขนาด 2x2.5 mm² (21 A)

ตัวนำสายดิน G - 2.5 mm²

ท่อร้อยสาย EMT 15 mm (1/2 นิ้ว

คำนวณโหลดวงจรย่อยเครื่องดูดควัน (Hood)กำลังไฟฟ้าสูงสุด 350 วัตต์

ปริมาณโหลดทั้งหมดคือ $S = \frac{350}{0.6}$

ดังนั้น จะได้ปริมาณโหลด S= 583.33 VA

กระแสโหลด $I = \frac{583.33}{230}$

จะได้กระแส I= 2.53 A

คำนวณเผื่อกระแส 25% จะได้ I = 2.53 x 1.25

ดังนั้น จะได้กระแส I = 3.17A

ดังนั้นเลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 16 AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC01 ขนาด 2x2.5 mm² (21)

ตัวนำสายดิน G - 2.5 mm²

ท่อร้อยสาย EMT 15 mm (1/2 นิ้ว)

คำนวณโหลดวงจรย่อยเตาประกอบอาหาร (Hob) กำลังไฟฟ้าสูงสุด 3,000วัตต์

ปริมาณโหลดทั้งหมดคือ $S = \frac{3,000}{1}$

ดังนั้น จะได้ปริมาณโหลด S= 3,000 VA

กระแสโหลด $I = \frac{3,000}{230}$

จะได้กระแส I =13.04

คิดเผื่อกกระแส 25% จะได้ I = 13.04 x 1.25

ดังนั้น จะได้กระแส I= 16.3 A

ดังนั้นเลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 20AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC01 ขนาด 2x2.5 mm² (21A)

ตัวนำสายดิน G - 2.5 mm²

ท่อร้อยสาย EMT 15 mm (1/2 นิ้ว)

คำนวณสายป้อน : คิด Demand factor

1. โหลดแสงสว่าง 129.68VA
2. โหลดเต้ารับ 720VA
3. โหลดเต้ารับ (ห้องครัว) 540 VA
4. โหลดเครื่องปรับอากาศ(ห้องนอน) 1,033.89 VA
5. โหลดเครื่องปรับอากาศ(ห้องโถง) 1,413.25 VA
6. โหลดเครื่องทำน้ำอุ่น 3500 VA
7. โหลดเตาประกอบอาหาร (Hob) ขนาด 3000 VA
8. โหลดเครื่องดูดควัน (Hood) ขนาด 583.33 VA

คิด Demand factor ที่ห้องครัว

จำนวนเต้ารับในห้องครัว จำนวน 3 จุด ขนาดจุดละ 180 VA

เตาประกอบอาหาร (Hob) ขนาด 3000 VA

เครื่องดูดควัน (Hood) ขนาด 583.33 VA

คำนวณได้จาก (180×3)+3,000+583.33 = 4,123.33VA

4,123.33 – 2,300 = 1,823.33VA

30% ของ 1,823.33 คือ 1,823.33 ×0.3 = 546.99 VA

จะได้ 2,300 + 546.99 = 2,846.99 VA

ดังนั้น จะได้โหลดทั้งหมด 129.68+ 720 +1,033.89 + 1,413.25 + 3,500 + 2,846.99

ดังนั้น จะได้ปริมาณโหลดทั้งหมด S = 9,643.81 VA

กระแสโหลด $I = \frac{9,643.81}{230}$

จะได้กระแส I = 41.92 A

คิดเผื่อกกระแส 25 % จะได้ I = 41.92 x 1.25

ดังนั้น จะได้กระแส I = 52.41 A

ดังนั้นเลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด60 AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC01 ขนาด 2x25 mm² (77 A)

ตัวนำสายดิน G - 6 mm²

ท่อร้อยสาย EMT 25 mm (1 นิ้ว)

การคำนวณโหลดวงจรย่อยของห้อง Duplex1-1

คำนวณโหลดวงจรย่อยแสงสว่างและพัดลมดูดอากาศ โดยใช้หลอดไฟ E27LED ขนาด 7 วัตต์ จำนวน 9 ดวง และพัดลมระบายอากาศ (Ventilators Fan) Panasonic รุ่น FV-20RUT2ติดผนัง ขนาดใบพัด 8 นิ้ว ระบบการทำแบบแบบดูดอากาศออก กำลังไฟฟ้า 20 วัตต์

จำนวนวัตต์ทั้งหมดของหลอดไฟ คือ 7 (วัตต์) x 9 (ดวง) = 63 วัตต์

จะได้ปริมาณโหลดทั้งหมด คือ $S = \frac{63}{0.9}$

ดังนั้น จะได้ปริมาณโหลด S = 70 VA

คำนวณโหลดพัดลมระบายอากาศ 1 ตัวขนาด 20 watt

จะได้ปริมาณโหลดทั้งหมด คือ $S = \frac{20}{0.7}$

ดังนั้น จะได้ปริมาณโหลด S = 28.57 VA

ดังนั้น ปริมาณโหลดรวมของวงจรย่อยนี้คือ 70 + 28.57 = 98.57 VA

กระแสโหลดแสงสว่างรวมกับพัดลมดูดอากาศ $I = \frac{98.57}{230}$

จะได้กระแส I = 0.42 A

คิดเผื่อกกระแส 25 %จะได้ I =0.42 x 1.25

ดังนั้น จะได้กระแส I = 0.53 A

ดังนั้นเลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 16 AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC01 ขนาด 2x2.5 mm² (21 A)

ตัวนำสายดิน G - 2.5 mm²

ท่อร้อยสาย EMT 15 mm (1/2 นิ้ว)

คำนวณโหลดวงจรย่อยเต้ารับห้องโถงและห้องนอน ประกอบด้วยเต้ารับ 2 จุดกำลังไฟฟ้าจุดละ 180 VA

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

และ กระแสเต้ารับ $S = \frac{360}{230}$

ดังนั้น จะได้กระแส $I = 1.56$ A

คำนวณเผื่อกระแส 25% จะได้ $I = 1.56 \times 1.25$

ดังนั้น จะได้กระแส $I = 1.95$ A

ดังนั้นเลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 16 AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC01 ขนาด 2x2.5 mm² (21 A)

ตัวนำสายดิน G - 2.5 mm²

ท่อร้อยสาย EMT 15 mm (1/2 นิ้ว)

คำนวณโหลดวงจรย่อยเต้ารับในห้องครัว ประกอบด้วยเต้ารับ 3 จุด กำลังไฟฟ้าจุดละ 180 VA

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

และ กระแสเต้ารับ $I = \frac{540}{230}$

จะได้กระแส $I = 2.34$ A

คำนวณเผื่อกระแส 25% จะได้ $I = 2.34 \times 1.25$

ดังนั้นจะได้กระแส $I = 2.93$ A

ดังนั้นเลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 16 AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC01 ขนาด 2x2.5 mm² (21A)

ตัวนำสายดิน G - 2.5 mm²

ท่อร้อยสาย EMT 15 mm (1/2 นิ้ว)

คำนวณโหลดวงจรย่อยเครื่องปรับอากาศ

ห้องโถงมีพื้นที่ 14.0884 ตารางเมตร คำนวณหาขนาดเครื่องปรับอากาศ ได้จาก BTU = พื้นที่ห้อง (ตารางเมตร) x 900 ดังนั้นจะได้ขนาดเครื่องปรับอากาศคือ BTU=14.0884 x 900 = 12,679.56 BTU เลือกใช้เครื่องปรับอากาศขนาด 14,330 BTU ยี่ห้อ Mitsubishi MSY-GN15VF ซึ่งมีค่า SEER = 19.69 BTU/W-h

แปลงค่า SEER เป็นค่า EER โดย $EER = (-0.02 \times SEER^2) + (1.12 \times SEER)$

จะได้ $EER = (-0.02 \times 19.69^2) + (1.12 \times 19.69)$

ดังนั้น EER= 14.30 BTU/h/w

จะสามารถคำนวณหาปริมาณโหลด $S = \frac{14,330}{14.30 \times 0.6}$

ดังนั้น จะได้ปริมาณโหลด $S = 1,670.16$ VA

กระแสโหลดเครื่องปรับอากาศ $I = \frac{1,670.16}{230}$

จะได้กระแส $I = 7.26$ A

คำนวณเผื่อกระแส 25 % จะได้ $I = 7.26 \times 1.25$

ดังนั้น จะได้กระแส $I = 9.07$ A

พิกัดปรับตั้ง Circuit Breaker $= 2 \times 9.07 = 18.15$ A

ดังนั้นเลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 20AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC01 ขนาด 2x2.5 mm² (21 A)

ตัวนำสายดิน G - 2.5 mm²

ท่อร้อยสาย EMT 15 mm (1/2 นิ้ว)

คำนวณโหลดวงจรย่อยเครื่องดูดควัน (Hood)กำลังไฟฟ้าสูงสุด 350 วัตต์

ปริมาณโหลดทั้งหมดคือ $S = \frac{350}{0.6}$

ดังนั้น จะได้ปริมาณโหลด $S = 583.33$ VA

กระแสโหลด $I = \frac{583.33}{230}$

จะได้กระแส $I = 2.53$ A

คิดเผื่อกกระแส 25 % จะได้ $I = 2.53 \times 1.25$

ดังนั้นจะได้กระแส $I = 3.17$ A

ดังนั้นเลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 16 AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC01 ขนาด 2x2.5 mm² (21 A)

ตัวนำสายดิน G - 2.5 mm²

ท่อร้อยสาย EMT 15 mm (1/2 นิ้ว)

คำนวณโหลดวงจรย่อยเตาประกอบอาหาร (Hob) กำลังไฟฟ้าสูงสุด 3,000วัตต์

ปริมาณโหลดทั้งหมดคือ $S = \frac{3,000}{1}$

ดังนั้น จะได้ปริมาณโหลด $S = 3,000$ VA

กระแสโหลด $I = \frac{3,000}{230}$

จะได้กระแส I = 13.04A

คิดเผื่อกระแส 25%จะได้ I = 13.04 x 1.25

ดังนั้น จะได้กระแส I= 16.3 A

ดังนั้นเลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 20AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC01 ขนาด 2x2.5mm² (21 A)

ตัวนำสายดิน G - 2.5 mm²

ท่อร้อยสาย EMT 15 mm (1/2 นิ้ว)

การคำนวณโหลดวงจรย่อยของห้อง Duplex1-2

คำนวณโหลดวงจรย่อยแสงสว่างและพัดลมดูดอากาศ โดยใช้หลอดไฟ E27LED ขนาด 7 วัตต์ จำนวน 9 ดวง และพัดลมระบายอากาศ (Ventilators Fan) Panasonic รุ่น FV-20RUT2ติดผนัง ขนาดใบพัด 8 นิ้ว ระบบการทำแบบแบบดูดอากาศออก กำลังไฟฟ้า 20 วัตต์

จำนวนวัตต์ทั้งหมดของหลอดไฟ คือ 7 (วัตต์) x 7 (ดวง) = 49 วัตต์

จะได้ปริมาณโหลดทั้งหมด คือ $S = \frac{49}{0.9}$

ดังนั้น จะได้ปริมาณโหลด S = 54.44 VA

คำนวณโหลดพัดลมระบายอากาศ 1 ตัวขนาด 20 watt

จะได้ปริมาณโหลดทั้งหมด คือ $S = \frac{20watt}{0.7}$

ดังนั้น จะได้ปริมาณโหลด S = 28.57 VA

ดังนั้น ปริมาณโหลดรวมของวงจรย่อยนี้คือ 54.44 + 28.57 = 83.01 VA

กระแสโหลดแสงสว่างรวมกับพัดลมดูดอากาศ $I = \frac{83.01}{230}$

จะได้กระแส I = 0.36 A

คิดเผื่อกกระแส 25 %จะได้ I = 0.36 x 1.25

ดังนั้น จะได้กระแส I = 0.45 A

ดังนั้นเลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 16 AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC01 ขนาด 2x2.5 mm² (21 A)

ตัวนำสายดิน G - 2.5 mm²

ท่อร้อยสาย EMT 15 mm (1/2 นิ้ว)

คำนวณโหลดวงจรย่อยเต้ารับ ประกอบด้วยเต้ารับ 3 จุด กำลังไฟฟ้าจุดละ 180 VA

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

และ กระแสเต้ารับ $I = \frac{540}{230}$

จะได้ กระแส $I = 2.34$ A

คิดเผื่อกระแส 25 % จะได้ $I = 2.34 \times 1.25$

ดังนั้น จะได้กระแส $I = 2.93$ A

ดังนั้นเลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 16 AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC01 ขนาด 2x2.5 mm^2 (21A)

ตัวนำสายดิน G - 2.5 mm^2

ท่อร้อยสาย EMT 15 mm (1/2 นิ้ว)

คำนวณโหลดวงจรย่อยเครื่องปรับอากาศ

ห้องโถงมีพื้นที่ 14.0884 ตารางเมตร คำนวณหาขนาดเครื่องปรับอากาศ ได้จาก BTU = พื้นที่ห้อง (ตารางเมตร) x 900 ดังนั้นจะได้ขนาดเครื่องปรับอากาศคือ BTU=14.0884 x 900 = 12,679.56 BTU เลือกใช้เครื่องปรับอากาศขนาด 14,330 BTU ยี่ห้อ Mitsubishi MSY-GN15VF ซึ่งมีค่า SEER = 19.69 BTU/W-h

แปลงค่า SEER เป็นค่า EER โดย $EER = (-0.02 \times SEER^2) + (1.12 \times SEER)$

จะได้ $EER = (-0.02 \times 19.69^2) + (1.12 \times 19.69)$

ดังนั้น $EER = 14.30$ BTU/h/w

จะสามารถคำนวณหาปริมาณโหลด $S = \frac{14,330}{14.30 \times 0.6}$

ดังนั้น จะได้ปริมาณโหลด $S = 1,670.16$ VA

กระแสโหลดเครื่องปรับอากาศ $I = \frac{1,670.16}{230}$

จะได้กระแส $I = 7.26$ A

คิดเผื่อกระแส 25% จะได้ $I = 7.26 \times 1.25$

ดังนั้น จะได้กระแส $I = 9.07$ A

พิกัดปรับตั้ง Circuit Breaker $= 2 \times 9.07 = 18.15$ A

ดังนั้นเลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 20AT
ตัวนำสายไฟฟ้า IEC01 ขนาด 2x2.5 mm² (21 A)
ตัวนำสายดิน G - 2.5 mm²
ท่อร้อยสาย EMT 15 mm (1/2 นิ้ว)

คำนวณโหลดวงจรย่อยเครื่องทำน้ำอุ่น ขนาด 3,500 วัตต์

เนื่องจากเครื่องทำน้ำอุ่นเป็นโหลดประเภท โหลดชนิดความต้านทาน (Resistive Load) ค่า power factor จะเท่ากับ 1 ดังนั้น

ปริมาณโหลด $S = \frac{3,500}{1}$

ดังนั้น จะได้ปริมาณโหลด $S = 3,500$ VA

กระแสโหลดเครื่องทำน้ำอุ่น $I = \frac{3,500}{230}$

จะได้กระแส $I = 15.21$ A

คิดเผื่อกระแส 25% จะได้ $I = 15.21 \times 1.25$

ดังนั้น จะได้กระแส $I = 19.02$ A

ดังนั้นเลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 20AT
ตัวนำสายไฟฟ้า IEC01 ขนาด 2x2.5 mm² (21 A)
ตัวนำสายดิน G - 2.5 mm²
ท่อร้อยสาย EMT 15 mm (1/2 นิ้ว)

คำนวณสายป้อน : คิด Demand factor

1. โหลดแสงสว่าง 98.57VA
2. โหลดแสงสว่าง 84 VA
3. โหลดเต้ารับ 360 VA
4. โหลดเต้ารับ 540 VA
5. โหลดเต้ารับ (ห้องครัว) 540 VA
6. โหลดเครื่องปรับอากาศ(ห้องโถง) 1670.16VA
7. โหลดเครื่องปรับอากาศ(ห้องนอน) 1670.16VA
8. โหลดเตาประกอบอาหาร (Hob) ขนาด 3000 VA
9. โหลดเครื่องดูดควัน (Hood) ขนาด 583.33 VA
10. เครื่องทำน้ำอุ่น 3500 VA

คิด Demand factor ที่ห้องครัว

จำนวนเต้ารับในห้องครัว จำนวน 3 จุด ขนาดจุดละ 180 VA

เตาประกอบอาหาร (Hob) ขนาด 3000 VA

เครื่องดูดควัน (Hood) ขนาด 583.33 VA

คำนวณได้จาก (180×3)+3,000+583.33 = 4,123.33VA

4,123.33 – 2,300 = 1,823.33VA

30% ของ 1,823.33 คือ 1,823.33 ×0.3 = 546.99 VA

จะได้ 2,300 + 546.99 = 2,846.99 VA

ดังนั้น จะได้โหลดทั้งหมด 98.57+ 84 + 360 + 540 + 540 + 1,670.16 + 1,670.16 + 3,500 + 2,846.99 = 11,309.88 VA

กระแสโหลด $I = \frac{9639.72}{230}$

จะได้กระแส I = 41.92 A

คิดเผื่อกกระแส 25% จะได้ I = 41.91 x 1.25

ดังนั้น จะได้กระแส I = 52.39 A

ดังนั้นเลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 60 AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC01 ขนาด 2x16 mm²

ตัวนำสายดิน G - 6 mm²

ท่อร้อยสาย EMT 25 mm (1นิ้ว)

การคำนวณ DB1

DB 1มีวงจรย่อยดังนี้LPA2-1 LPA2-2 LPA2-3 LPA2-4 LPA2-5 LPA2-6 LPD2-1 LPC2-8 LPD2-9 LPD2-10 นำมาคิดค่าโคอินซิแดนซ์ได้ดังนี้

จะได้ (12049 × 3)(0.9) + (10922)(0.9) + (10876 × 6)(0.9) = 101092.5 VA

คำนวณหากระแส $I = \frac{101092.5}{\sqrt{3}x400}$

จะได้กระแส I = 145.91 A

คิดเผื่อกกระแส 25 %จะได้ I = 145.91 x 1.25

ดังนั้น จะได้กระแส I = 182.38 A

ดังนั้นเลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 200 AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC01 ขนาด 4x120 mm² (208 A)

ตัวนำสายดิน G - 25 mm²

ท่อร้อยสาย EMT 65 mm (2 1/2นิ้ว)

การคำนวณ DB2

DB 2 มีวงจรย่อยดังนี้LPA3-1 LPA3-2 LPA3-3 LPA3-4 LPA3-5 LPA3-6 LPB3-7 LPB3-8 LPB3-9 นำมาคิดค่าโคอินซิแดนซ์ได้ดังนี้ จะได้ (10922 × 3)(0.9) + (10876 × 6)(0.9) = 88219.8 VA

คำนวณหากระแส $I=\frac{88219.8}{\sqrt{3}x400}$

จะได้กระแส I =127.33 A

คิดเผื่อกกระแส 25 %จะได้ I = 127.33 x 1.25

ดังนั้น จะได้กระแส I =159.16 A

ดังนั้นเลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด200 AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC01 ขนาด 4x120 mm² (208 A)

ตัวนำสายดิน G - 25 mm²

ท่อร้อยสาย EMT 65 mm (2 1/2นิ้ว)

การคำนวณ DB3

DB 3 มีวงจรย่อยดังนี้ดังนี้ LPA4-1 LPA4-2 LPA4-3 LPA4-4 LPA4-5 LPA4-6 LPA4-7 LPA4-8 LPA4-9 LPB4-10 LPC4-11 LPC4-12 นำมาคิดค่าโคอินซิแดนซ์ได้ดังนี้

จะได้ (10922 × 3)(0.9) + (10876 × 7)(0.9) + (10876 × 2)(0.8) = 115409.8 VA

คำนวณหากระแส $I=\frac{115,409.8}{\sqrt{3}x400}$

จะได้กระแส I = 166.57 A

คิดเผื่อกกระแส 25 % จะได้ I =166.57 x 1.25

ดังนั้น จะได้กระแส I= 208.22 A

ดังนั้นเลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด225 AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC01 ขนาด 4x150 mm² (228 A)

ตัวนำสายดิน G - 25 mm²

ท่อร้อยสาย EMT 80 mm (3นิ้ว)

การคำนวณ DB4

DB 4มีวงจรย่อยดังนี้ ดังนี้ LPA5-1 LPA5-2 LPA5-3 LPA5-4 LPA5-5 LPA5-6 LPA5-7 LPA5-8 LPA5-9 LPB5-10 LPC5-11 LPC5-12 นำมาคิดค่าโคอินซิแดนซ์ได้ดังนี้

จะได้ (10922 × 3)(0.9) + (10876 × 7)(0.9) + (10876 × 2)(0.8) = 115409.8 VA

คำนวณหากระแส $I=\frac{115,409.8}{\sqrt{3}x400}$

จะได้กระแส I = 166.57 A

คิดเผื่อกกระแส 25 % จะได้ I =166.57 x 1.25

ดังนั้น จะได้กระแส I = 208.22 A

ดังนั้นเลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด225 AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC01 ขนาด 4x150 mm² (228 A)

ตัวนำสายดิน G - 25 mm²

ท่อร้อยสาย EMT 80 mm (3 นิ้ว)

การคำนวณ DB5

DB 5มีวงจรย่อยดังนี้ LPA6-1 LPA6-2 LPA6-3 LPA6-4 LPA6-5 LPA6-6 LPA6-7 LPA6-8 LPA6-9 LPB6-10 LPC6-11 LPC6-12 นำมาคิดค่าโคอินซิแดนซ์ได้ดังนี้

จะได้ (10922 × 3)(0.9) + (10876 × 7)(0.9) + (10876 × 2)(0.8) = 115409.8 VA

คำนวณหากระแส $I=\frac{115,409.8}{\sqrt{3}x400}$

จะได้กระแส I = 166.57 A

คิดเผื่อกกระแส 25 % จะได้ I =166.57 x 1.25

ดังนั้น จะได้กระแส I = 208.22 A

ดังนั้นเลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด225 AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC01 ขนาด 4x150 mm² (228 A)

ตัวนำสายดิน G - 25 mm²

ท่อร้อยสาย EMT 80 mm (3 นิ้ว)

การคำนวณ DB6

DB 6 มีวงจรย่อยดังนี้LPA7-1 LPA7-2 LPA7-3 LPA7-4 LPA7-5 LPA7-6 LPA7-7 LPA7-8 LPA7-9 LPB7-10 LPC7-11 LPC7-12 นำมาคิดค่าโคอินซิแดนซ์ได้ดังนี้

จะได้ (10922 × 3)(0.9) + (10876 × 7)(0.9) + (10876 × 2)(0.8) = 115409.8 VA

คำนวณหากระแส $I = \frac{115,409.8}{\sqrt{3}x400}$

จะได้กระแส I = 166.57 A

คิดเผื่อกกระแส 25 % จะได้ I =166.57 x 1.25

ดังนั้น จะได้กระแส I= 208.22 A

ดังนั้นเลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด225 AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC01 ขนาด 4x150 mm² (228 A)

ตัวนำสายดิน G - 25 mm²

ท่อร้อยสาย EMT 80 mm (3 นิ้ว)

การคำนวณ DB7

DB 7 มีวงจรย่อยดังนี้ LPA6-1 LPA6-2 LPA6-3 LPA6-4 LPA6-5 LPA6-6 LPA6-7 LPA6-8 LPA6-9 LPB6-10 LPC6-11 LPC6-12 นำมาคิดค่าโคอินซิแดนซ์ได้ดังนี้

จะได้ (10922 × 3)(0.9) + (10876 × 7)(0.9) + (10876 × 2)(0.8) = 115409.8 VA

คำนวณหากระแส $I = \frac{115,409.8}{\sqrt{3}x400}$

จะได้กระแส I = 166.57 A

คิดเผื่อกกระแส 25 % จะได้ I =166.57 x 1.25

ดังนั้น จะได้กระแส I = 208.22 A

ดังนั้นเลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด225 AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC01 ขนาด 4x150 mm² (228 A)

ตัวนำสายดิน G - 25 mm²

ท่อร้อยสาย EMT 80 mm (3 นิ้ว)

การคำนวณ FCB

ตู้ FCB มีโหลดรวมคือ DB1 DB2 DB3 DB4 DB5 DB6 DB7 นำมาคิดค่าโคอินซิแดนซ์ได้ดังนี้

จะได้ (12049 × 3)(0.9) + (10922 × 7)(0.9) + (10922 × 10)(0.8) + (10922 × 2)(0.7) + (10876 × 8)(0.7) + (10876 × 40)(0.5) =482433.3 VA

คำนวณหากระแส $I = \frac{540866.7}{\sqrt{3} \times 400}$

จะได้กระแส I = 696.33 A

คิดเผื่อกกระแส 25% จะได้ I = 696.33 x 1.25

ดังนั้น จะได้กระแส I= 870.41 A

ดังนั้นเลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด1000 AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC01 ขนาด 4×(4x180) mm² (258 A)

ตัวนำสายดิน G - 70 mm²

ท่อร้อยสาย EMT 150 mm (6นิ้ว)

การคำนวณโหลดส่วนกลาง

โหลดชั้นใต้ดิน

คำนวณโหลดหลอดไฟ

หลอดไฟ T8 LED ขนาด 16 วัตต์ จำนวน 3 ดวง

ดังนั้น จำนวนวัตต์ทั้งหมด คือ 16 (วัตต์) x 3 (ดวง) = 224 วัตต์

และปริมาณโหลดทั้งหมด คือ $S = \frac{48}{0.9}$

ดังนั้น จะได้ปริมาณโหลด S = 53.33 VA

กระแสโหลดแสงสว่าง $I = \frac{53.33}{230}$

จะได้กระแส I = 0.23 A

คิดเผื่อกกระแส 25% จะได้ I = 0.23 x 1.25

ดังนั้น จะได้กระแส I = 0.29 A

ดังนั้นเลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 16 AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC01 ขนาด 2x2.5 mm² (21 A)

ตัวนำสายดิน G - 2.5 mm²

ท่อร้อยสาย EMT 15 mm (1/2 นิ้ว)

โหลดชั้น 1

คำนวณโหลดหลอดไฟ

หลอดไฟ T8 LED ขนาด 16 วัตต์ จำนวน 14 ดวง

ดังนั้น จำนวนวัตต์ทั้งหมด คือ 16 (วัตต์) x 14 (ดวง) = 224 วัตต์

และปริมาณโหลดทั้งหมด คือ $S = \frac{244}{0.9}$

ดังนั้น จะได้ปริมาณโหลด S = 248.88 VA

หลอด E27LED ขนาด 7 วัตต์ จำนวน 2 ดวง

ดังนั้น จำนวนวัตต์ทั้งหมด คือ 7 (วัตต์) x 2 (ดวง) = 14 วัตต์

และปริมาณโหลดทั้งหมด คือ $S = \frac{14}{0.9}$

จะได้ปริมาณโหลด S = 15.55 VA

จะได้ปริมาณโหลดทั้งหมด คือ 248.88 + 15.55 = 264.43

ดังนั้น จะได้ปริมาณโหลด S = 264.43VA

กระแสโหลดแสงสว่าง $I = \frac{264.4}{230}$

จะได้กระแส I = 1.15 A

คิดเผื่อกกระแส 25 % จะได้ I = 1.15 x 1.25

ดังนั้น จะได้กระแส I = 1.43

ดังนั้นเลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 16 AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC01 ขนาด 2x2.5 mm^2 (21 A)

ตัวนำสายดิน G - 2.5 mm^2

ท่อร้อยสาย EMT 15 mm (1/2 นิ้ว)

โหลดชั้น 2

คำนวณโหลดหลอดไฟ

หลอดไฟ T8 LED ขนาด 16 วัตต์ จำนวน 4 ดวง

ดังนั้น จำนวนวัตต์ทั้งหมด คือ 16 (วัตต์) x 4 (ดวง) = 64 วัตต์

และปริมาณโหลดทั้งหมด คือ $S = \frac{64}{0.9}$

ดังนั้น จะได้ปริมาณโหลด S = 71.11 VA

หลอด E27LED ขนาด 7 วัตต์ จำนวน 38 ดวง

ดังนั้น จำนวนวัตต์ทั้งหมด คือ 7 (วัตต์) x 38 (ดวง) = 266 วัตต์

และปริมาณโหลดทั้งหมด คือ $S = \frac{266}{0.9}$

ดังนั้น ปริมาณโหลด S = 295.55 VA

คำนวณโหลดพัดลมระบายอากาศ

พัดลมระบายอากาศ 2 ตัวขนาด 20 watt

จะได้ปริมาณโหลดทั้งหมด คือ $S = \frac{40}{0.7}$

ดังนั้น จะได้ปริมาณโหลด S = 57.14 VA

โหลดหลอดไฟรวมกับโหลดพัดลมระบายอากาศ

ดังนั้น จะได้ปริมาณโหลดทั้งหมด คือ 71.11+295.55 + 57.14 = 423.80VA

กระแสโหลดแสงสว่าง $I = \frac{423.80}{230}$

จะได้กระแส I = 1.84 A

คำนวณเผื่อกกระแส 25% จะได้ I = 1.84 x 1.25

ดังนั้น จะได้กระแส I = 2.30 A

ดังนั้นเลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 16 AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC01 ขนาด 2x2.5 mm^2 (21A)

ตัวนำสายดิน G - 2.5 mm^2

ท่อร้อยสาย EMT 15 mm (1/2 นิ้ว)

คำนวณโหลดวงจรย่อยเต้ารับ ประกอบด้วยเต้ารับ 9 จุด กำลังไฟฟ้าจุดละ 180 VA

ดังนั้น ปริมาณโหลด คือ S = 9 x180 = 1620 VA

และ กระแสเต้ารับ $I = \frac{1,620}{230}$

จะได้กระแส I = 7.04 A

คำนวณเผื่อกระแส 25 % จะได้ I = 7.04 x 1.25

ดังนั้น จะได้กระแส I = 8.80 A

ดังนั้นเลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 16 AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC01 ขนาด 2x2.5 mm^2 (21 A)

ตัวนำสายดิน G - 2.5 mm^2

ท่อร้อยสาย EMT 15 mm (1/2 นิ้ว

คำนวณโหลดวงจรย่อยเครื่องปรับอากาศ

ห้องนิติบุคคลมีพื้นที่10.6575ตารางเมตร คำนวณหาขนาดเครื่องปรับอากาศ ได้จาก BTU = พื้นที่ห้อง (ตารางเมตร) x 900 ดังนั้นจะได้ขนาดเครื่องปรับอากาศคือBTU=10.6575 x 900 = 9,591.75 BTU เลือกใช้เครื่องปรับอากาศขนาด 12,624BTU ยี่ห้อ Mitsubishi MSY-GN13VF ซึ่งมีค่า SEER = 21.70 BTU/W-h

แปลงค่า SEER เป็นค่า EER โดย $EER = (-0.02 x SEER^2) + (1.12 x SEER)$

จะได้ $EER = (-0.02 x 21.70^2) + (1.12 x 21.70)$

ดังนั้น EER = 14.89 BTU/h/w

ดังนั้น จะสามารถคำนวณหาปริมาณโหลด $S = \frac{12,626}{14.89 \times 0.6}$

ดังนั้น จะได้ปริมาณโหลด S = 1,413.25 VA

คำนวณโหลด Fire Alarm

โหลด Fire Alarm 1500 VA DB.PB.21 รวมเครื่องปรับอากาศและโหลด Fire Alarm

จะได้ 1413.25 + 1500 = 2913.25 VA

กระแสโหลด $I = \frac{2,913.25}{230}$

จะได้กระแส I = 12. 66 A

คำนวณเผื่อกระแส 25% จะได้ I = 12.66 x 1.25

ดังนั้น จะได้กระแส I = 15.83A

ดังนั้นเลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด20 AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC01 ขนาด 2.5 mm² (21 A)

ตัวนำสายดิน G - 2.5 mm²

ท่อร้อยสาย EMT 15 mm (1/2 นิ้ว)

โหลดชั้น 3

คำนวณโหลดหลอดไฟ

หลอดไฟ T8 LED ขนาด 16 วัตต์ จำนวน 1 ดวง

ดังนั้น จำนวนวัตต์ทั้งหมด คือ 16 (วัตต์) x 1 (ดวง) = 16 วัตต์

และปริมาณโหลดทั้งหมด คือ $S = \frac{16}{0.9}$

ดังนั้น จะได้ปริมาณโหลด S = 17.77 VA

หลอด E27LED ขนาด 7 วัตต์ จำนวน 20 ดวง

ดังนั้น จำนวนวัตต์ทั้งหมด คือ 7 (วัตต์) x 20 (ดวง) = 140 วัตต์

และปริมาณโหลดทั้งหมด คือ $S = \frac{140}{0.9}$

ดังนั้น จะได้ปริมาณโหลด S = 155.55 VA

ดังนั้น จะได้ปริมาณโหลดทั้งหมด คือ 17.77 + 155.55 = 173.32 VA

กระแสโหลดแสงสว่าง $I = \frac{S}{V}$

$I = \frac{173.32}{230}$

จะได้กระแส I = 0.75 A

คำนวณเผื่อกกระแส 25 % จะได้ I = 0.75 x 1.25

ดังนั้น จะได้กระแส I = 0.94 A

ดังนั้นเลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 16 AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC01 ขนาด 2x2.5 mm² (21 A)

ตัวนำสายดิน G - 2.5 mm²

ท่อร้อยสาย EMT 15 mm (1/2 นิ้ว)

คำนวณโหลดวงจรย่อยเต้ารับ

ประกอบด้วยเต้ารับ 4 จุด กำลังไฟฟ้าจุดละ 180 VA

ดังนั้น ปริมาณโหลด คือ S = 4 x 180 = 720 VA

และ กระแสเต้ารับ $I = \frac{720}{230}$

จะได้กระแส I = 3.13 A

คำนวณเผื่อกระแส 25% จะได้ I = 3.13 x 1.25

ดังนั้น จะได้กระแส I = 3.91 A

ดังนั้นเลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 16 AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC01 ขนาด 2x2.5 mm² (21 A)

ตัวนำสายดิน G - 2.5 mm²

ท่อร้อยสาย EMT 15 mm (1/2 นิ้ว)

โหลดชั้น 4

คำนวณโหลดหลอดไฟ

หลอดไฟ T8 LED ขนาด 16 วัตต์ จำนวน 1 ดวง

ดังนั้น จำนวนวัตต์ทั้งหมด คือ 16 (วัตต์) x 1 (ดวง) = 16 วัตต์

และปริมาณโหลดทั้งหมด คือ $S = \frac{16}{0.9}$

ดังนั้น จะได้ปริมาณโหลด $S = 17.77$ VA

หลอด E27LED ขนาด 7 วัตต์ จำนวน 20 ดวง

ดังนั้น จำนวนวัตต์ทั้งหมด คือ 7 (วัตต์) x 20 (ดวง) = 140 วัตต์

และปริมาณโหลดทั้งหมด คือ $S = \frac{140}{0.9}$

ดังนั้น จะได้ปริมาณโหลด $S = 155.55$ VA

ดังนั้น จะได้ปริมาณโหลดทั้งหมด คือ 17.77 + 155.55 =173.32VA

กระแสโหลดแสงสว่าง $I = \frac{173.32}{230}$

จะได้กระแส $I = 0.75$ A

คำนวณเผื่อกกระแส 25% จะได้ $I = 0.75 \times 1.25$

ดังนั้น จะได้กระแส $I = 0.94$ A

ดังนั้นเลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 16 AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC01 ขนาด 2x2.5 mm^2 (18 A)

ตัวนำสายดิน G - 2.5 mm^2

ท่อร้อยสาย EMT 15 mm (1/2 นิ้ว)

คำนวณโหลดวงจรย่อยเต้ารับ

ประกอบด้วยเต้ารับ 4 จุด กำลังไฟฟ้าจุดละ 180 VA

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

และ กระแสเต้ารับ $I = \frac{720}{230}$

จะได้กระแส $I = 3.13$ A

คำนวณเผื่อกระแส 25 % จะได้ $I = 3.13 \times 1.25$

ดังนั้น จะได้กระแส $I = 3.91$ A

ดังนั้นเลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 16 AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC01 ขนาด 2x2.5 mm² (21A)

ตัวนำสายดิน G - 2.5 mm²

ท่อร้อยสาย EMT 15 mm (1/2 นิ้ว)

โหลดชั้น 5

คำนวณโหลดหลอดไฟ

หลอดไฟ T8 LED ขนาด 16 วัตต์ จำนวน 1 ดวง

ดังนั้น จำนวนวัตต์ทั้งหมด คือ 16 (วัตต์) x 1 (ดวง) = 16 วัตต์

และปริมาณโหลดทั้งหมด คือ $S = \frac{16}{0.9}$

ดังนั้น จะได้ปริมาณโหลด S = 17.77 VA

หลอด E27LED ขนาด 7 วัตต์ จำนวน 20 ดวง

ดังนั้น จำนวนวัตต์ทั้งหมด คือ 7 (วัตต์) x 20 (ดวง) = 140 วัตต์

และปริมาณโหลดทั้งหมด คือ $S = \frac{140}{0.9}$

ดังนั้น ปริมาณโหลดทั้งหมด S = 155.55 VA

ดังนั้น จะได้ปริมาณโหลดทั้งหมด คือ 17.77 + 155.55 = 173.32VA

กระแสโหลดแสงสว่าง $I = \frac{173.32}{230}$

จะได้กระแส I= 0.75 A

คำนวณเผื่อกกระแส 25% จะได้ I = 0.75 x 1.25

ดังนั้น จะได้กระแส I = 0.94 A

ดังนั้นเลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 16 AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC01 ขนาด 2x2.5 mm² (21 A)

ตัวนำสายดิน G - 2.5 mm²

ท่อร้อยสาย EMT 15 mm (1/2 นิ้ว)

คำนวณโหลดวงจรย่อยเต้ารับ

ประกอบด้วยเต้ารับ 4 จุด กำลังไฟฟ้าจุดละ 180 VA

ปริมาณโหลด คือ S = 4 x 180

ดังนั้น ปริมาณโหลด S = 720 VA

และ กระแสเต้ารับ $I = \frac{720}{230}$

จะได้กระแส $I = 3.13$ A

คำนวณเผื่อกระแส 25 % จะได้ $I = 3.13 \times 1.25$

ดังนั้น จะได้กระแส $I = 3.91$ A

ดังนั้นเลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 16 AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC01 ขนาด 2x2.5 mm^2 (21A)

ตัวนำสายดิน G - 2.5 mm^2

ท่อร้อยสาย EMT 15 mm (1/2 นิ้ว

โหลดชั้น 6

คำนวณโหลดหลอดไฟ

หลอดไฟ T8 LED ขนาด 16 วัตต์ จำนวน 1 ดวง

ดังนั้น จำนวนวัตต์ทั้งหมด คือ 16 (วัตต์) x 1 (ดวง) = 16 วัตต์

$S = \frac{16}{0.9}$

ดังนั้น ปริมาณโหลดทั้งหมด $S = 17.77$VA

หลอด E27LED ขนาด 7 วัตต์ จำนวน 20 ดวง

ดังนั้น จำนวนวัตต์ทั้งหมด คือ 7 (วัตต์) x 20 (ดวง) = 140 วัตต์

และปริมาณโหลดทั้งหมด คือ $S = \frac{140}{0.9}$

ดังนั้น จะได้ปริมาณโหลด $S = 155.55$ VA

ดังนั้น จะได้ปริมาณโหลดทั้งหมด คือ 17.77 + 155.55 = 173.32 VA

กระแสโหลดแสงสว่าง $I = \frac{173.32}{230}$

จะได้กระแส $I = 0.75$ A

คำนวณเผื่อกกระแส 25% จะได้ $I = 0.75 \times 1.25$

ดังนั้น จะได้กระแส $I = 0.94$ A

ดังนั้นเลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 16 AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC01 ขนาด 2x2.5 mm^2 (21 A)

ตัวนำสายดิน G - 2.5 mm^2

ท่อร้อยสาย EMT 15 mm (1/2 นิ้ว

คำนวณโหลดวงจรย่อยเต้ารับ

ประกอบด้วยเต้ารับ 4 จุด กำลังไฟฟ้าจุดละ 180 VA

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

และ กระแสเต้ารับ $I = \frac{720}{230}$

จะได้กระแส $I = 3.13$ A

คำนวณเผื่อกระแส 25 % จะได้ $I = 3.13 \times 1.25$

ดังนั้น จะได้กระแส $I = 3.91$ A

ดังนั้นเลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 16 AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC01 ขนาด 2x2.5 mm^2 (21 A)

ตัวนำสายดิน G - 2.5 mm^2

ท่อร้อยสาย EMT 15 mm (1/2 นิ้ว)

โหลดชั้น 7

คำนวณโหลดหลอดไฟ

หลอดไฟ T8 LED ขนาด 16 วัตต์ จำนวน 1 ดวง

ดังนั้น จำนวนวัตต์ทั้งหมด คือ 16 (วัตต์) x 1 (ดวง) = 16 วัตต์

และปริมาณโหลดทั้งหมด คือ $S = \frac{16}{0.9}$

ดังนั้น จะได้ปริมาณโหลด $S = 17.77$VA

หลอด E27LED ขนาด 7 วัตต์ จำนวน 20 ดวง

ดังนั้น จำนวนวัตต์ทั้งหมด คือ 7 (วัตต์) x 20 (ดวง) = 140 วัตต์

และปริมาณโหลดทั้งหมด คือ $S = \frac{140}{0.9}$

ดังนั้น จะได้ปริมาณโหลด $S = 155.55$ VA

ดังนั้น จะได้ปริมาณโหลดทั้งหมด คือ 17.77 + 155.55 = 173.32 VA

กระแสโหลดแสงสว่าง $I = \frac{173.32}{230}$

จะได้กระแส $I = 0.75$ A

คำนวณเผื่อกกระแส 25% จะได้ $I = 0.75 \times 1.25$

ดังนั้น จะได้กระแส $I = 0.94$ A

ดังนั้นเลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 16 AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC01 ขนาด 2x2.5 mm² (21 A)

ตัวนำสายดิน G - 2.5 mm²

ท่อร้อยสาย EMT 15 mm (1/2 นิ้ว)

คำนวณโหลดวงจรย่อยเต้ารับ

ประกอบด้วยเต้ารับ 4 จุด กำลังไฟฟ้าจุดละ 180 VA

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

และ กระแสเต้ารับ $I = \frac{720}{230}$

จะได้กระแส $I = 3.13$ A

คำนวณเผื่อกระแส 25 % จะได้ $I = 3.13 \times 1.25$

ดังนั้น จะได้กระแส $I = 3.91$ A

ดังนั้นเลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 16 AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC01 ขนาด 2x2.5 mm² (21A)

ตัวนำสายดิน G - 2.5 mm²

ท่อร้อยสาย EMT 15 mm (1/2 นิ้ว)

โหลดชั้น 8

คำนวณโหลดหลอดไฟ

หลอดไฟ T8 LED ขนาด 16 วัตต์ จำนวน 1 ดวง

ดังนั้น จำนวนวัตต์ทั้งหมด คือ 16 (วัตต์) x 1 (ดวง) = 16 วัตต์

และปริมาณโหลดทั้งหมด คือ $S = \frac{16}{0.9}$

ดังนั้น จะได้ปริมาณโหลด $S = 17.77$VA

หลอด E27LED ขนาด 7 วัตต์ จำนวน 20 ดวง

ดังนั้น จำนวนวัตต์ทั้งหมด คือ 7 (วัตต์) x 20 (ดวง) = 140 วัตต์

และปริมาณโหลดทั้งหมด คือ $S = \frac{140}{0.9}$

ดังนั้น จะได้ปริมาณโหลด $S = 155.55$ VA

ดังนั้น จะได้ปริมาณโหลดทั้งหมด คือ 17.77 + 155.55 = 173.32 VA

กระแสโหลดแสงสว่าง $I = \frac{173.32}{230}$

จะได้กระแส I= 0.75 A

คำนวณเผื่อกกระแส 25% จะได้ I = 0.75 x 1.25

ดังนั้น จะได้กระแส I = 0.94 A

ดังนั้นเลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 16 AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC01 ขนาด 2x2.5 mm² (21 A)

ตัวนำสายดิน G - 2.5 mm²

ท่อร้อยสาย EMT 15 mm (1/2 นิ้ว)

คำนวณโหลดวงจรย่อยเต้ารับ

ประกอบด้วยเต้ารับ 4 จุด กำลังไฟฟ้าจุดละ 180 VA

ดังนั้น ปริมาณโหลด คือ S = 4 x 180 = 720 VA

และ กระแสเต้ารับ $I=\frac{S}{V}$

$I=\frac{720}{230}$

จะได้กระแส I = 3.13 A

คำนวณเผื่อกระแส 25 % จะได้ I = 3.13 x 1.25

ดังนั้น จะได้กระแส I = 3.91 A

ดังนั้นเลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 16 AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC01 ขนาด 2x2.5 mm² (21 A)

ตัวนำสายดิน G - 2.5 mm²

ท่อร้อยสาย EMT 15 mm (1/2 นิ้ว)

ชั้นดาดฟ้า

คำนวณโหลดหลอดไฟ

หลอดไฟ T8 LED ขนาด 16 วัตต์ จำนวน 1 ดวง

ดังนั้น จำนวนวัตต์ทั้งหมด คือ 16(วัตต์) x 1 (ดวง) = 16 วัตต์

และปริมาณโหลดทั้งหมด คือ $S=\frac{16}{0.9}$

ดังนั้น จะได้ปริมาณโหลด S = 17.77VA

หลอด E27LED ขนาด 7 วัตต์ จำนวน 3 ดวง

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

และปริมาณโหลดทั้งหมด คือ $S = \frac{21}{0.9}$

ดังนั้น จะได้ปริมาณโหลด S = 23.33 VA

ดังนั้น จะได้ปริมาณโหลดทั้งหมด คือ 17.77 + 23.33 = 41.10 VA

กระแสโหลดแสงสว่าง $I = \frac{41.10}{230}$

จะได้กระแส I = 0.17 A

คำนวณเผื่อกกระแส 25% จะได้ I= 0.17 x 1.25

ดังนั้น จะได้กระแส I = 0.22 A

ดังนั้นเลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 16 AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC01 ขนาด 2x2.5 mm² (21A)

ตัวนำสายดิน G - 2.5 mm²

ท่อร้อยสาย EMT 15 mm (1/2 นิ้ว)

คำนวณโหลดวงจรย่อยหลอดไฟบันได 1

หลอดไฟ T8 LED ขนาด 16 วัตต์ จำนวน 19 ดวง

ดังนั้น จำนวนวัตต์ทั้งหมด คือ 16 (วัตต์) x 19 (ดวง) = 304 วัตต์

และปริมาณโหลดทั้งหมด คือ $S = \frac{304}{0.9}$

ดังนั้น จะได้ปริมาณโหลด S = 337.77VA

กระแสโหลดแสงสว่าง $I = \frac{337.77}{230}$

จะได้กระแส I = 1.46 A

คำนวณเผื่อกกระแส 25% จะได้ I = 1.46 x 1.25

ดังนั้น จะได้กระแส I = 1.82 A

ดังนั้นเลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 16 AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC01 ขนาด 2x2.5 mm² (21 A)

ตัวนำสายดิน G - 2.5 mm²

ท่อร้อยสาย EMT 15 mm (1/2 นิ้ว)

คำนวณโหลดวงจรย่อยหลอดไฟบันได 2

หลอดไฟ T8 LED ขนาด 16 วัตต์ จำนวน 18 ดวง

ดังนั้น จำนวนวัตต์ทั้งหมด คือ 16 (*วัตต์*) x 18 (*ดวง*) = *288* วัตต์

และปริมาณโหลดทั้งหมด คือ $S = \frac{288}{0.9}$

ดังนั้น จะได้ปริมาณโหลด S = 320 VA

กระแสโหลดแสงสว่าง $I = \frac{320}{230}$

จะได้กระแส $I = 1.39A$

คำนวณเผื่อกกระแส 25 %จะได้ $I = 1.39 \times 1.25$

ดังนั้น จะได้กระแส $I = 1.73\ A$

ดังนั้นเลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 16 AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC01 ขนาด 2x2.5 mm^2 (21 A)

ตัวนำสายดิน G - 2.5 mm^2

ท่อร้อยสาย EMT 15 mm (1/2 นิ้ว)

โหลดรวมวงจรย่อยของตู้ DB.PB.12 ประกอบด้วย เครื่องปรับอากาศ และ Fire Alarm Control Panel

จะได้โหลดรวม 1,413.25 + 1500 = 2914VA

กระแสโหลดรวม $I = \frac{2914}{230}$

จะได้กระแส $I = 12.67\ A$

คำนวณเผื่อกกระแส 25% จะได้ $I = 8.31 \times 1.25$

ดังนั้น จะได้กระแส $I = 15.83A$

ดังนั้นเลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 30 AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC01 ขนาด 2x6 mm^2 (36 A)

ตัวนำสายดิน G - 2.5 mm^2

ท่อร้อยสาย EMT 15 mm (1/2 นิ้ว)

การคำนวณโหลดสายป้อนตู้ DB.PB.1

จากโหลดรวม 5935 VA คิด Demand Factor 80 %

จะได้ 5935 × 0.8 = 4748 VA

คำนวณหากระแส $I = \frac{4748}{\sqrt{3}x400}$

จะได้กระแส $I = 6.85\ A$

คำนวณเผื่อกกระแส 25 % จะได้ $I = 7.21 \times 1.25$

ดังนั้น จะได้กระแส $I = 8.51\ A$

ดังนั้นเลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 30 AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC01 ขนาด 4 x 6 mm² (36 A)

ตัวนำสายดิน G - 2.5 mm²

ท่อร้อยสาย EMT 15 mm (1/2 นิ้ว)

การคำนวณโหลดสายป้อนตู้ DB.PB.2

จากโหลดรวม 2682VA คิด Demand Factor 80 %

จะได้ 2682 × 0.8 = 2146VA

คำนวณหากะแส $I = \frac{2146}{\sqrt{3}x400}$

จะได้กระแส I = 3.09 A

คำนวณเผื่อกระแส 25 % จะได้ I = 3.09 x 1.25

ดังนั้น จะได้กระแส I= 3.87 A

ดังนั้นเลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 30 AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC01 ขนาด 4x6mm² (36 A)

ตัวนำสายดิน G - 2.5 mm²

ท่อร้อยสาย EMT 15 mm (1/2นิ้ว)

คำนวณโหลดสายป้อนตู้ DB.PB.3

จากโหลดรวม2724VA คิด Demand Factor 80 %

จะได้ 2724 × 0.8 = 2179.2 VA

คำนวณหากระแส $I = \frac{2179.2}{\sqrt{3}x400}$

จะได้กระแส I = 3.14A

คำนวณเผื่อกกระแส 25%จะได้ I = 3.14 x 1.25

ดังนั้น จะได้กระแส I= 3.93A

ดังนั้นเลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 30 AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC01 ขนาด 4x6 mm² (36 A)

ตัวนำสายดิน G - 2.5 mm²

ท่อร้อยสาย EMT 15 mm (3/4 นิ้ว)

การคำนวณสายป้อนตู้ MDP.P

ประกอบด้วยตู้ DB.PB.1 ,DB.PB.2 ,DB.PB.3

ดังนั้น จะมีโหลดรวม 5935 + 2682 + 2724 =11341VA คิด Demand Factor 80 %

จะได้ 11341× 0.8 = 9072 VA

คำนวณหากระแส $I = \frac{9072.8}{\sqrt{3}x400}$

จะได้กระแส I = 13.09 A

คำนวณเผื่อกกระแส 25% จะได้ I =13.09 x 1.25

ดังนั้น จะได้กระแส I = 16.36 A

ดังนั้นเลือกใช้ Circuit Breaker ขนาด 30 AT

ตัวนำสายไฟฟ้า IEC01 ขนาด 4x46mm² (36 A)

ตัวนำสายดิน G - 2.5 mm²

ท่อร้อยสาย EMT 15 mm (1/2 นิ้ว)

การคำนวณสายป้อน MDB

คำนวณสายป้อน MDB มีโหลดรวมคือ

โหลดห้องพัก FCB = 864,597 VA

โหลดส่วนกลาง MDP.P = 11,341 VA

โหลดทั้งหมด 864,597+ 11,341 = 875,938 VA

การคำนวณขนาดหม้อแปลง

โหลดรวมของระบบ = 875,938 VA

เผื่อ 25 % จะได้โหลดรวม = 125×875,938 =1094922.5 VA

ดังนั้น เลือกใช้หม้อแปลงขนาด 1250 KVA

ตัวนำประธานทั้งด้าน HV และ LV จึงเลือกตามขนาดหม้อแปลง

$I_n(HV) = \frac{1,250}{\sqrt{3}x22}$

ดังนั้น จะได้กระแส $I_n(HV) = 32.8$ A

$I_n(LV) = \frac{1,250}{\sqrt{3}x0.4}$

ดังนั้น จะได้กระแส $I_n(LV) = 1804.21$ A

คำนวณหาขนาดสายด้าน (HV)

$I_c \geq 1.25 \times I_n(HV) = 1.25 \times 32.8 = 41$ A

สายเหนือดิน Overhead (OH) ปัจจุบันสายOH ในระบบแรงดันปานกลางใช้สาย Space Aerial Cable(SAC)

ดังนั้น ใช้สาย SAC 3× 35 mm^2

คำนวณบริภัณฑ์ประธาน ทางด้าน (HV)

หม้อแปลงที่มีพิกัดถึงประมาณ 2500 KVA โดยทั่วไป HV HCR Fuse เป็นอุปกรณ์ป้องกันลัดวงจร การเลือกขนาดพิกัดของFuse จะต้องคำนึง Inrush Current ของหม้อแปลง และต้องสามารถ Coordinate กับ อุปกรณ์ทางด้าน LV สามารถให้ฟิวส์ 1.5-2 เท่าการแสพิกัด ซึ่งจะทำการป้องกันดีขึ้น

$I_c = 1.75 \times I_n$

$I_c = 1.75 \times 32.8$

ดังนั้น จะได้กระแส $I_c = 57.4$ A

ดังนั้น เลือกใช้ฟิวส์ ขนาด 63 A

คำนวณบริภัณฑ์ประธาน ทางด้าน(LV)

ทางด้าน LV ของหม้อแปลงก็ต้องมีการป้องกันกระแสลัดวงจร และกระแสเกิดโหลด เช่นเดียวกันอุปกรณ์ที่นิยมใช้กันมากคือ เซอร์กิตเบรกเกอร์

$I_c \geq 1.25 \times I_n$

$I_c = 1.25 \times 1804.21$

ดังนั้น จะได้กระแส $I_c = 2255.27$A

ดังนั้นเลือกใช้ CB = 2500 AT

สายประธานขนาด 5set of (4 x 400 mm^2, G – 95 mm^2) XLPE

จำนวนสายในรางเคเบิลประกอบด้วย

สายเฟส A ขนาด 400 mm^2	จำนวน	5	เส้น
สายเฟส B ขนาด 400 mm^2	จำนวน	5	เส้น
สายเฟส C ขนาด 400 mm^2	จำนวน	5	เส้น
สายนิวทรัลขนาด 400 mm^2	จำนวน	5	เส้น
ขนาดสายต่อหลักดิน G – 95 mm^2		1	เส้น

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของสายชนิด XLPE ขนาด 400 mm^2เท่ากับ 32.5 mm

ใช้สาย จำนวน 4เส้น 5 ชุด จะได้เส้นผ่านศูนย์กลางรวม 5(4 x 32.5) = 650 mm

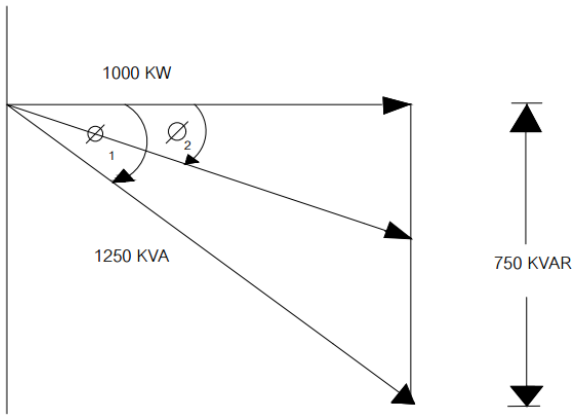
เผื่อ 25% จะได้ 1.25 x 650 = 812.5 mm

ดังนั้นเลือกใช้ cable tray ขนาด 1000 mm

ปรับปรุง Power Factor

ออกแบบ Capacitor แก้ Power Factor ของโหลด 1250 kVA

P.F= 0.8 lagging เป็น P.F= 0.95 lagging และอุปกรณ์ป้องกันสำหรับชุดแก้ Power Factor



รูปที่ 4.1 การปรับปรุง Power Factor

$\emptyset_1 = \cos^{-1} 0.80 = 36.8^\circ$

$\emptyset_2 = \cos^{-1} 0.95 = 18.2^\circ$

KVAR = 1000 tan $\emptyset_1$ - 1000 tan $\emptyset_2$

= 1000 tan 36.8° - 1000 tan 18.2°

=4 19.31 KVAR

จะเห็นได้ว่า Capacitor ที่ใช้แก้ P.F = 0.8 lagging เป็น P.F = 0.95 มีค่าประมาณ 30% ของพิกัดหม้อแปลง

ดังนั้นเลือกใช้ Capacitor 400 KVAR

หรือ Capacitor 8 x 50 KVAR

การหาขนาด Fuse ของ Capacitor แต่ละตัว

$$I_n = \frac{50}{\sqrt{3}x22}$$

ดังนั้นเลือกใช้ I_n = 72.2 A

ขนาด Fuse ของ Capacitor I_F มักใช้ 1.5 เท่าของ I_n

I_F = 1.5 x 72.2

I_F =108 A

ดังนั้นเลือกใช้ Fuse แต่ละตัวขนาด 125 A จำนวน 6 ชุด

การหาขนาด CB Main ของ Capacitor Bank

$I_T = (1.25 \times I_n) + (5 \times I_n)$

$= (1.25 \times 72.2) + (5 \times 72.2)$

= 425 A

ขนาด CB Main ของ Capacitor Bank มักใช้ 1.43 เท่าของ I_T

CB = 1.43 I_T

= 1.43 x425

= 646 A

ดังนั้นเลือก CB = 700 AT

ตารางที่ 4.1 แสดงการจัดทำโหลดไฟฟ้าของห้องพัก TYPE-A

LOAD SCHEDULE : PANELBOARD								
NAME : LPA			LOCATION : RESIDENTIAL UNIT					
CAPACITY : 12			MAIN BAR : 70 A					
CONNECTED TO : DB			NEUTRAL : 100 %					
CTT NO.	DESCRIPTION	CONNECTED LOAD (VA)	BRANCH CB		CONDUCTOR		RACEWAY	
			POLE	AT	SIZE(MM^2)	TYPE	Type	Ø(inch)
1	Lighting	84	1	16	2×2.5/G-2.5	IEC01	EMT	1/2"
2	Receptacle1	540	1	16	2×2.5/G-2.5	IEC01	EMT	1/2"
3	Receptacle2	720	1	16	2×2.5/G-2.5	IEC01	EMT	1/2"
4	A/C (bedroom)	1034	1	20	2×2.5/G-2.5	IEC01	EMT	1/2"
5	A/C (living room)	1414	1	20	2×2.5/G-2.5	IEC01	EMT	1/2"
6	Hob	3000	1	20	2×2.5/G-2.5	IEC01	EMT	1/2"
7	Hood	584	1	16	2×2.5/G-2.5	IEC01	EMT	1/2"
8	Water heater	3500	1	20E	2×2.5/G-2.5	IEC01	EMT	1/2"
TOTAL		10876	MAIN CB		MAIN FEEDER		RACEWAY	
CONNECTED LOAD (VA)		10876	MCCB 2P 60AT 30(100)A,1P		2x16MM^2 IEC01,G-6 MM^2 20MM EMT			
87% DEMAND LOAD (VA)		9472						

ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงการจัดทำโหลดไฟฟ้าของห้องพัก TYPE-B

LOAD SCHEDULE : PANELBOARD								
NAME : LPB				LOCATION : RESIDENTIAL UNIT				
CAPACITY : 12				MAIN BAR : 70 A				
CONNECTED TO : DB				NEUTRAL : 100%				
CTT NO.	DESCRIPTION	CONNECTED LOAD (VA)	BRANCH CB		CONDUCTOR		RACEWAY	
			POLE	AT	SIZE(MM^2)	TYPE	Type	Ø(inch)
1	Lighting	130	1	16	2×2.5/G-2.5	IEC01	EMT	1/2"
2	Receptacle1	720	1	16	2×2.5/G-2.5	IEC01	EMT	1/2"
3	Receptacle2	540	1	16	2×2.5/G-2.5	IEC01	EMT	1/2"
4	A/C (bedroom)	1034	1	20	2×2.5/G-2.5	IEC01	EMT	1/2"
5	A/C (living room)	1414	1	20	2×2.5/G-2.5	IEC01	EMT	1/2"
6	Hob	3000	1	20	2×2.5/G-2.5	IEC01	EMT	1/2"
7	Hood	584	1	16	2×2.5/G-2.5	IEC01	EMT	1/2"
8	Water heater	3500	1	20E	2×2.5/G-2.5	IEC01	EMT	1/2"
TOTAL		10922	MAIN CB		MAIN FEEDER		RACEWAY	
CONNECTED LOAD (VA)		10922	MCCB 2P 60AT 30(100)A,1P		2x16 MM^2 IEC01,G-6 MM^2 20MM EMT			
88% DEMAND LOAD (VA)		9644						

ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงการจัดทำโหลดไฟฟ้าของห้องพัก TYPE-C

LOAD SCHEDULE : PANELBOARD								
NAME : LPC				LOCATION : RESIDENTIAL UNIT				
CAPACITY : 12				MAIN BAR : 70 A				
CONNECTED TO : DB				NEUTRAL : 100%				
CTT NO.	DESCRIPTION	CONNECTED LOAD (VA)	BRANCH CB		CONDUCTOR		RACEWAY	
			POLE	AT	SIZE(MM^2)	TYPE	Type	Ø(inch)
1	Lighting	130	1	16	2×2.5/G-2.5	IEC01	EMT	1/2"
2	Receptacle1	720	1	16	2×2.5/G-2.5	IEC01	EMT	1/2"
3	Receptacle2	540	1	16	2×2.5/G-2.5	IEC01	EMT	1/2"
4	A/C (bedroom)	1034	1	20	2×2.5/G-2.5	IEC01	EMT	1/2"
5	A/C (living room)	1414	1	20	2×2.5/G-2.5	IEC01	EMT	1/2"
6	Hob	3000	1	20	2×2.5/G-2.5	IEC01	EMT	1/2"
7	Hood	584	1	16	2×2.5/G-2.5	IEC01	EMT	1/2"
8	Water heater	3500	1	20	2×2.5/G-2.5	IEC01	EMT	1/2"
TOTAL		10922	MAIN CB		MAIN FEEDER		RACEWAY	
CONNECTED LOAD (VA)		10922	MCCB 2P 60AT 30(100)A,1P		2x16 MM^2 IEC01,G-6 MM^2 20MM EMT			
88% DEMAND LOAD (VA)		9644						

ตารางที่ 4.4 ตารางแสดงการจัดทำโหลดไฟฟ้าของห้องพัก Duplex

LOAD SCHEDULE : PANELBOARD								
NAME : LPD				LOCATION : RESIDENTIAL UNIT				
CAPACITY : 12				MAIN BAR : 70 A				
CONNECTED TO : DB				NEUTRAL : 100%				
CTT NO.	DESCRIPTION	CONNECTED LOAD (VA)	BRANCH CB		CONDUCTOR		RACEWAY	
			POLE	AT	SIZE(MM^2)	TYPE	Type	Ø(inch)
1	Lighting1	99	1	16	2×2.5/G-2.5	IEC01	EMT	1/2"
2	Lighting2	84	1	16	2×2.5/G-2.5	IEC01	EMT	1/2"
3	Receptacle1	360	1	16	2×2.5/G-2.5	IEC01	EMT	1/2"
4	Receptacle1	540	1	16	2×2.5/G-2.5	IEC01	EMT	1/2"
5	Receptacle2	540	1	16	2×2.5/G-2.5	IEC01	EMT	1/2"
6	A/C (Floor1)	1671	1	20	2×2.5/G-2.5	IEC01	EMT	1/2"
7	A/C (Floor2)	1671	1	20	2×2.5/G-2.5	IEC01	EMT	1/2"
8	Hob	3000	1	20	2×2.5/G-2.5	IEC01	EMT	1/2"
9	Hood	584	1	16	2×2.5/G-2.5	IEC01	EMT	1/2"
10	Water Heater	3500	1	20	2×2.5/G-2.5	IEC01	EMT	1/2"
TOTAL		12049	MAIN CB		MAIN FEEDER		RACEWAY	
CONNECTED LOAD (VA)		12049	MCCB 2P 60 AT 30(100)A,1P		2x16 MM^2 IEC01,G-6 MM^2 25 MM EMT			
93% DEMAND LOAD (VA)		11310						

ตารางที่ 4.5 ตารางแสดงวงจรสายป้อนของตู้ DB1

LOAD SCHEDULE : 400/230 V. DISTRIBUTION BOARD										
NAME : DB1					LOCATION : SECOND FLOOR					
CAPACITY : 12					MAIN BAR : 300 A					
CONNECTED TO : FCB					NEUTRAL : 100 %					
CTT NO.	DESCRIPTION	CONNECTED LOAD (VA)			BRANCH CB		CONDUCTOR		RACEWAY	
		A	B	C	POLE	AT	SIZE (MM^2)	TYPE	Type	Ø(inch)
1	LPA2-1	10876			3	60	2×16/G-6	IEC01	EMT	1
3	LPA2-2		10876		3	60	2×16/G-6	IEC01	EMT	1
5	LPA2-3			10876	3	60	2×16/G-6	IEC01	EMT	1
2	LPA2-4	10876			3	60	2×16/G-6	IEC01	EMT	1
4	LPA2-5		10876		3	60	2×16/G-6	IEC01	EMT	1
6	LPA2-6			10876	3	60	2×16/G-6	IEC01	EMT	1
7	LPD2-7	12049			3	60	2×16/G-6	IEC01	EMT	1
9	LPC2-8		10922		3	60	2×16/G-6	IEC01	EMT	1
11	LPD2-9			12049	3	60	2×16/G-6	IEC01	EMT	1
8	LPD2-10	12049			3	60	2×16/G-6	IEC01	EMT	1
10	SPARE				3	60				
12	SPARE				3	60				
TOTAL		45850	33674	33801	MAIN CB		MAIN FEEDER		RACEWAY	
CONNECTED LOAD (VA)		113325			MCCB		4x120 MM^2 IEC01,G-25 MM^2			
89% DEMAND LOAD (VA)		101092.5			3P 200 AT		65MM EMT			

ตารางที่ 4.6 ตารางแสดงวงจรสายป้อนของตู้ DB.2

LOAD SCHEDULE : 400/230 V. DISTRIBUTION BOARD										
NAME : DB2					LOCATION : THIRD FLOOR					
CAPACITY : 12					MAIN BAR : 300 A					
CONNECTED TO : FCB					NEUTRAL : 100 %					
CTT NO.	DESCRIPTION	CONNECTED LOAD (VA)			BRANCH CB		CONDUCTOR		RACEWAY	
		A	B	C	POLE	AT	SIZE (MM^2)	TYPE	Type	Ø(inch)
1	LPA3-1	10876			3	60	2×16/G-6	IEC01	EMT	1
3	LPA3-2		10876		3	60	2×16/G-6	IEC01	EMT	1
5	LPA3-3			10876	3	60	2×16/G-6	IEC01	EMT	1
2	LPA3-4	10876			3	60	2×16/G-6	IEC01	EMT	1
4	LPA3-5		10876		3	60	2×16/G-6	IEC01	EMT	1
6	LPA3-6			10876	3	60	2×16/G-6	IEC01	EMT	1
7	LPB3-7	10922			3	60	2×16/G-6	IEC01	EMT	1
9	LPB3-8		10922		3	60	2×16/G-6	IEC01	EMT	1
11	LPB3-9			10922	3	60	2×16/G-6	IEC01	EMT	1
TOTAL		32674	32674	32674	MAIN CB		MAIN FEEDER		RACEWAY	
CONNECTED LOAD (VA)		98022			MCCB		4x120 MM^2 IEC01,G-25 MM^2			
89% DEMAND LOAD (VA)		88220			3P 200 AT		65MM EMT			

ตารางที่ 4.7 ตารางแสดงวงจรสายป้อนของตู้ DB.3

LOAD SCHEDULE : 400/230 V. DISTRIBUTION BOARD										
NAME : DB3					LOCATION : FORTH FLOOR					
CAPACITY : 12					MAIN BAR : 300 A					
CONNECTED TO : FCB					NEUTRAL : 100 %					
CTT NO.	DESCRIPTION	CONNECTED LOAD (VA)			BRANCH CB		CONDUCTOR		RACEWAY	
		A	B	C	POLE	AT	SIZE (MM^2)	TYPE	Type	Ø(inch)
1	LPA4-1	10876			3	60	2×16/G-6	IEC01	EMT	1
3	LPA4-2		10876		3	60	2×16/G-6	IEC01	EMT	1
5	LPA4-3			10876	3	60	2×16/G-6	IEC01	EMT	1
2	LPA4-4	10876			3	60	2×16/G-6	IEC01	EMT	1
4	LPA4-5		10876		3	60	2×16/G-6	IEC01	EMT	1
6	LPA4-6			10876	3	60	2×16/G-6	IEC01	EMT	1
7	LPA4-7	10876			3	60	2×16/G-6	IEC01	EMT	1
9	LPA4-8		10876		3	60	2×16/G-6	IEC01	EMT	1
11	LPA4-9			10876	3	60	2×16/G-6	IEC01	EMT	1
8	LPB4-10	10922			3	60	2×16/G-6	IEC01	EMT	1
10	LPC4-11		10922		3	60	2×16/G-6	IEC01	EMT	1
12	LPC4-12			10922	3	60	2×16/G-6	IEC01	EMT	1
TOTAL		43550	43550	43550	MAIN CB		MAIN FEEDER		RACEWAY	
CONNECTED LOAD (VA)		130650			MCCB		4x150 MM^2 IEC01,G-25 MM^2			
88% DEMAND LOAD (VA)		115410			3P 225 AT		80MM EMT			

ตารางที่ 4.8 ตารางแสดงวงจรสายป้อนของตู้ DB.4

LOAD SCHEDULE : 400/230 V. DISTRIBUTION BOARD										
NAME : DB4					LOCATION : FIFTH FLOOR					
CAPACITY : 12					MAIN BAR : 300 A					
CONNECTED TO : FCB					NEUTRAL : 100 %					
CTT NO.	DESCRIPTION	CONNECTED LOAD (VA)			BRANCH CB		CONDUCTOR		RACEWAY	
		A	B	C	POLE	AT	SIZE (MM^2)	TYPE	Type	Ø(inch)
1	LPA5-1	10876			3	60	2×16/G-6	IEC01	EMT	1
3	LPA5-2		10876		3	60	2×16/G-6	IEC01	EMT	1
5	LPA5-3			10876	3	60	2×16/G-6	IEC01	EMT	1
2	LPA5-4	10876			3	60	2×16/G-6	IEC01	EMT	1
4	LPA5-5		10876		3	60	2×16/G-6	IEC01	EMT	1
6	LPA5-6			10876	3	60	2×16/G-6	IEC01	EMT	1
7	LPA5-7	10876			3	60	2×16/G-6	IEC01	EMT	1
9	LPA5-8		10876		3	60	2×16/G-6	IEC01	EMT	1
11	LPA5-9			10876	3	60	2×16/G-6	IEC01	EMT	1
8	LPB5-10	10922			3	60	2×16/G-6	IEC01	EMT	1
10	LPC5-11		10922		3	60	2×16/G-6	IEC01	EMT	1
12	LPC5-12			10922	3	60	2×16/G-6	IEC01	EMT	1
TOTAL		43550	43550	43550	MAIN CB		MAIN FEEDER		RACEWAY	
CONNECTED LOAD (VA)		130650			MCCB		4x150 MM^2 IEC01,G-25 MM^2			
88% DEMAND LOAD (VA)		115410			3P 225 AT		80MM EMT			

ตารางที่ 4.9 ตารางแสดงวงจรสายป้อนของตู้ DB.5

LOAD SCHEDULE : 400/230 V. DISTRIBUTION BOARD										
NAME : DB5					LOCATION : SIXTH FLOOR					
CAPACITY : 12					MAIN BAR : 300 A					
CONNECTED TO : FCB					NEUTRAL : 100 %					
CTT NO.	DESCRIPTION	CONNECTED LOAD (VA)			BRANCH CB		CONDUCTOR		RACEWAY	
		A	B	C	POLE	AT	2x16/G-6	TYPE	Type	Ø(inch)
1	LPA6-1	10876			3	60	2×16/G-6	IEC01	EMT	1
3	LPA6-2		10876		3	60	2×16/G-6	IEC01	EMT	1
5	LPA6-3			10876	3	60	2×16/G-6	IEC01	EMT	1
2	LPA6-4	10876			3	60	2×16/G-6	IEC01	EMT	1
4	LPA6-5		10876		3	60	2×16/G-6	IEC01	EMT	1
6	LPA6-6			10876	3	60	2×16/G-6	IEC01	EMT	1
7	LPA6-7	10876			3	60	2×16/G-6	IEC01	EMT	1
9	LPA6-8		10876		3	60	2×16/G-6	IEC01	EMT	1
11	LPA6-9			10876	3	60	2×16/G-6	IEC01	EMT	1
8	LPB6-10	10922			3	60	2×16/G-6	IEC01	EMT	1
10	LPC6-11		10922		3	60	2×16/G-6	IEC01	EMT	1
12	LPC6-12			10922	3	60	2×16/G-6	IEC01	EMT	1
TOTAL		43550	43550	43550	MAIN CB		MAIN FEEDER		RACEWAY	
CONNECTED LOAD (VA)		130650			MCCB		4x150 MM^2 IEC01,G-25 MM^2			
88% DEMAND LOAD (VA)		115410			3P 225 AT		80MM EMT			

ตารางที่ 4.10 ตารางแสดงวงจรสายป้อนของตู้ DB.6

LOAD SCHEDULE : 400/230 V. DISTRIBUTION BOARD										
NAME : DB6					LOCATION : SEVENTH FLOOR					
CAPACITY : 12					MAIN BAR : 300 A					
CONNECTED TO : FCB					NEUTRAL : 100 %					
CTT NO.	DESCRIPTION	CONNECTED LOAD (VA)			BRANCH CB		CONDUCTOR		RACEWAY	
		A	B	C	POLE	AT	SIZE (MM^2)	TYPE	Type	Ø(inch)
1	LPA7-1	10876			3	60	2×16/G-6	IEC01	EMT	1
3	LPA7-2		10876		3	60	2×16/G-6	IEC01	EMT	1
5	LPA7-3			10876	3	60	2×16/G-6	IEC01	EMT	1
2	LPA7-4	10876			3	60	2×16/G-6	IEC01	EMT	1
4	LPA7-5		10876		3	60	2×16/G-6	IEC01	EMT	1
6	LPA7-6			10876	3	60	2×16/G-6	IEC01	EMT	1
7	LPA7-7	10876			3	60	2×16/G-6	IEC01	EMT	1
9	LPA7-8		10876		3	60	2×16/G-6	IEC01	EMT	1
11	LPA7-9			10876	3	60	2×16/G-6	IEC01	EMT	1
8	LPB7-10	10922			3	60	2×16/G-6	IEC01	EMT	1
10	LPC7-11		10922		3	60	2×16/G-6	IEC01	EMT	1
12	LPC7-12			10922	3	60	2×16/G-6	IEC01	EMT	1
TOTAL		43550	43550	43550	MAIN CB		MAIN FEEDER		RACEWAY	
CONNECTED LOAD (VA)		130650			MCCB		4x150 MM^2 IEC01,G-25 MM^2			
88% DEMAND LOAD (VA)		115410			3P 225 AT		80MM EMT			

ตารางที่ 4.11 ตารางแสดงวงจรสายป้อนของตู้ DB.7

LOAD SCHEDULE : 400/230 V. DISTRIBUTION BOARD										
NAME : DB7					LOCATION : EIGTH FLOOR					
CAPACITY : 12					MAIN BAR : 300 A					
CONNECTED TO : FCB					NEUTRAL : 100 %					
CTT NO.	DESCRIPTION	CONNECTED LOAD (VA)			BRANCH CB		CONDUCTOR		RACEWAY	
		A	B	C	POLE	AT	SIZE (MM^2)	TYPE	Type	Ø(inch)
1	LPA8-1	10876			3	60	2×16/G-6	IEC01	EMT	1
3	LPA8-2		10876		3	60	2×16/G-6	IEC01	EMT	1
5	LPA8-3			10876	3	60	2×16/G-6	IEC01	EMT	1
2	LPA8-4	10876			3	60	2×16/G-6	IEC01	EMT	1
4	LPA8-5		10876		3	60	2×16/G-6	IEC01	EMT	1
6	LPA8-6			10876	3	60	2×16/G-6	IEC01	EMT	1
7	LPA8-7	10876			3	60	2×16/G-6	IEC01	EMT	1
9	LPA8-8		10876		3	60	2×16/G-6	IEC01	EMT	1
11	LPA8-9			10876	3	60	2×16/G-6	IEC01	EMT	1
8	LPB8-10	10922			3	60	2×16/G-6	IEC01	EMT	1
10	LPC8-11		10922		3	60	2×16/G-6	IEC01	EMT	1
12	LPC8-12			10922	3	60	2×16/G-6	IEC01	EMT	1
TOTAL		43550	43550	43550	MAIN CB		MAIN FEEDER		RACEWAY	
CONNECTED LOAD (VA)		130650			MCCB		4x150 MM^2 IEC01,G-25 MM^2			
88% DEMAND LOAD (VA)		115410			3P 225 AT		80MM EMT			

ตารางที่ 4.12 ตารางแสดงวงจรสายป้อนของตู้ FCB

LOAD SCHEDULE	:	MAIN DISTRIBUTION BOARD									
NAME	:	FCB				LOCATION	:	MDB ROOM			
CAPACITY	:	12				MAIN BAR	:	1500 A			
CONNECTED TO	:	MDB				NEUTRAL	:	100 %			
FEERER NO.	DESCRIPTION	CONNECTED LOAD (VA)				CIRCUIT BREAKER		CONDUCTOR		RACEWAY	
		R	S	T	TOTAL	POLE	AT	SIZE (MM^2)	TYPE	Type	Ø(inch)
F1	DB1	45850	33674	33801	113325	3	200 AT	4 x120,G25	IEC01	EMT	3
F2	DB2	32674	32674	32674	98022	3	200 AT	4 x120,G25	IEC01	EMT	3
F3	DB3	43550	43550	43550	130650	3	225 AT	4 x150,G25	IEC01	EMT	3
F4	DB4	43550	43550	43550	130650	3	225 AT	4 x150,G25	IEC01	EMT	3
F5	DB5	43550	43550	43550	130650	3	225 AT	4 x150,G25	IEC01	EMT	3
F6	DB6	43550	43550	43550	130650	3	225 AT	4 x150,G25	IEC01	EMT	3
F7	DB7	43550	43550	43550	130650	3	225 AT	4 x150,G25	IEC01	EMT	3
TOTAL		296274	284098	284225	864597	MAIN CB		MAIN FEEDER		RACEWAY	
CONNECTED LOAD (VA)		864597				MCCB		4×(4x180) MM^2 IEC01,G-70 MM^2			
62% DEMAND LOAD (VA)		482434				3P 1000 AT		150MM EMT			

ตารางที่ 4.13 ตารางแสดงวงจรสายป้อนของตู้ DB.PB.12

LOAD SCHEDULE	**:**	**PANELBOARD**						
NAME	**:**	**DB.PB.12**		**LOCATION**	**:**	**SECOND FLOOR**		
CAPACITY	**:**	**12**		**MAIN BAR**	**:**	**40 A**		
CONNECTED TO	**:**	**DB.PB.1**		**NEUTRAL**	**:**	**100 %**		
CTT NO.	**DESCRIPTION**	**CONNECTED LOAD (VA)**	**BRANCH CB**		**CONDUCTOR**		**RACEWAY**	
			POLE	**AT**	**SIZE(MM^2**	**TYPE**	**Type**	**Ø(inch)**
1	A/C	1414	1	20	2×4/G-2.5	IEC01	EMT	1/2"
2	Fire Alarm Control	1500	1	16	2×2.5/G-2.5	IEC01	EMT	1/2"
TOTAL		2914	MAIN CB		MAIN FEEDER		RACEWAY	
CONNECTED LOAD (VA)		2914	MCCB		2x6 MM^2 IEC01,G-2.5 MM^2			
100% DEMAND LOAD (VA)		2914	2P 30 AT		15MM EMT			

ตารางที่ 4.14 ตารางแสดงวงจรสายป้อนของตู้DB.PB.1

LOAD SCHEDULE : 400/230 V. DISTRIBUTION BOARD									
NAME : DB.PB.1					LOCATION : SECOND FLOOR				
CAPACITY : 12					MAIN BAR : 40 A				
CONNECTED TO : MDP.P					NEUTRAL : 100 %				
CTT NO.	DESCRIPTION	CONNECTED LOAD (VA)			BRANCH CB		CONDUCTOR		RACEWAY	
		A	B	C	POLE	AT	SIZE (MM^2)	TYPE	TYPE	Ø(inch)
1	Lighting FL.0	54			1	16	2×2.5,G-2.5	IEC01	EMT	1/2
3	Lighting FL.1		265		1	16	2×2.5,G-2.5	IEC01	EMT	1/2
5	Lighting FL.2			424	1	16	2×2.5,G-2.5	IEC01	EMT	1/2
2	ReceptacleFL.2	1620			1	16	2×2.5,G-2.5	IEC01	EMT	1/2
4	DP.PB.12		2914		1	20	2×2.5,G-2.5	IEC01	EMT	1/2
6	Stair1			338	1	16	2×2.5,G-2.5	IEC01	EMT	1/2
7	Stair2	320			1	16	2×2.5,G-2.5	IEC01	EMT	1/2
9	SPARE				1	20				
11	SPARE				1	20				
TOTAL		1994	3179	762	MAIN CB		MAIN FEEDER		RACEWAY	
CONNECTED LOAD (VA)		5935			MCCB		4×6 MM^2IEC01,G-2.5MM^2			
80% DEMAND LOAD (VA)		4748			3P 30 AT		15 MM EMT			

ตารางที่ 4.15 ตารางแสดงวงจรสายป้อนของตู้DB.PB.2

LOAD SCHEDULE : 400/230 V. DISTRIBUTION BOARD										
NAME : DB.PB.2						LOCATION : FIFTH FLOOR				
CAPACITY : 12						MAIN BAR : 40 A				
CONNECTED TO : MDP.P						NEUTRAL : 100 %				
CTT NO.	DESCRIPTION	CONNECTED LOAD (VA)			BRANCH CB		CONDUCTOR		RACEWAY	
		A	B	C	POLE	AT	SIZE (MM^2)	TYPE	TYPE	Ø(inch)
1	Lighting FL.3	174			1	16	2×2.5,G-2.5	IEC01	EMT	1/2
3	Lighting FL.4		174		1	16	2×2.5,G-2.5	IEC01	EMT	1/2
5	Lighting FL.5			174	1	16	2×2.5,G-2.5	IEC01	EMT	1/2
2	Receptacle FL.3	720			1	16	2×2.5,G-2.5	IEC01	EMT	1/2
4	Receptacle FL.4		720		1	20	2×2.5,G-2.5	IEC01	EMT	1/2
6	Receptacle FL.5			720	1	16	2×2.5,G-2.5	IEC01	EMT	1/2
TOTAL		894	894	894	MAIN CB		MAIN FEEDER		RACEWAY	
CONNECTED LOAD (VA)		2682			MCCB		4×6 MM^2 IEC01 ,G-2.5 MM^2			
80% DEMAND LOAD (VA)		2146			3P 30 AT		15 MM EMT			

ตารางที่ 4.16 ตารางแสดงวงจรสายป้อนของตู้DB.PB.3

LOAD SCHEDULE : 400/230 V. DISTRIBUTION BOARD										
NAME : DB.PB.3						LOCATION : EIGTH FLOOR				
CAPACITY : 12						MAIN BAR : 40 A				
CONNECTED TO : MDP.P						NEUTRAL : 100 %				
CTT NO.	DESCRIPTION	CONNECTED LOAD (VA)			BRANCH CB		CONDUCTOR		RACEWAY	
		A	B	C	POLE	AT	SIZE (MM^2)	TYPE	TYPE	Ø(inch)
1	Lighting FL.6	174			1	16	2×2.5,G-2.5	IEC01	EMT	1/2
3	Lighting FL.7		174		1	16	2×2.5,G-2.5	IEC01	EMT	1/2
5	Lighting FL.8			174	1	16	2×2.5,G-2.5	IEC01	EMT	1/2
2	Lighting FL.9	42			1	16	2×2.5,G-2.5	IEC01	EMT	1/2
4	Receptacle FL.6		720		1	16	2×2.5,G-2.5	IEC01	EMT	1/2
6	Receptacle FL.7			720	1	16	2×2.5,G-2.5	IEC01	EMT	1/2
7	Receptacle FL.8	720			1	16	2×2.5,G-2.5	IEC01	EMT	1/2
9	Spare				1	16				
11	Spare				1	16				
TOTAL		936	894	894	MAIN CB		MAIN FEEDER		RACEWAY	
CONNECTED LOAD (VA)		2724			MCCB		4×6 MM^2 IEC01 ,G-2.5 MM^2			
80% DEMAND LOAD (VA)		2180			3P 30 AT		15 MM EMT			

ตารางที่ 4.17 ตารางแสดงวงจรสายป้อนของตู้ MDP.P

LOAD SCHEDULE	:	MAIN DISTRIBUTION BOARD									
NAME	:	MDP.P				LOCATION	:	MDB ROOM			
CAPACITY	:	12				MAIN BAR	:	40 A			
CONNECTED TO	:	MDB				NEUTRAL	:	100%			
FEERER NO.	DESCRIPTION	CONNECTED LOAD (VA)				CIRCUIT BREAKER		CONDUCTOR		RACEWAY	
		A	B	C	TOTAL	POLE	AT	SIZE (MM^2)	TYPE	Type	Ø(inch)
F1	DB.PB.1	1994	3179	762	5935	3	30AT	4 x6,G-2.5	IEC01	EMT	1/2"
F2	DB.PB.2	894	894	894	2682	3	30AT	4 x6,G-2.5	IEC01	EMT	1/2"
F3	DB.PB.3	936	894	894	2724	3	30AT	4 x6,G-2.5	IEC01	EMT	1/2"
TOTAL		3824	4967	2550	11341	MAIN CB		MAIN FEEDER		RACEWAY	
CONNECTED LOAD (VA)		11341				MCCB		4x6 MM^2 IEC01,G-2.5 MM^2			
80% DEMAND LOAD (VA)		9073				3P 30 AT		15 MM EMT			

ตารางที่ 4.18 ตารางแสดงวงจรสายป้อนของตู้ MAIN DISTRIBUTION BOARD

LOAD SCHEDULE		**:**	**MAIN. DISTRIBUTION BOARD**								
NAME		**:**	**MDB**				**LOCATION**	**:**	**MDB ROOM**		
CAPACITY		**:**	**12**				**MAIN BAR**	**:**	**3500 A**		
CONNECTED TO		**:**	**TRANFORMER**				**NEUTRAL**	**:**	**100 %**		
FEERER NO.	**DESCRIPTION**	**CONNECTED LOAD (VA)**				**CIRCUIT BREAKER**		**CONDUCTOR**		**RACEWAY**	
		R	**S**	**T**	**TOTAL**	**POLE**	**AT**	**SIZE (MM^2)**	**TYPE**	**Type**	**Ø(inch)**
F1	CAP					3	700		IEC01		
F2	FCB	296274	284098	284225	864597	3	1000	4×(4×185),G-70	IEC01	EMT	6
F3	MDP.P	3824	4967	2550	11341	3	30	4×6,G-2.5	IEC01	EMT	1/2"
F4	SPARE					3	32				
F5	SPACE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL		294312	294860	287775	876947	MAIN CB		MAIN FEEDER		RACEWAY	
CONNECTED LOAD (VA)		876947				MCCB 4P 2500 AT		5×(4×400) MM^2 XLPE ,G-95 Cable tray 1000 mm			

ตารางแสดงระบบแจ้งเตือนเหตุเพลิงไหม้

ตารางที่ 4.19 โซนที่ 1

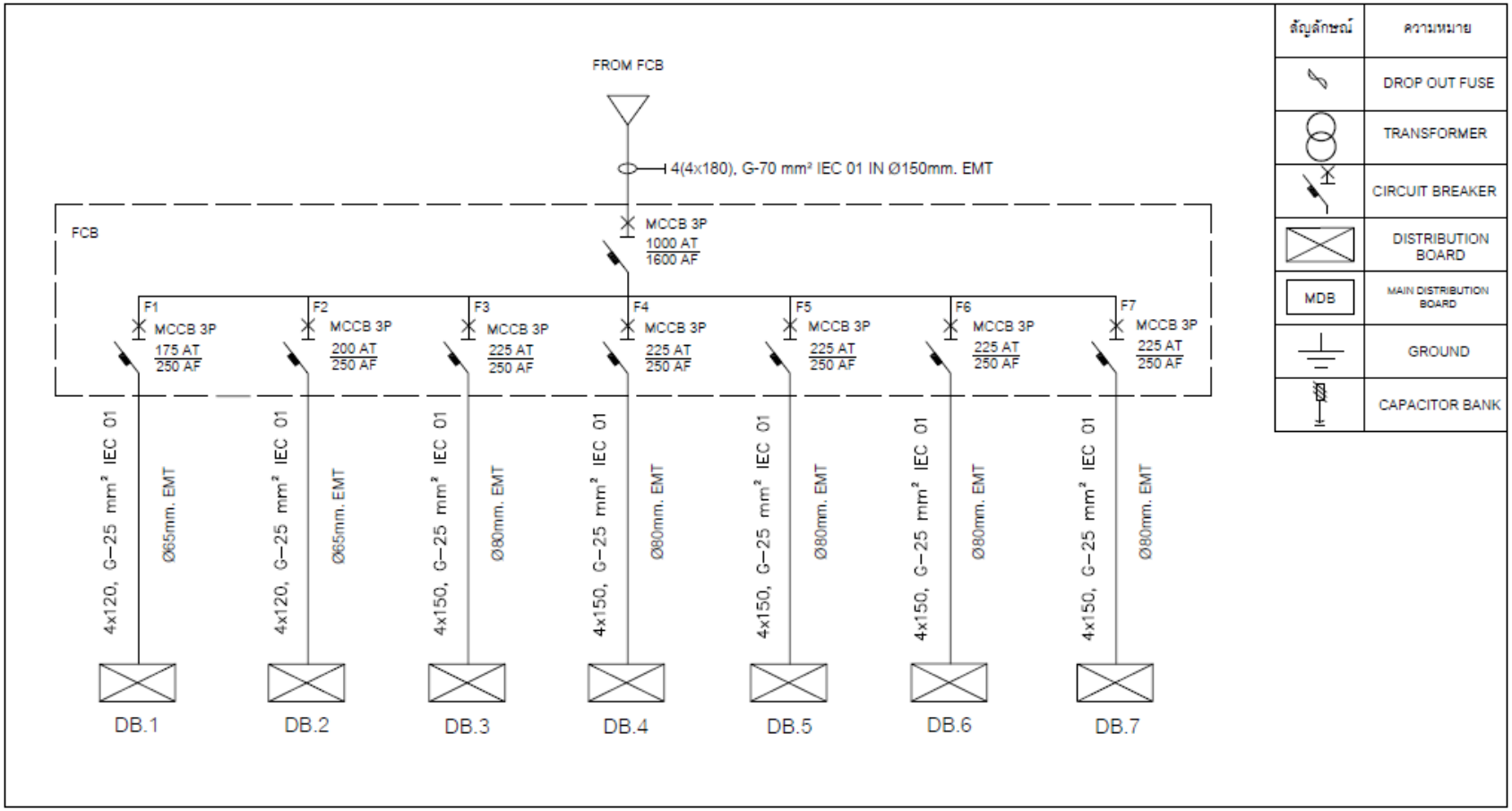
	จำนวน									
	ชั้นใต้ดิน	**ชั้น 1**	**ชั้น 2**	**ชั้น 3**	**ชั้น 4**	**ชั้น 5**	**ชั้น 6**	**ชั้น 7**	**ชั้น 8**	**รวม**
Smoke Detector	11	0	33	31	33	33	33	33	33	240
Heat Detector	0	21	21	22	25	25	25	25	25	189
Alarm Bell	0	1	2	2	2	2	2	2	2	15
Addressable Manual	1	1	2	2	2	2	2	2	2	16

ตารางที่ 4.20 โซนที่ 2

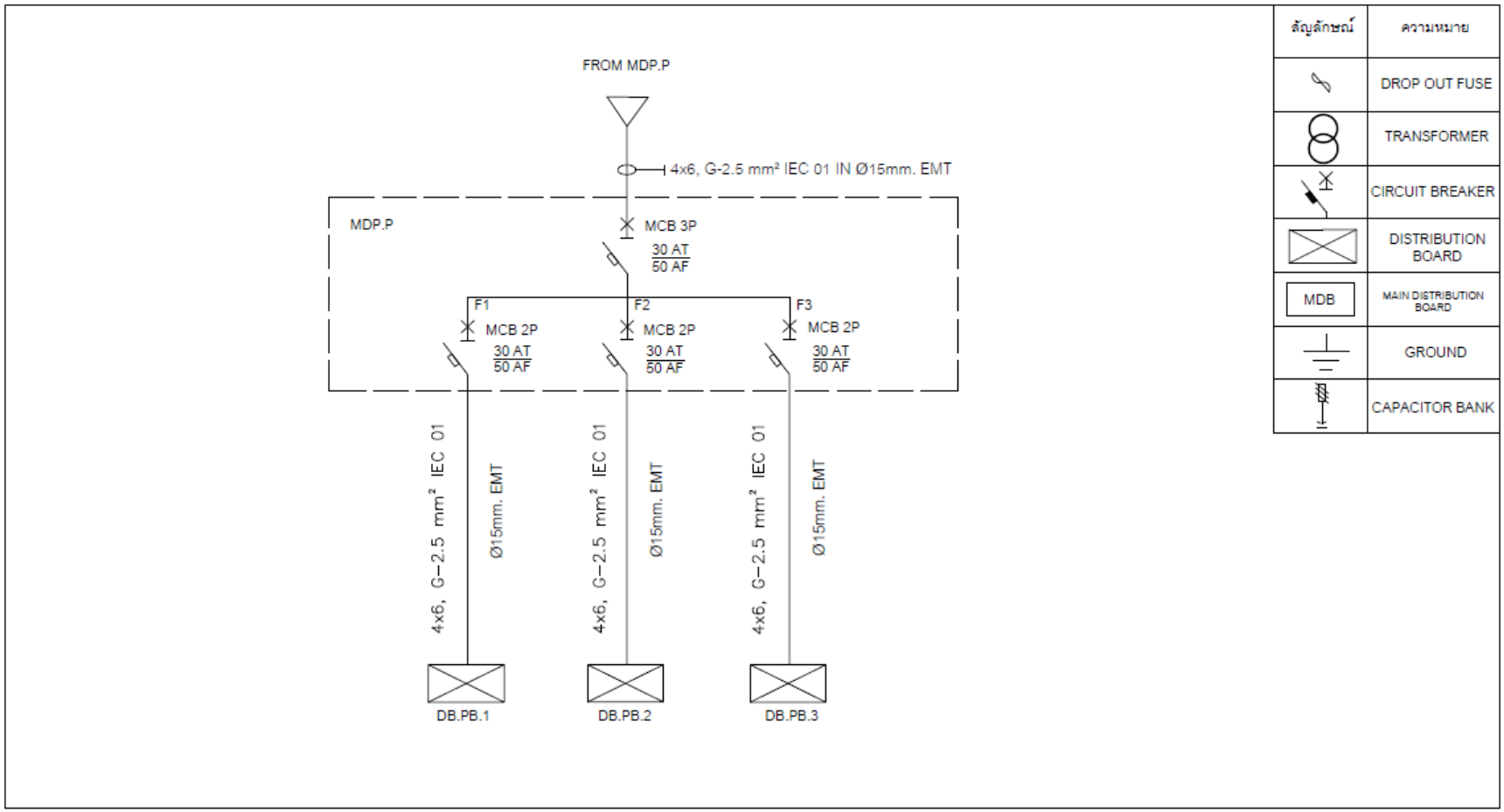
	จำนวน									
	ชั้นใต้ดิน	**ชั้น 1**	**ชั้น 2**	**ชั้น 3**	**ชั้น 4**	**ชั้น 5**	**ชั้น 6**	**ชั้น 7**	**ชั้น 8**	**รวม**
Smoke Detector	0	2	2	2	2	2	2	2	2	16
Heat Detector	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Alarm Bell	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Addressable Manual	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางที่ 4.21 โซนที่ 3

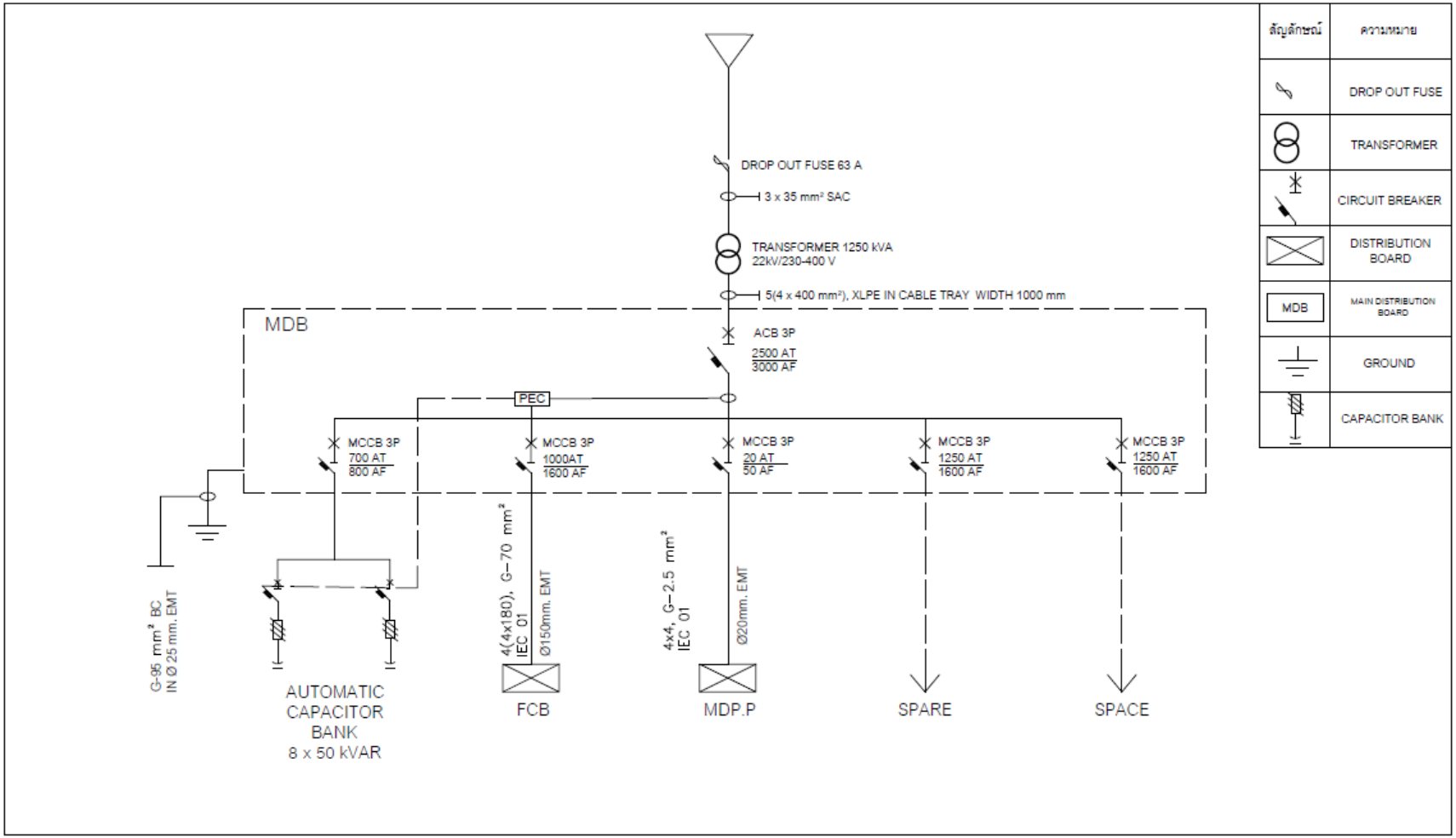
	จำนวน									
	ชั้นใต้ดิน	**ชั้น 1**	**ชั้น 2**	**ชั้น 3**	**ชั้น 4**	**ชั้น 5**	**ชั้น 6**	**ชั้น 7**	**ชั้น 8**	**รวม**
Smoke Detector	1	2	2	2	2	2	2	2	2	17
Heat Detector	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Alarm Bell	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Addressable Manual	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



รูปที่ 4.2 Single line diagram for FCB



รูปที่ 4.3 Single line diagram for MDP.P



รูปที่ 4.4 Single line diagram for MDB

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินการ

โครงงานนี้เป็นการออกแบบระบบไฟฟ้า และระบบแจ้งเตือนเพลิงไหม้สำหรับคอนโดมิเนี่ยม ผู้จัดทำโครงงานได้ศึกษาเนื้อหาวิชาการในด้านหลักการออกแบบระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้า ซึ่งมีเนื้อหาเกี่ยวกับ มาตรฐานอุปกรณ์ไฟฟ้า มาตรฐานการติดตั้ง แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า โหลดทางไฟฟ้า ความปลอดภัยของผู้ใช้ไฟฟ้า ความเชื่อถือได้ในระบบ รวมทั้งอื่นๆ ซึ่งเป็นหลักการที่เป็นพื้นฐานที่ใช้ได้กับอาคารทุกประเภท โดยใช้โปรแกรม Auto CAD เข้ามาช่วยในการเขียนแบบ และได้ทำการออกแบบขนาดสายไฟฟ้า ขนาดท่อร้อยสาย ขนาดเซอกิตเบรกเกอร์ และขนาดของหม้อแปลงที่เหมาะสมกับโหลด รวมไปถึงการออกแบบระบบแจ้งเตือนเพลิงไหม้ภายในอาคาร โดยคำนึงถึงมาตรฐานการออกแบบระบบไฟฟ้าเป็นหลัก

จากการเลือกใช้อุปกรณ์ต่างๆพบว่า การออกแบบระบบไฟฟ้า และระบบแจ้งเตือนเพลิงไหม้สำหรับคอนโดมิเนี่ยมทำให้ได้แบบงานทางด้านไฟฟ้าที่สามารถนำไปใช้ในการก่อสร้างได้จริง และเป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ ซึ่งในโครงงานนี้ได้ทำการออกแบบโดยคำนึงถึงความปลอดภัยในการใช้งานเป็นสำคัญ

5.2 ปัญหาในการดำเนินงาน

5.2.1 ผู้ออกแบบยังขาดความชำนาญ และความเข้าใจในการใช้โปรแกรม Auto Cad

5.2.2 ข้อมูลทางเทคนิคของเครื่องใช้ไฟฟ้า เข้าถึงได้ยาก และมีหลากหลายประเภท จึงต้องคำนึงถึงประเภทและการเลือกใช้

5.3 ข้อเสนอแนะ

การออกแบบระบบไฟฟ้า และระบบแจ้งเตือนเพลิงไหม้ จำเป็นต้องศึกษามาตรฐานการออกแบบระบบไฟฟ้าและระบบแจ้งเตือนเพลิงไหม้ให้เกิดความเข้าใจเป็นอย่างดีแล้ว จึงสามารถทำการออกแบบให้สามารถนำไปใช้ได้จริง รวมไปถึงการศึกษาโปรแปรมคอมพิวเตอร์เพื่อช่วยในการออกแบบไม่ว่างจะเป็น Microsoft Word Microsoft Excel รวมไปจนถึง Auto Cad

เอกสารอ้างอิง

คณะกรรมการสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า. (2545).มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้า สำหรับประเทศไทย กรุงเทพฯ.

ชำนาญ ห่อเกียรติ. (2540). เทคนิคการส่องสว่าง.พิมพ์ครั้งที่1. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

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

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

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

ปริญญานิพนธ์ วศ.บ. (วิศวกรรมไฟฟ้า). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

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

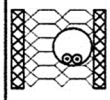
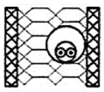
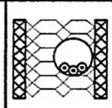
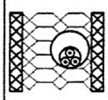
อภิรัตน์ บางศิริ.(2552). เขียนแบบทางวิศวกรรมไฟฟ้า และสถาปัตยกรรมด้วย AutoCAD 2010. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: ซัคเซส มีเดีย.

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

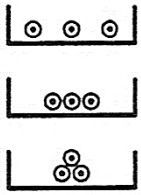
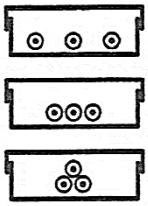
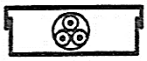
ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
(มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2556)

ตารางที่ ก1 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 ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าตัวนำทองแดงหุ้มฉนวนคลอสลิงกด์พอลิเอทิลีน มีเปลือกนอก สำหรับขนาดแรงดัน (U_0/U) ไม่เกิน $0.6/1$ กิโลโวลต์ อุณหภูมิตัวนำ $90°C$ อุณหภูมิโดยรอบ $40°C$ วางบนรางเคเบิลชนิดด้านล่างทึบ มี/ไม่มี ฝาปิด

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

ตารางที่ 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 (mm²)	สาย IEC 01		สาย NYY 1/C		สาย NYY 3/C		สาย NYY 4/C		สาย XLPE 1/C	
	เส้นผ่านศูนย์กลาง (mm)	พื้นที่หน้าตัด (mm²)	เส้นผ่านศูนย์กลาง (mm)	พื้นที่หน้าตัด (mm²)	เส้นผ่านศูนย์กลาง (mm)	พื้นที่หน้าตัด (mm²)	เส้นผ่านศูนย์กลาง (mm)	พื้นที่หน้าตัด (mm²)	เส้นผ่านศูนย์กลาง (mm)	พื้นที่หน้าตัด (mm²)
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

ตารางที่ ก6 ขนาดต่ำสุดของสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า

พิกัดหรือขนาดปรับตั้งของเครื่องป้องกันกระแส ไม่เกิน (A)	**ขนาดต่ำสุดของสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า (ตัวนำทองแดง) (mm^2)**
20	2.5*
40	4*
70	6*
100	10
200	16
400	25
500	35
800	50
1000	70
1250	95
2000	120
2500	185
4000	240
6000	400

หมายเหตุ หากความยาวของวงจรย่อยเกิน 30 เมตร ให้พิจารณาขนาดสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้าโดยคำนึงถึงค่า Earth fault loop impedance

ตารางที่ ก7 ขนาดต่ำสุดของสายต่อหลักดินของระบบไฟฟ้ากระแสสลับ

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

หมายเหตุ แนะนำให้ติดตั้งในท่อโละหะหนา ท่อโลหะปานกลาง ท่อโลหะบางหรือท่ออโลหะ

ประวัติผู้จัดทำโครงงาน

ประวัติย่อนิสิตผู้ทำโครงงาน

ชื่อ ชื่อสกุล	นายณัฐพงศ์ วันสาม
วันเดือนปีเกิด	19 พฤษภาคม 2538
สถานที่เกิด	อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	89 หมู่ 9 ต.ท่าจำปี อ.เมือง
	จ.พะเยา 56000
หมายเลขโทรศัพท์ติดต่อ	097-108-8538
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2555	มัธยมศึกษาปีที่ 6
	จากโรงเรียนประชาบำรุง
พ.ศ. 2560	กำลังศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ประวัติย่อนิสิตผู้ทำโครงงาน

ชื่อ ชื่อสกุล	นายสิทธิโชติ หัตถกรรม
วันเดือนปีเกิด	24 มกราคม 2538
สถานที่เกิด	อำเภอท่ามะกา จังหวัดกาญจนบุรี
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	495 หมู่ 3 ต.นาดี อ.นาดี จ.ปราจีนบุรี 25220
หมายเลขโทรศัพท์ติดต่อ	086-400-8463

ประวัติการศึกษา

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

ประวัติย่อนิสิตผู้ทำโครงงาน

ชื่อ ชื่อสกุล	นายสิริภูมิ อัสโย
วันเดือนปีเกิด	6 เมษายน 2538
สถานที่เกิด	อำเภอเมือง จังหวัดตราด
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	1015/27 หมู่ 1 ต.วังกระแจะ
	อ.เมือง จ.ตราด 23000
หมายเลขโทรศัพท์ติดต่อ	088-224-0325

ประวัติการศึกษา

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