



รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การออกแบบและวางแผนการจัดซื้อแผงบริภัณฑ์ไฟฟ้าประธานรวมแรงดันต่ำ
Design and Purchase Planning of Main Distribution Boards

นางสาวนารีรัตน์ พรสุวรรณ

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2560



รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การออกแบบและวางแผนการจัดซื้อแผงบริภัณฑ์ไฟฟ้าประธานรวมแรงดันต่ำ

Design and Purchase Planning of Main Distribution Boards

นางสาวนารีรัตน์ พรสุวรรณ

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2560

ชื่อโครงการสหกิจศึกษา การออกแบบและวางแผนการจัดซื้อแผงบริภัณฑ์ไฟฟ้าประธานรวมแรงดันต่ำ

ชื่อ-สกุล นักศึกษา นางสาวนารีรัตน์ พรสุวรรณ

คณะ วิศวกรรมศาสตร์

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

ชื่อ-สกุล อาจารย์นิเทศ ผศ.ดร.วรชาติ สุวรรณงาม

ชื่อ-สกุล ผู้นิเทศงาน นายณัฐนนท์ งามเจริญกุล

สถานประกอบการ บริษัท นันทวัน จำกัด

บทคัดย่อ

รายงานสหกิจศึกษานี้เป็นส่วนหนึ่งของวิชาสหกิจศึกษา โดยนำเสนอการศึกษาเกี่ยวกับการออกแบบและการวางแผนการจัดซื้อแผงบริภัณฑ์ไฟฟ้าประธานรวมแรงดันต่ำ (แผงบริภัณฑ์ ๖) สำหรับตัวอย่างอาคารสูงแห่งหนึ่งของโครงการก่อสร้างบริษัท นันทวัน จำกัด เพื่อนำมาติดตั้ง ณ ห้องไฟฟ้าของอาคาร ซึ่งแนวทางการศึกษาและขั้นตอนการจัดซื้อได้ถูกนำเสนอไว้ในรายงานสหกิจศึกษานี้ ประกอบด้วย การตรวจสอบการออกแบบระบบไฟฟ้าของอาคารโดยใช้โปรแกรมเอ็กซ์เซล ขั้นตอนการออกแบบแผงบริภัณฑ์ ๖ ตามแบบไดอะแกรมทางไฟฟ้า ขั้นตอนการตรวจสอบแบบแผงบริภัณฑ์ ๖ จากบริษัทผู้ผลิต รวมถึงการจัดทำแผนการจัดซื้อแผงบริภัณฑ์ ๖ เพื่อลดระยะเวลาและความผิดพลาดของการออกแบบแผงบริภัณฑ์ ๖ และได้แผงบริภัณฑ์ ๖ ที่ถูกต้องตามแบบรายละเอียดข้อกำหนดทางเทคนิคของงานระบบไฟฟ้าและถูกต้องตามมาตรฐานสากล จากผลการศึกษาและการปฏิบัติงานในบริษัท นันทวัน จำกัด ทางผู้จัดทำสามารถแก้ไขปัญหาเรื่องการออกแบบขนาดของแผงบริภัณฑ์ ๖ ให้พอดีกับขนาดของห้องไฟฟ้าและโปรแกรมที่ผู้จัดทำได้พัฒนาขึ้นสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการตรวจสอบการออกแบบแผงบริภัณฑ์ ๖ สำหรับโครงการอื่น ๆ ได้

คำสำคัญ : แผงบริภัณฑ์ไฟฟ้าประธานรวมแรงดันต่ำ/ ห้องไฟฟ้า

Cooperative Title: Design and Purchase Planning of Main Distribution Boards

Student intern name: Miss Nareerat Pornsuwan

Faculty: Engineering

Department: Electrical Engineering

Advisor name: Asst.Prof.Dr.Warachart Suwan-ngam

Mentor name: Mr.Natthanon Ngamchroenkul

Company: Thai Obayashi Co., Ltd.

ABSTRACT

This cooperative education report is a part of cooperative education program. The report presents design and purchase planning of a Main Distribution Board (MDB), which will be installed in the electrical room, of a high-rise building own by Thai Obayashi Co., Ltd. The study approach consists of verification of the electrical design, the process of MDB design following a single line diagram and the process of checking the design of an MDB from the manufacturer. The study also includes the purchase planning of an MDB for reducing purchasing period. The study results show that the student can help solving the problem of size mismatch of the MDB. Moreover, the program developed by the student can also be applied to further projects of Thai Obayashi Co., Ltd.

Keywords : Main distribution boards/Electrical room

กิตติกรรมประกาศ

รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์เล่มนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี โดยได้รับความอนุเคราะห์จาก บริษัท นันทวัน จำกัด ที่ได้มอบโอกาสให้ข้าพเจ้าได้เข้าร่วมฝึกสหกิจศึกษาและปฏิบัติงานภายในองค์กรเสมือนบุคลากรของบริษัทตลอดระยะเวลาหนึ่งภาคเรียนการศึกษา

ขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.วรชาติ สุวรรณงาม อาจารย์ที่ปรึกษาและอาจารย์นิเทศ ที่ได้ให้ความรู้ แนวทางการทำงาน ข้อเสนอแนะ และแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ มาโดยตลอดระยะเวลาการทำงาน ทำให้รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์เล่มนี้เป็นรายงานที่ให้ความสมบูรณ์มากที่สุด

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และครอบครัว อันเป็นที่รักยิ่ง ซึ่งได้เลี้ยงดูข้าพเจ้ามาเป็นอย่างดี พร้อมทั้งให้โอกาสในการศึกษาอย่างเต็มที่ และยังให้กำลังใจ เอาใจใส่เสมอมา ในทุก ๆ ด้าน อันหาที่เปรียบมิได้ ข้าพเจ้าขอระลึกในพระคุณอันสุดประมาณ

ขอขอบพระคุณ นายณัฐนนท์ งามเจริญกุล พนักงานที่ปรึกษา ที่ได้ให้ความรู้ ประสพการณ์การทำงาน คำปรึกษา คำแนะนำ ตลอดจนความช่วยเหลือในการจัดทำรายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์นี้ขึ้นมา ข้าพเจ้าใคร่ขอขอบคุณผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านในแผนกเครื่องกลและไฟฟ้าที่มีส่วนร่วมในการให้ความรู้ และคอยส่งเสริม เอาใจใส่ พร้อมทั้งให้ความเข้าใจเกี่ยวกับชีวิตของการทำงานจริงของวิศวกร ทำให้การฝึกสหกิจศึกษาสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี.

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ ทุกคน ที่ช่วยให้คำแนะนำและคอยช่วยเหลือในเรื่องต่าง ๆ รวมทั้งให้กำลังใจเสมอมา

สุดท้ายนี้ คุณค่าและประโยชน์ของรายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์เล่มนี้ ขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจทำให้รายงานฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ และขอมอบให้แก่ผู้ที่สนใจศึกษาได้นำรายงานฉบับนี้ไปใช้ประโยชน์ต่อไปไม่มากนักน้อย

นาริรัตน์ พรสุวรรณ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญรูป.....	VII
สารบัญตาราง.....	IX
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	2
1.3 ขอบเขตของการศึกษา.....	2
1.4 วิธีการดำเนินการศึกษา.....	2
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 มาตรฐานต่าง ๆ ในการออกแบบระบบไฟฟ้า.....	4
2.1.1 มาตรฐานของบริภัณฑ์หรืออุปกรณ์ไฟฟ้า.....	4
2.1.2 มาตรฐานการติดตั้งระบบและอุปกรณ์ไฟฟ้าของต่างประเทศ.....	4
2.1.3 มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย.....	4
2.1.4 มาตรฐานการออกแบบและติดตั้งระบบไฟฟ้า.....	5
2.2 การออกแบบระบบไฟฟ้า.....	5
2.2.1 หลักเกณฑ์ในการออกแบบระบบไฟฟ้า.....	5
2.2.2 การประมาณโหลด.....	6
2.2.3 การคำนวณขนาดของโหลด.....	7
2.2.4 การทำตารางโหลด.....	11
2.3 แผงบริภัณฑ์ไฟฟ้าประธานรวมแรงดันต่ำ.....	12
2.3.1 โครงสร้างของแผงบริภัณฑ์ ฯ.....	14

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.3.2 อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการใช้งานภายในแผงบริภัณฑ์ ฯ.....	15
2.3.3 องค์ประกอบหลักในการออกแบบเพื่อกำหนดขนาดแผงบริภัณฑ์ ฯ.....	26
2.4 การทวนสอบ (Verification).....	34
2.5 การติดตั้งแผงบริภัณฑ์ ฯ.....	35
บทที่ 3 การออกแบบและวางแผนการจัดซื้อแผงบริภัณฑ์ ฯ.....	36
3.1 การออกแบบแผงบริภัณฑ์ ฯ.....	36
3.1.1 วิเคราะห์การคำนวณการออกแบบระบบไฟฟ้าของตัวอย่างอาคารสูง.....	36
3.1.2 ออกแบบแผงบริภัณฑ์ ฯ.....	48
3.2 การวางแผนการจัดซื้อแผงบริภัณฑ์ ฯ.....	62
3.2.1 ศึกษาตารางกำหนดการจ่ายไฟเข้าอาคารสูง.....	62
3.2.2 ติดต่อบริษัทผู้ผลิตแผงบริภัณฑ์ ฯ.....	62
3.2.3 บริษัทผู้ผลิตแผงบริภัณฑ์ ฯ ส่งใบเสนอราคาและแบบแผงบริภัณฑ์ ฯ.....	63
3.2.4 บริษัทผู้รับเหมารายใหญ่ตรวจสอบความถูกต้องและทำการแก้ไขแบบ.....	65
3.2.5 บริษัทที่ปรึกษาอนุมัติการสั่งซื้อแผงบริภัณฑ์ ฯ.....	66
บทที่ 4 การเปรียบเทียบการออกแบบและลำดับการวางแผนการสั่งซื้อแผงบริภัณฑ์ ฯ.....	69
4.1 การเปรียบเทียบการออกแบบบริภัณฑ์ ฯ.....	69
4.1.1 การคำนวณการออกแบบระบบไฟฟ้าของตัวอย่างอาคารสูง.....	69
4.1.2 โปรแกรมการออกแบบระบบไฟฟ้าโดยโปรแกรมเอ็กซ์เซล.....	70
4.1.3 การออกแบบหน้าแผงบริภัณฑ์ ฯ.....	70
4.2 การวางแผนการจัดซื้อแผงบริภัณฑ์ ฯ.....	71
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ.....	77
5.1 สรุปผลการศึกษา.....	77
5.2 ปัญหาที่พบในการศึกษา.....	77
5.3 วิธีการแก้ไขและข้อเสนอแนะ.....	77

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
เอกสารอ้างอิง.....	79
ภาคผนวก.....	81
ภาคผนวก ก. ตารางโหลดของตัวอย่างอาคารสูงฉบับแก้ไข.....	82
ภาคผนวก ข. มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2556.....	95
ภาคผนวก ค. รายละเอียดข้อกำหนดทางเทคนิค.....	118
ประวัติผู้เขียน.....	137

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	สามเหลี่ยมกำลังไฟฟ้า.....	8
2.2	ตารางโหลด.....	12
2.3	แผงบริภัณฑ์ ฯ ตาม IEC 60439-1, IEC61439-2,3 แบบ Type-Tested Assembly.....	13
2.4	โครงสร้างแผงบริภัณฑ์ ฯ.....	14
2.5	เซอร์กิตเบรกเกอร์อากาศ.....	17
2.6	เซอร์กิตเบรกเกอร์อากาศ ชนิด Fixed และ Withdrawable.....	18
2.7	โมลเนสเซอร์กิตเบรกเกอร์.....	19
2.8	บัสบาร์.....	20
2.9	Surge Protection Device.....	23
2.10	การติดตั้งอุปกรณ์ช่วยปลดแรงดันไฟฟ้าต่ำเกินร่วมกับเซอร์กิตเบรกเกอร์.....	24
2.11	ระดับการป้องกันสิ่งแปลกปลอมที่เป็นของแข็งและของเหลว.....	28
2.12	ความหมายของรูปแบบของการแยก.....	29
2.13	สัญลักษณ์ฟอร์ม 1.....	30
2.14	สัญลักษณ์ฟอร์ม 2A และ 2B.....	31
2.15	สัญลักษณ์ฟอร์ม 3A และ 3B.....	32
2.16	สัญลักษณ์ฟอร์ม 4A และ 4B.....	32
3.1	ลักษณะการออกแบบของโครงการอาคารสูงสำหรับที่อยู่อาศัย.....	36
3.2	ตารางโหลดของตัวอย่างอาคารสูงจากผู้ออกแบบ.....	37
3.3	ไดอะแกรมทางไฟฟ้าของตัวอย่างอาคารสูง.....	40
3.4	แผนภาพไรเซอร์ไดอะแกรมของตัวอย่างอาคารสูง.....	41
3.5	โปรแกรมการคำนวณการออกแบบระบบไฟฟ้าในโปรแกรมเอ็กซ์เซล.....	42
3.6	รายละเอียดข้อกำหนดระบบไฟฟ้าและสื่อสารของตัวอย่างอาคารสูง.....	45
3.7	แบบแปลนชั้น 2 ของตัวอย่างอาคารสูง.....	46
3.8	One-line type symbols ของ MDB 1W และ MDB 2W.....	47
3.9	แบบแปลนของห้องไฟฟ้าออกแบบโดยผู้ออกแบบ.....	51
3.10	แบบหน้าแผงบริภัณฑ์ ฯ แบบที่ 1.....	59
3.11	แบบหน้าแผงบริภัณฑ์ ฯ แบบที่ 2.....	61

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.12	ทะเบียนผู้ค้า.....	63
3.13	การประชุมกับตัวแทนบริษัทผู้ผลิตแผงบริษัท ฯ เพื่อสรุปการออกแบบ.....	66
3.14	แบบหน้าแผงบริษัท ฯ ของบริษัทผู้ผลิตบริษัท ฯ.....	78
4.1	ผังงานขั้นตอนการจัดซื้อและตรวจสอบการออกแบบแผงบริษัท ฯ.....	75
4.2	แบบแผงบริษัท ฯ แบบแก้ไข.....	76

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1	สรุปรายละเอียดฟอร์มตู้และลักษณะการกัน.....33
3.1	ตารางสรุปรายละเอียดทางเทคนิคเกี่ยวกับแผงบริภัณฑ์ ฯ..... 48
3.2	ตารางสรุปรายละเอียดและจำนวนเซอร์กิตเบรกเกอร์และอุปกรณ์ตามไดอะแกรมทางไฟฟ้า..... 52
3.3	ตารางสรุปรุ่นและขนาดของเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่ใช้ในแผงบริภัณฑ์ ฯ จากแคตตาล็อก..... 53 สำหรับแบบ Shop Drawing ที่ 1
3.4	ตารางสรุปรุ่นและขนาดของเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่ใช้ในแผงบริภัณฑ์ ฯ จากแคตตาล็อก..... 54 สำหรับแบบ Shop Drawing ที่ 2
3.5	ตารางแสดงกำหนดการสั่งซื้อแผงบริภัณฑ์ ฯ และการจ่ายไฟฟ้าเข้าอาคารสูง.....67
4.1	ความหมายของสีที่ใช้ในตารางโหลด.....69
4.2	ตารางแสดงการเปรียบเทียบแบบหน้าแผงบริภัณฑ์ ฯ..... 72
ก.1	ตารางโหลดของตู้โหลดย่อย (Panel Board).....82
ก.2	ตารางโหลดของตู้จ่ายไฟฟ้า (Distribution Board)..... 87
ก.3	ตารางโหลดของบัสดัก (Bus Duct).....91
ก.4	ตารางโหลดของแผงบริภัณฑ์ไฟฟ้าหลัก.....92
ก.5	การแสดงการคำนวณหาขนาดหม้อแปลงไฟฟ้า.....93
ข.1	ความลึก (Depth) ต่ำสุดของที่วางเพื่อปฏิบัติงานกับบริภัณฑ์ไฟฟ้าระบบแรงต่ำ.....96
ข.2	ขนาดต่ำสุดของสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า..... 97
ข.3	พื้นที่หน้าตัดสูงสุดรวมของสายไฟทุกเส้นคิดเป็นร้อยละเทียบกับพื้นที่หน้าตัดของท่อ.....98
ข.4	ตารางขนาดกระแสของสายไฟฟ้าที่สัมพันธ์กับลักษณะการติดตั้งและชนิดของสายไฟฟ้า..... 101 (สำหรับระบบแรงต่ำ)
ข.5	ขนาดรางเดินสายโลหะที่แนะนำในการผลิต..... 101
ข.6.1	ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าทองแดงหุ้มฉนวนพีวีซี มี/ไม่มีเปลือกนอก สำหรับขนาดแรงดัน..... 102 (U _o /U) ไม่เกิน 0.6/1 กิโลโวลต์ อุณหภูมิตัวนำ 70 °C เดินในช่องเดินสายในอากาศ
ข.6.2	ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าตัวนำทองแดง หุ้มฉนวน มีเปลือกนอก สำหรับขนาดแรงดัน..... 103 (U _o /U) ไม่เกิน 0.6/1 กิโลโวลต์ อุณหภูมิตัวนำ 70 °C หรือ 90 °C อุณหภูมิโดยรอบ 40 °C เดินเกาะผนังในอากาศ

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ข.6.3 ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าตัวนำทองแดงแกนเดี่ยวหุ้มฉนวนพีวีซี มอก.11-2553 สำหรับ.....	104
ขนาดแรงดัน (U_0/U) ไม่เกิน 450/750 โวลต์ อุณหภูมิตัวนำ 70 °C อุณหภูมิโดยรอบ 40 °C เดินบนฉนวนลูกถ้วยในอากาศ	
ข.6.4 ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าตัวนำทองแดงหุ้มฉนวนพีวีซี สำหรับขนาดแรงดัน (U_0/U).....	105
ไม่เกิน 0.6/1 กิโลโวลต์ อุณหภูมิตัวนำ 70 °C อุณหภูมิโดยรอบ 30 °C ร้อยท่อฝังดิน หรือฝังดินโดยตรง	
ข.6.5 ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าทองแดงหุ้มฉนวนคลอสลิงก์พอลิเอทิลีน มีเปลือกนอก.....	106
สำหรับขนาดแรงดัน (U_0/U) ไม่เกิน 0.6/1 กิโลโวลต์ อุณหภูมิตัวนำ 90 °C อุณหภูมิโดยรอบ 40 °C เดินร้อยในท่อในอากาศ	
ข.6.6 ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าแกนเดี่ยวตัวนำทองแดงหุ้มฉนวนครอสลิงก์พอลิเอทิลีน.....	107
สำหรับขนาดแรงดัน (U_0/U) ไม่เกิน 0.6/1 กิโลโวลต์ อุณหภูมิตัวนำ 70 °C อุณหภูมิโดยรอบ 40 °C เดินบนฉนวนลูกถ้วยในอากาศ	
ข.6.7 ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าตัวนำทองแดงหุ้มฉนวนครอสลิงก์พอลิเอทิลีน มีเปลือกนอก.....	108
ขนาดแรงดัน (U_0/U) ไม่เกิน 0.6/1 กิโลโวลต์ อุณหภูมิตัวนำ 70 °C อุณหภูมิโดยรอบ 30 °C ร้อยท่อฝังดินหรือฝังดินโดยตรง	
ข.6.8 ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าตัวนำทองแดงหุ้มฉนวนพีวีซี สำหรับขนาดแรงดัน (U_0/U).....	109
ไม่เกิน 0.6/1 กิโลโวลต์ อุณหภูมิตัวนำ 70 °C อุณหภูมิโดยรอบ 40 °C วางบนรางเคเบิลแบบระบายอากาศไม่มีฝาปิด หรือรางเคเบิลแบบแบนได้	
ข.6.9 ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าตัวนำทองแดงหุ้มฉนวนพีวีซี สำหรับขนาดแรงดัน (U_0/U).....	110
ไม่เกิน 0.6/1 กิโลโวลต์ อุณหภูมิตัวนำ 70 °C อุณหภูมิโดยรอบ 40 °C วางบนรางเคเบิลชนิดด้านล่างทึบ มี/ไม่มีฝาปิด	
ข.6.10 ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าตัวนำทองแดงหุ้มฉนวนครอสลิงก์พอลิเอทิลีน มีเปลือกนอก.....	111
สำหรับขนาดแรงดัน (U_0/U) ไม่เกิน 0.6/1 กิโลโวลต์ อุณหภูมิตัวนำ 90 °C อุณหภูมิโดยรอบ 40 °C วางบนรางเคเบิลแบบระบายอากาศไม่มีฝาปิด หรือรางเคเบิลแบบแบนได้	

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
	อุณหภูมิโดยรอบ 40 °C วางบนรางเคเบิลแบบระบายอากาศไม่มีฝาปิด หรือรางเคเบิลแบบบันได
ข.6.11	ขนาดกระแสของสายไฟฟ้ําตัวนำทองแดงหุ้มฉนวนครอสลิงก์พอลิเอทิลีน มีเปลือกนอก.....112 สำหรับขนาดแรงดัน (U ₀ /U) ไม่เกิน 0.6/1 กิโลโวลต์ อุณหภูมิตัวนำ 70 °C อุณหภูมิโดยรอบ 40 °C วางบนรางเคเบิลชนิดด้านล่างทึบ มี/ไม่มีฝาปิด
ข.7	พื้นที่ภาคตัดขวางภายในของท่อร้อยสายไฟฟ้ํา (ท่อร้อยสายไฟฟ้ําที่ผลิตตาม.....113 มาตรฐาน มอก.770-2533)
ข.8	รูปแบบการติดตั้งอ้างอิง..... 114
ข.9	Continuous current-carrying of copper conductors (IEC 61439-2).....115
ข.10	สัญลักษณ์ต่าง ๆ ของอุปกรณ์ไฟฟ้ํา.....116

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ในงานระบบไฟฟ้าของการก่อสร้างอาคารต่าง ๆ สิ่งที่สำคัญที่สุดในการจ่ายไฟฟ้าจากการไฟฟ้าเข้าระบบไฟฟ้า ระบบลิฟต์ หรือระบบเครื่องปรับอากาศของอาคาร ให้สามารถดำเนินการได้ ก็คือ แผงบริภัณฑ์ไฟฟ้าประธานรวมแรงดันต่ำ (Main Distribution Board, MDB) ในรายงานฉบับนี้จะใช้คำว่า แผงบริภัณฑ์ ๓ ซึ่งติดตั้งอยู่ในห้องไฟฟ้าของอาคาร เป็นเสมือนสวิตช์ขนาดใหญ่ที่เปิดปิดวงจรไฟฟ้าและตัดวงจรไฟฟ้าเพื่อป้องกันการเกิดความเสียหายเมื่อเกิดเหตุไฟฟ้าขัดข้อง แผงบริภัณฑ์ ๓ จึงเป็นบริภัณฑ์ไฟฟ้าที่สำคัญที่ต้องออกแบบโดยคำนึงถึงความปลอดภัยและถูกต้องตามมาตรฐานกำหนด เมื่อการไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) หรือการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) เข้ามาตรวจสอบแผงบริภัณฑ์ ๓ ก่อนการจ่ายไฟฟ้า แล้วพบว่ามีการออกแบบแผงบริภัณฑ์ ๓ ที่ผิดหรือไม่ตรงตามมาตรฐานวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยได้กำหนดไว้ จะทำให้การไฟฟ้าไม่ยินยอมที่จะจ่ายไฟฟ้าเข้าตัวอาคารได้ตามกฎหมายกำหนด

เนื่องจากผู้จัดทำได้เข้าร่วมโครงการสหกิจศึกษากับทางบริษัท นันทวัน จำกัด ซึ่งเป็นบริษัทที่ดำเนินงานเกี่ยวกับการก่อสร้างรายใหญ่ และเข้าปฏิบัติงานในโครงการก่อสร้างอาคารสูงแห่งหนึ่งของบริษัท นันทวัน จำกัด ในเขตกรุงเทพมหานคร ซึ่งเป็นอาคารสูงขนาด 19 ชั้นและชั้นใต้ดิน 3 ชั้น มีความสูงจากพื้นดิน 81.50 เมตร เริ่มดำเนินการก่อสร้างตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2558 และจะครบกำหนดระยะเวลาการก่อสร้างในเดือนธันวาคม พ.ศ. 2562 ซึ่งต้องมีการจ่ายไฟฟ้าเข้าตัวอาคารในเดือนตุลาคม พ.ศ. 2561 เพื่อให้การติดตั้งแผงบริภัณฑ์ ๓ ในห้องไฟฟ้า สามารถติดตั้งได้ตรงกำหนดการจ่ายไฟฟ้า ผู้จัดทำจึงได้รับมอบหมายให้ดูแลการออกแบบและสั่งซื้อแผงบริภัณฑ์ ๓ ให้ติดตั้งภายในโครงการในเดือนมีนาคม พ.ศ. 2561

การดำเนินการออกแบบและสั่งซื้อแผงบริภัณฑ์ ๓ ต้องมีการตรวจสอบความถูกต้องตั้งแต่การออกแบบแผงบริภัณฑ์ ๓ ตามแบบไดอะแกรมไฟฟ้า รายละเอียดตามข้อกำหนด รวมถึงมาตรฐาน วสท. และ IEC ซึ่งจะต้องใช้เวลาในการออกแบบและผลิตแผงบริภัณฑ์ ๓ เป็นระยะเวลาที่ยาวนาน ดังนั้นจึงควรมีการวางแผนการสั่งซื้อแผงบริภัณฑ์ ๓ โดยทางผู้จัดทำได้ช่วยในการออกแบบแผงบริภัณฑ์ ๓ และตรวจสอบแผงบริภัณฑ์ ๓ และจัดทำขั้นตอนการจัดซื้อแผงบริภัณฑ์อย่างเป็นระบบ เพื่อให้สามารถเข้าใจหลักการการออกแบบแผงบริภัณฑ์ ๓ และลดระยะเวลา รวมถึงความผิดพลาดของการออกแบบแผงบริภัณฑ์ ๓ น้อยลงได้

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

- 1.2.1 เพื่อศึกษาการออกแบบแผงบริษัท ฯ ตามมาตรฐาน IEC
- 1.2.2 เพื่อวางแผนการขั้นตอนการจัดซื้อแผงบริษัท ฯ อย่างเป็นระบบ
- 1.2.3 เพื่อลดระยะเวลาและความผิดพลาดของขั้นตอนการออกแบบและการสั่งซื้อแผงบริษัท ฯ

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

- 1.3.1 จัดทำขั้นตอนการออกแบบตลอดจนการสั่งซื้อแผงบริษัท ฯ อย่างเป็นระบบ
- 1.3.2 วิเคราะห์การคำนวณของการออกแบบระบบไฟฟ้าของอาคารสูงตามมาตรฐานของ วสท. และความต้องการของเจ้าของโครงการอาคารสูง
- 1.3.3 ออกแบบไดอะแกรมทางไฟฟ้าที่ใช้ในแผงบริษัท ฯ
- 1.3.4 ออกแบบหน้าแผงบริษัท ฯ
- 1.3.5 การตรวจเช็คและเปรียบเทียบการออกแบบแผงบริษัท ฯ กับบริษัทผู้ผลิตแผงบริษัท ฯ

1.4 วิธีการดำเนินการศึกษา

- 1.4.1 ศึกษาแนวทางการปฏิบัติงานขององค์กร
- 1.4.2 ศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นในองค์กร กำหนดวัตถุประสงค์ และกำหนดขอบเขต
- 1.4.3 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
- 1.4.4 ติดต่อบริษัทผู้รับเหมาและรวบรวมข้อมูลที่จำเป็น
- 1.4.5 ออกแบบแผงบริษัท ฯ
- 1.4.6 ประสานงานกับบริษัทผู้รับเหมาเรื่องการออกแบบแผงบริษัท ฯ พร้อมตรวจสอบและแก้ไข
- 1.4.7 รวบรวมข้อมูลของการออกแบบและการสั่งซื้อแผงบริษัท ฯ
- 1.4.8 ประมวลผลข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล
- 1.4.9 สรุปผลการศึกษา
- 1.4.10 การเขียนรายงานและการเผยแพร่ข้อมูล

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.5.1 มีความรู้ความสามารถในการออกแบบแผงบริษัท ฯ
- 1.5.2 มีความเข้าใจในการคำนวณการออกแบบระบบไฟฟ้าในอาคารสูง
- 1.5.3 สามารถนำขั้นตอนการออกแบบและการจัดซื้อแผงบริษัท ฯ เป็นแนวทางในการสั่งซื้อของการก่อสร้างอาคารสูงอื่น ๆ ได้
- 1.5.4 เป็นแนวทางในการตรวจสอบความถูกต้องของแผงบริษัท ฯ จากผู้ผลิตแผงบริษัท ฯ ได้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 มาตรฐานต่าง ๆ ในการออกแบบระบบไฟฟ้า [13]

ในการออกแบบระบบไฟฟ้า จะต้องออกแบบตามมาตรฐานและข้อกำหนดต่าง ๆ ซึ่งจะแบ่งออกเป็น 4 มาตรฐาน คือ

2.1.1 มาตรฐานของบริษัทหรืออุปกรณ์ไฟฟ้า

อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ในระบบไฟฟ้ามีอยู่มากมายหลายชนิด ส่วนมากจะมีมาตรฐานควบคุมคุณภาพ โดยมาตรฐานอุปกรณ์ไฟฟ้าที่นิยมใช้กันมาก คือ มาตรฐานของ ISO 9001:2000 และ คณะกรรมการมาตรฐานระหว่างประเทศว่าด้วยมาตรฐานสาขาอิเล็กทรอนิกส์ (International Electrotechnique Commission, IEC) สามารถสังเกตได้จากแค็ตตาล็อกของอุปกรณ์ไฟฟ้าจะอ้างอิงถึงมาตรฐานนี้อยู่เสมอ เช่น เซอร์กิตเบรกเกอร์ จะอ้างอิงมาตรฐาน IEC 60947-2 สำหรับผู้ออกแบบระบบไฟฟ้าในประเทศไทย ในการเขียนรายละเอียดข้อกำหนดของอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ ควรใช้มาตรฐานไทย (มอก.) และมาตรฐาน IEC เป็นหลัก ไม่ควรใช้มาตรฐานประจำชาติของประเทศอื่น

2.1.2 มาตรฐานการติดตั้งระบบและอุปกรณ์ไฟฟ้าของต่างประเทศ

มาตรฐานต่างประเทศที่นิยมใช้กันมากในประเทศไทย คือ National Electrical Code (NEC) ซึ่งเป็นมาตรฐานการออกแบบติดตั้งระบบและอุปกรณ์ของประเทศสหรัฐอเมริกา และมีการแก้ไขปรับปรุงทุก ๆ 3 ปี ถือว่าเป็นมาตรฐานการออกแบบและติดตั้งที่สมบูรณ์มาก วิศวกรไฟฟ้าของไทยส่วนมากจึงนิยมใช้ NEC เป็นพื้นฐาน ในการออกแบบและติดตั้งระบบไฟฟ้า

2.1.3 มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย

การติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทยนั้น ในอดีตการไฟฟ้านครหลวงและการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคต่างมีมาตรฐานเป็นของตนเอง ข้อกำหนดส่วนมากจะเหมือนกัน แต่ก็มีบางส่วนที่ต่างกันทำให้ผู้ออกแบบไฟฟ้าและผู้ติดตั้งระบบอุปกรณ์ไฟฟ้าเกิดความสับสนด้วยเหตุนี้ สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยได้รับความร่วมมือจากการไฟฟ้าทั้งสองแห่งดังกล่าวได้จัดทำมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทยขึ้นเพื่อให้ทั้งประเทศมีมาตรฐานเรื่องการติดตั้งทางไฟฟ้าเพียงฉบับเดียว เนื้อหาส่วนมากจะแปลและเรียบ

เรียงจากมาตรฐาน NEC และก็มีความพยายามที่จะนำมาตรฐานของ IEC มาใช้ ด้วย โดยเฉพาะส่วนที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์ไฟฟ้า เซอร์กิตเบรกเกอร์ที่จะใช้จะต้องได้มาตรฐาน IEC เป็นต้น

มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้า สำหรับประเทศไทย 2556 เป็นมาตรฐานฉบับปรับปรุง ขึ้นมาครั้งสุดท้ายเพื่อสำหรับเป็นมาตรฐานในการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทยโดยเฉพาะ โดยทุกการไฟฟ้า ๆ ยอมรับเป็นมาตรฐานหลักในการออกแบบระบบไฟฟ้า และในการออกแบบเราจะอ้างอิงมาตรฐานฉบับนี้เป็นสำคัญ

2.1.4 มาตรฐานการออกแบบและติดตั้งระบบไฟฟ้า

มาตรฐานการออกแบบและติดตั้งระบบไฟฟ้า มีความสำคัญอย่างยิ่ง ทั้งนี้ เพื่อความปลอดภัยของคน ถาวร และเพื่อยืดอายุการใช้งานของอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ ที่ใช้อยู่ ในระบบให้ยาวนานยิ่งขึ้น การติดตั้งระบบไฟฟ้ามีมาตรฐานกำหนดที่แน่นอนและมีหลายหน่วยงาน เช่น กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ (วสท.) การไฟฟ้านครหลวง การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค และหน่วยงานจากต่างประเทศที่ประเทศไทยนำมายึดถือ เช่น National Electric Code (NEC), American National Standard Institute (ANSI), International Electrotechnical Commission (IEC) เป็นต้น และหน่วยงานที่รับรองมาตรฐานผลิตภัณฑ์ อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ คือ สำนักผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม ที่รู้จักกันในชื่อ มอก.

2.2 การออกแบบระบบไฟฟ้า [8]

2.2.1 หลักเกณฑ์ในการออกแบบระบบไฟฟ้า

การออกแบบระบบไฟฟ้าสามารถทำการออกแบบได้หลายรูปแบบขึ้นอยู่กับความสามารถและประสบการณ์รวมทั้งมาตรฐานต่าง ๆ ที่ใช้ในการอ้างอิงผู้ออกแบบ รวมทั้งในเรื่องของค่าใช้จ่ายของการออกแบบและติดตั้งที่จะต้องมีส่วนมาหลักจากการออกแบบเสร็จสิ้นลง

ในการออกแบบที่ดี จึงต้องคำนึงถึงเงื่อนไขที่สำคัญต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

2.2.1.1 ความปลอดภัย (Safety) เป็นข้อควรคำนึงถึงเป็นอันดับแรกของการออกแบบที่ผู้ออกแบบจะต้องให้ความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง โดยต้องอ้างอิงตามหลักทางวิศวกรรมไฟฟ้าและระเบียบของกำหนดของการไฟฟ้า ๆ และมาตรฐานของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย สำหรับการติดตั้งระบบไฟฟ้าสามารถใช้เป็นหลักในการออกแบบได้อย่างดี

2.2.1.2 ความน่าเชื่อถือของระบบ (Reliability) ระบบจะต้องมีความน่าเชื่อถือสูงในการตัดตอนและป้องกันผลเสียหายอันเกิดมาจากระบบไฟฟ้าขัดข้อง ซึ่งมักจะขึ้นอยู่กับทางเลือกใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีมาตรฐานรับรอง

2.2.1.3 ความง่ายในการดัดแปลง (Flexibility) ระบบที่ออกแบบจะต้องสามารถแก้ไขดัดแปลงได้อย่างสะดวก เพื่อที่จะจ่ายไฟฟ้าไปตามจุดที่ต้องการและต้องออกแบบให้บริการเพิ่มโหลดในอนาคตได้ กล่าวคือ เมื่อมีการเพิ่มโหลดในอนาคตจะต้องทำได้โดยไม่ต้องเปลี่ยนระบบสายไฟฟ้าทั้งระบบ

2.2.1.4 ความประหยัด (Economy) ผู้ออกแบบที่ดีควรคำนึงถึงการออกแบบให้มีความประหยัดภายใต้เงื่อนไขของความปลอดภัย, ความน่าเชื่อถือ, ความง่ายในการดัดแปลง โดยในเรื่องของความประหยัดมักจะสวนทางกับข้อควรพิจารณาทั้งสามข้อที่ได้กล่าวมาข้างต้น โดยสามารถจะยืดหยุ่นได้ ยกเว้นในเรื่องของความปลอดภัย ซึ่งจะยอมให้เรื่องของความประหยัดมีผลต่อความปลอดภัยไม่ได้ ผู้ออกแบบจะต้องศึกษาเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ในการเลือกใช้อุปกรณ์ในการกำหนดตำแหน่งและติดตั้งอุปกรณ์ทางไฟฟ้า ปัญหาทางด้านพลังงานในปัจจุบันโดยเฉพาะอย่างยิ่งในการ เลือกใช้ชนิดของหลอดไฟฟ้า การออกแบบระบบทำความเย็น การใช้เครื่องทำความร้อน และอื่น ๆ ซึ่งจะมีผลในการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าและค่าไฟฟ้าในแต่ละเดือน

2.2.1.5 แรงดันตก (Voltage Drop) ในการออกแบบระบบไฟฟ้าภายในอาคารจะต้องคำนึงถึงค่า แรงดันไฟฟ้าตกซึ่งเกิดเนื่องจากขนาดของโหลดและความยาวของสายป้อนและสายวงจรย่อยที่เดินไปยังอุปกรณ์ไฟฟ้ารวมทั้งโหลดในอนาคตที่จะเพิ่มขึ้นด้วย แรงดันตกมักสร้างความเสียหายแก่อุปกรณ์ไฟฟ้าเป็นอย่างมาก ตามมาตรฐานของการไฟฟ้า ฯ และ NEC กำหนดแรงดันตกในช่วงของสายป้อนจะต้องไม่เกิน 3% หากในส่วนของวงจรย่อยไม่เกิน 5% การพิจารณาในเรื่องแรงดันตกมักจะนำมาพิจารณาในกรณีที่สายป้อนหรือสายประธานมีระยะของการเดินสายที่ยาวๆ เท่านั้น

2.2.2 การประมาณโหลด

ในการออกแบบระบบไฟฟ้าจะต้องมีการประมาณโหลดทั้งหมดของอาคารที่ออกแบบเพื่อทราบถึงขนาดของโหลดทั้งหมดอย่างคร่าว ๆ เพื่อเป็นแนวทางในการเลือกระบบแรงดันไฟฟ้าและอุปกรณ์ป้องกันรวมทั้งขนาดของหม้อแปลงไฟฟ้า

โหลดไฟฟ้าแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

2.2.2.1 โหลดแสงสว่าง (Lighting Load) เป็นโหลดทางด้านแสงสว่างจากดวงโคม

2.2.2.2 โหลดไฟฟ้ากำลัง (Power Load) เป็นโหลดที่ใช้งานทางด้านไฟฟ้ากำลังอันได้แก่

- เครื่องใช้ไฟฟ้าทั่วไป
- เครื่องปรับอากาศ, เครื่องทำความเย็น
- ระบบลิฟต์, บันไดเลื่อน
- ระบบสุขาภิบาล
- ระบบโทรศัพท์
- ระบบโทรทัศน์
- ระบบสัญญาณแจ้งเหตุเพลิงไหม้
- ระบบเครื่องดูดควัน เป็นต้น

2.2.3 การคำนวณขนาดของโหลด [9], [14]

วงจรไฟฟ้าประกอบด้วยวงจรย่อย สายป้อน บริภัณฑ์ไฟฟ้าหลัก และ สายเมนเข้าอาคาร การออกแบบระบบไฟฟ้า คือ การคำนวณโหลดหรือการประมาณโหลดเพื่อกำหนดขนาดของวงจรไฟฟ้า เครื่องป้องกันกระแสเกิน และ สายไฟฟ้า รวมทั้งข้อกำหนดการติดตั้งที่เกี่ยวข้อง

การคำนวณค่าโหลดที่นิยมใช้โดยทั่วไปในปัจจุบันจะคิดค่าในหน่วย VA (โวลต์-แอมป์) ซึ่งเป็นค่ากำลังไฟฟ้าปรากฏ หรือเป็นค่าที่เครื่องวัดทางไฟฟ้าสามารถวัดได้จริง และเมื่อรวมค่าทั้งหมดของโหลดแล้วสามารถเลือกใช้ขนาดของหม้อแปลงได้ทั้งนี้ และ การกำหนดอุปกรณ์ป้องกันก็สามารถคำนวณได้ง่ายและชัดเจน ค่าของกำลังไฟฟ้า มี 3 ค่า คือ

1. กำลังไฟฟ้าปรากฏ (Apparent Power, S) เป็นกำลังงานที่แหล่งจ่ายกำลังงานไฟฟ้าต้องจ่ายให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ และมีขนาดเท่ากับ ผลคูณของกระแสไฟฟ้าในวงจรกับแรงดันของแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า มีหน่วยวัดเป็นหน่วย โวลต์. แอมป์ (VA) สมการที่ใช้ในการคำนวณ คือ สมการที่ 2.1

$$S = VI \quad (2.1)$$

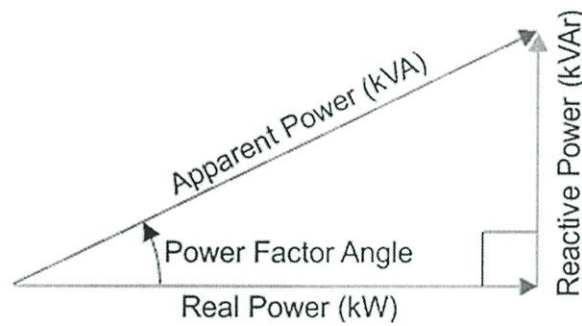
2. กำลังไฟฟ้าจริง (Active Power, P) เป็นกำลังงานที่สามารถเปลี่ยนแปลงโดยอุปกรณ์ไฟฟ้าไปเป็นพลังงานรูปอื่นได้ เช่น ความร้อน แสงสว่าง หรือพลังงานกล เป็นกำลังไฟฟ้าที่ใช้งานจริง มีหน่วยวัดเป็นวัตต์ หรือกิโลวัตต์หน่วย วัตต์ (W) สมการที่ใช้ในการคำนวณ คือ สมการที่ 2.2

$$P = VI \cos \theta \quad (2.2)$$

3. กำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ (Reactive Power, Q) เป็นกำลังงานที่ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงไปเป็นพลังงานรูปอื่นได้ แต่อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต้องทำงานโดยอาศัยสนามแม่เหล็ก เช่น หม้อแปลง มอเตอร์ บัลลาสต์ ฯลฯ ต้องใช้กำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟนี้สร้างสนามแม่เหล็ก ถ้าไม่มีสนามแม่เหล็กอุปกรณ์ดังกล่าวจะไม่สามารถทำงานได้ มีหน่วยวัดเป็นหน่วย วาล์ (VAR) สมการที่ใช้ในการคำนวณ คือ สมการที่ 2.3

$$Q = VI \sin \theta \quad (2.3)$$

สามเหลี่ยมกำลังไฟฟ้า แสดงความสัมพันธ์ของค่ากำลังไฟฟ้าทั้ง 3 ค่า สามารถนำมาเขียนในรูปสามเหลี่ยมกำลังไฟฟ้า ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 สามเหลี่ยมกำลังไฟฟ้า [5]

ในรูปที่ 2.1 มุมที่เกิดขึ้นระหว่างกำลังไฟฟ้าจริงกับกำลังไฟฟ้าปรากฏ คือ ค่าโคไซน์ (Cosine, $\cos \theta$) สามารถแปลงค่าได้ตั้งแต่ 0 ถึง 1 ในวงจรไฟฟ้าจะเรียกค่าโคไซน์นี้ว่า ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (Power factor, PF) ซึ่งค่า PF ยิ่งสูงยิ่งดีต่อระบบไฟฟ้า

ในการคำนวณหาขนาดของโหลดสามารถคำนวณหากำลังไฟฟ้าได้ดังนี้

หากเราทราบค่ากำลังไฟฟ้าของอุปกรณ์ไฟฟ้าในหน่วย W และ PF ของระบบก็จะสามารถหาค่ากำลังไฟฟ้าปรากฏได้จาก สมการที่ 2.4 สำหรับระบบไฟฟ้า 1 เฟส และ สมการที่ 2.5 สำหรับระบบไฟฟ้า 3 เฟส

$$S = \frac{P}{\cos \theta} \quad (2.4)$$

$$S = \frac{P}{\sqrt{3} \cos \theta} \quad (2.5)$$

หากค่า PF ไม่สามารถทราบค่าได้เราสามารถประมาณค่า $PF = 1$ ได้ เมื่อได้ค่ากำลังไฟฟ้าแล้วต้องคำนวณหาขนาดของกระแสไฟฟ้าของโหลดเพื่อกำหนดขนาดของเครื่องป้องกันกระแสเกินและ

สายไฟฟ้าตามมาตรฐานของ ว.ส.ท. โดยสามารถใช้สมการในการคำนวณดังนี้ สำหรับระบบไฟฟ้า 1 เฟส ให้แทนค่า $V = 220 V$ ในสมการที่ 2.1 ส่วนระบบไฟฟ้า 3 เฟส ให้คำนวณตามสมการที่ 2.6 โดยค่า $V = 380 V$

$$S = \sqrt{3} VI \quad (2.6)$$

การคำนวณโหลดแบ่งได้เป็น 3 ส่วน

2.2.3.1 การคำนวณโหลดวงจรร้อย

วงจรร้อย หมายถึง ตัวนำของวงจรระหว่างเครื่องป้องกันกระแสเกินตัวสุดท้ายกับจุดต่อไฟฟ้า ดังนั้นในวงจรไฟฟ้าทั้งหมดจึงมีส่วนของวงจรที่เป็นวงจรร้อยอยู่เพียงส่วนเดียวคือส่วนที่ต่อกับโหลดเท่านั้น ส่วนที่อยู่ระหว่างเครื่องป้องกันกระแสเกินของวงจรร้อยกับโหลดจะมีสวิตช์และเครื่องปลดวงจรอื่นอีกได้ แต่จะไม่มีเครื่องป้องกันกระแสเกินเฉพาะจุดเท่านั้น

ซึ่งขั้นตอนการออกแบบวงจรร้อย มีดังนี้

2.2.3.1.1 นำโหลดทั้งหมดที่ต่อในวงจรร้อยมารวมกัน และห้ามใช้ติมันต์แพกเตอร์ ขนาดโหลดดำเนินการดังนี้

- โหลดแสงสว่างและโหลดเครื่องใช้ไฟฟ้าอื่นที่ทราบโหลดแน่นอนแล้ว คิดตามที่ติดตั้งจริง
- โหลดของเต้ารับทั่วไป คิดโหลดเต้ารับละ 180 VA
- โหลดของเต้ารับอื่นที่มีได้ใช้งานทั่วไป ให้คิดโหลดตามขนาดของเครื่องใช้ไฟฟ้านั้น ๆ

2.2.3.1.2 จำนวนค่ากระแสโหลดของวงจรร้อย โดยการคำนวณขึ้นอยู่กับผู้ออกแบบระบบไฟฟ้าว่าใช้ระบบไฟฟ้า 1 เฟส หรือ 3 เฟส

2.2.3.1.3 กำหนดพิกัดเครื่องป้องกันกระแสเกินควรเผื่อขนาดไว้ประมาณ 25% เมื่อคำนวณแล้วได้ขนาดไม่ตรงกับขนาดมาตรฐานที่มีขายในท้องตลาด ให้เลือกใช้ขนาดใกล้เคียงที่ตรงกับขนาดตามท้องตลาด เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\text{พิกัดเครื่องป้องกันกระแสเกิน} = 1.25 \times \text{กระแสโหลดรวมในวงจรร้อย} \quad (2.7)$$

2.2.3.1.4 กำหนดขนาดสายไฟฟ้าของวงจรร้อยต้องมีขนาดไม่ต่ำกว่าพิกัดของเครื่องป้องกันกระแสเกินที่ใช้งานและต้องไม่เล็กกว่า 2.5 ตร.มม. ขนาดสายไฟฟ้าสามารถอ้างอิงตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าของ ว.ส.ท.

หมายเหตุ ดิมานด์แฟกเตอร์ (Demand Factor) หมายถึง อัตราส่วนระหว่างความต้องการสูงสุดของระบบหรือส่วนของระบบกับโหลดทั้งหมด ที่ต่อเข้ากับระบบหรือส่วนของระบบที่พิจารณา

2.2.3.2 สายป้อน

สายป้อน หมายถึง ตัวนำของวงจรระหว่างบริษัทไฟฟ้ากับเครื่องป้องกันกระแสเกินของวงจรย่อย สายป้อนจึงเป็นสายไฟฟ้าที่จ่ายไฟให้วงจรย่อยตั้งแต่ 2 วงจรขึ้นไป หรือจ่ายไฟให้กับสายป้อนด้วยกัน การกำหนดขนาดสายป้อนจึงเป็นการกำหนดขนาดสายไฟฟ้าและเครื่องป้องกันกระแสเกินของวงจรสายป้อน

การคำนวณโหลดของสายป้อน คือ การนำโหลดทั้งหมดที่ต่ออยู่ในวงจรสายป้อนเดียวกันมารวมกัน ในการคำนวณยอมให้ใช้ค่าดิมานด์แฟกเตอร์ได้ ค่าดิมานด์แฟกเตอร์ที่จะกล่าวต่อไปนี้อาจไม่ใช้ได้ถ้าผู้ออกแบบพิจารณาว่าในการใช้งานจริงมีโอกาสใช้โหลดมากกว่าค่าดิมานด์แฟกเตอร์ที่กำหนดไว้ค่าที่กำหนดจึงเป็นเพียงแนวทางที่จะใช้ในการคำนวณและเป็นค่าต่ำสุดที่จะยอมให้ได้เท่านั้น การคำนวณแบ่งเป็น 2 ขั้นตอนใหญ่ ๆ ดังนี้

2.2.3.2.1 การกำหนดขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกินมีการพิจารณาเช่นเดียวกับขนาดของเครื่องป้องกันกระแสเกินของวงจรย่อย สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\text{พิกัดเครื่องป้องกันกระแสเกิน} = 1.25 \times \text{กระแสโหลดรวมของสายป้อน} \quad (2.8)$$

2.2.3.2.2 กำหนดขนาดสายไฟฟ้าของสายป้อนต้องมีขนาดกระแสไม่ต่ำกว่าพิกัดของเครื่องป้องกันกระแสเกินที่ใช้งานและต้องมีขนาดไม่เล็กกว่า 4 ตร.มม. ขนาดสายไฟฟ้าสามารถอ้างอิงตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าของ ว.ส.ท.

2.2.3.3 บริษัทไฟฟ้าหลัก และสายเมนเข้าอาคาร

บริษัทไฟฟ้าหลักหรือบริษัทประธาน (Service Equipment) หมายถึง อุปกรณ์สำหรับสับปลดวงจรที่อยู่ระหว่างสายเมนเข้าอาคารกับสายภายใน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อตัดดวงจรสายภายในทั้งหมดออกจากระบบและป้องกันการใช้กระแสเกิน

สายเมนหรือสายเมนเข้าอาคาร (Service Conductor) หมายถึง สายไฟฟ้าที่ต่ออยู่ระหว่างเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าของการไฟฟ้า ๓ กับบริษัทไฟฟ้าหลักหรือระหว่างหม้อแปลงไฟฟ้ากับบริษัทไฟฟ้าหลัก

การคำนวณโหลดบริษัทไฟฟ้าหลัก ก็คือ การรวมโหลดทั้งหมดทุกสายป้อนเข้าด้วยกันและใช้ตีมันด์แพกเตอร์เช่นเดียวกับการคำนวณสายป้อน จะประกอบด้วยเครื่องปลดวงจร (Disconnecting means) และเครื่องป้องกันกระแสเกิน (Overcurrent protective device)

2.2.4 การทำตารางโหลด

เมื่อทำการออกแบบวงจรย่อยและสายของวงจรย่อยแล้วผู้ออกแบบจะต้องจัดทำตารางโหลดโดยการพิจารณาต่อวงจรย่อยเข้ากับแผงควบคุมไฟฟ้าย่อย ซึ่งมีกฎเกณฑ์โดยทั่วไป ๆ ไปด้วย

ในแต่ละแผงควบคุมไฟฟ้าย่อย จะต้องมียังวงจรสำรอง (Spare) เพื่อรองรับการเพิ่มโหลดในอนาคต วงจรสำรองจะมีขนาดเท่าไรขึ้นอยู่กับผู้ออกแบบ โดยจะกำหนดขนาดโหลด, ขนาดของเครื่องป้องกันกระแสเกิน, ขนาดของสาย และ ท่อร้อยสายลงไปในตารางโหลดด้วย ซึ่งค่าของโหลดจะมีผลต่อการคิดหาสายป้อนของแผงควบคุมไฟฟ้าย่อยและเครื่องป้องกันกระแสเกิน หากวงจรที่ออกแบบกำหนดจนครบแล้ว วงจรย่อยที่เหลือ จะเรียกว่า วงจรว่าง (Space) เป็นวงจรที่ยังไม่ใช้งานและจะไม่มีการกำหนดขนาดของเครื่องป้องกันกระแสเกิน, ขนาดของสายไฟฟ้าและท่อร้อยสาย ทั้งนี้หากมีการใช้งานในวงจรว่างดังกล่าวจะต้องคำนวณโหลดรวมของ ตู้ควบคุมไฟฟ้าย่อยด้วยว่ามีผลกระทบต่อขนาดสายป้อนและขนาด เครื่องป้องกันกระแสเกินของตู้ควบคุมไฟฟ้าย่อยด้วย

วงจรย่อยใช้งาน (Active Branch Circuit) คือ วงจรย่อยที่จ่ายโหลดจริง ๆ จึงมีทั้งค่าโหลด เครื่องป้องกันกระแสเกินและขนาดสายวงจรย่อย

วงจรย่อยสำรอง (Spare Branch Circuit) คือ วงจรย่อยที่คาดว่าจะใช้ในอนาคตจะมีเฉพาะค่าโหลด และเครื่องป้องกันกระแสเกิน แต่ไม่มีสายวงจรย่อย

วงจรย่อยว่าง (Space Branch Circuit) คือ ช่องว่างที่จะใส่เครื่องป้องกันกระแสเกินในอนาคต

โดยทั่วไปจะใช้วงจรย่อยดังต่อไปนี้

- วงจรย่อยใช้งาน (Active Branch Circuit) 60% - 80% ของวงจรย่อยในแผง
- วงจรย่อยสำรอง (Spare Branch Circuit) 10% - 20% ของวงจรย่อยในแผง
- วงจรย่อยว่าง (Space Branch Circuit) 10% - 20% ของวงจรย่อยในแผง

LOAD SCHEDULE H1B											
PANEL NAME : LC		SAFE - T CUT : NO			LOCATION : ห้องครัว						
MAIN BUS CAPACITY : 100A		CAPACITY : 18 CCT.			MOUNTING : SURFACE						
ALL BRANCH CB : PLUG IN OR DIN TYPE		IC > 5KA AT. 240V.			CONNECTED TO: มิเตอร์ โดย กฟภ						
CCT. No.	DESCRIPTION	CONNECTED LOAD VA	CIRCUIT BREAKER			WIRE/CABLE (Sq.mm)			RACEWAY		
			TYPE	POLE	AT	IC	L/N	GRD	AT	SIZE	TYPE
1	แสงสว่าง ชั้น 1	1,210	CB	1	16	5	2.5	-	THW	1/2"	PVC
2	แสงสว่าง ชั้น 2	860	CB	1	16	5	2.5	-	THW	1/2"	PVC
3	เตารีดไฟฟ้า ชั้น 1	1,000	CB	1	20	5	4	2.5	THW	1/2"	PVC
4	เตารีดไฟฟ้า ชั้น 1 (ครัว)	600	CB	1	20	5	4	2.5	THW	1/2"	PVC
5	เตารีดไฟฟ้า ชั้น 2	1,800	CB	1	20	5	4	2.5	THW	1/2"	PVC
6*	เครื่องปรับอากาศ ชั้น 1 ห้องนอนพิเศษ (28,000 BTU)	(3,400)	CB	1	32	5	10	6	THW	3/4"	PVC
7	เครื่องปรับอากาศ ชั้น 2 นอน 1 (18,000 BTU)	1,700	CB	1	25	5	6	4	THW	3/4"	PVC
8	เครื่องปรับอากาศ ชั้น 2 นอน 2 (9,000 BTU)	1,100	CB	1	20	5	4	2.5	THW	1/2"	PVC
9	เครื่องปรับอากาศ ชั้น 2 นอน 3 (9,000 BTU)	1,100	CB	1	20	5	4	2.5	THW	1/2"	PVC
10	เครื่องทำน้ำอุ่น ห้องน้ำ 1 ชั้น 2	3,500	CB	1	32	5	6	4	THW	3/4"	PVC
11*	เครื่องทำน้ำอุ่น ห้องน้ำ 2 ชั้น 1	(3,500)	CB	1	32	5	6	4	THW	3/4"	PVC
12	เครื่องปั่นน้ำ	400	CB	1	20	5	4	2.5	THW	1/2"	PVC
13											
14											
15											
16											
REMARK		TOTAL CONNECTED LOAD	13,070			MAIN CB		MAIN FEEDER		MAIN RACEWAY	
		DEMAND LOAD	0.7			2P 45 AT					
		DEMAND LOAD	9,149			100 AP		2x16 Sq.mm. THW.		**PVC # 1 1/2"	
						IC ≥ 10 kA		1x10 Sq.mm. THW(G)		PVC # 1/2"	
						AT 240 V					

รูปที่ 2.2 ตารางโหลด [8]

ในกรณีที่ เป็นไฟฟ้า 3 เฟส พยายามจัดแบ่งโหลดให้เท่ากันทุกเฟส ทั้งนี้เพื่อให้กระแสที่จ่ายไปยังโหลดแต่ละเฟสมีค่าใกล้เคียงกันและการหาขนาดสายป้อนจะหาขนาดสายป้อนได้เหมาะสมกับโหลดที่ใช้งาน

2.3 แผงบริภัณฑ์ไฟฟ้าประธานรวมแรงดันต่ำ [11]

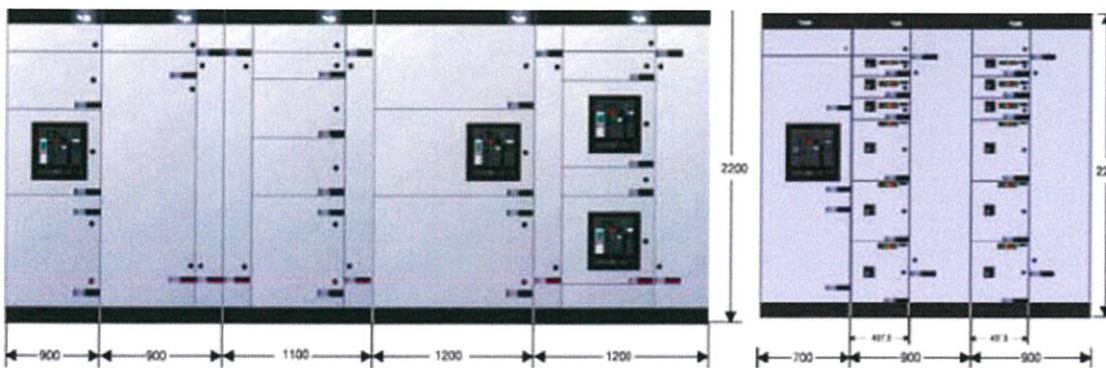
แผงบริภัณฑ์ไฟฟ้าประธานรวมแรงดันต่ำ (แผงบริภัณฑ์ ฯ) หรือตู้ควบคุมไฟฟ้า โดยในอดีตตั้งแต่ปี พ.ศ. 2540 ที่ได้ออกมาตราฐาน มอก. 1436 มากกว่า 17 ปี (คิด ณ. ปี พ.ศ. 2557) ที่ได้ผลิตและทดสอบตาม IEC 60439-1 หรือ มอก.1436 ที่มี 2 แบบ คือ

แบบที่ 1 แผงบริภัณฑ์ ฯ แบบที่ผ่านการทดสอบเฉพาะแบบ (Type-Tested low-voltage switchgear and control gear Assembly, TTA) เป็นแผงบริภัณฑ์ ฯ ที่ได้ประกอบให้ตรงตามแบบหรือระบบที่ปราศจากการบิดเบือน คือ มีการทดสอบอย่างละเอียดทุกข้อตามมาตรฐานของ IEC 60439-1 มีการทดสอบเฉพาะแบบ (TTA) เช่น ในหัวข้อเรื่องขีดจำกัดของอุณหภูมิที่สูงขึ้น ในส่วนของเมนัสบาร์ ยกตัวอย่างที่เมนัสบาร์พิกัดกระแสไฟฟ้า 5,000 A ก็หมายความว่า ในการทดสอบเมนัสบาร์ก็จะมีกระแสไฟฟ้าที่ 5,000 A ให้ัสบาร์ตามข้อกำหนดของมาตรฐาน ฯ โดยัสบาร์นั้นจะต้องจ่ายกระแสไฟฟ้าได้โดยไม่ทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นเกินข้อกำหนดหรือมีอุณหภูมิสูงขึ้นเกินกว่า 105 องศาเซลเซียส แบบที่ไม่ต้องมีการติดพัดลมหรือการระบายอากาศเพิ่มเติม เมื่อนำไปใช้จริงก็ไม่จำเป็นต้องติดพัดลมเพิ่มเติม จากที่เคยทดสอบไว้ (โดยมีสภาพแวดล้อมการใช้งานที่ปกติ) เป็นต้น

แบบที่ 2 แผงบริภัณฑ์ ๓ แบบที่ผ่านการทดสอบเฉพาะแบบเป็นบางส่วน (Partially Type-Tested low-voltage switchgear and control gear Assembly, PTTA) คือ ทำการทดสอบบางส่วนและไม่ได้ทำการทดสอบอีกมากมายหลายส่วน โดยใช้ตัวเลขจากการคำนวณแทนการทดสอบ การตรวจพินิจด้วยสายตา โดยปัจจุบัน IEC 61439 จะไม่นิยมใช้ ทั้งนี้จะเห็นได้ชัดเจนว่าแผงบริภัณฑ์ ๓ ที่ผ่านการทดสอบ แบบ Fully Type-Tested Assembly หรือ Type-Tested Assembly จะสร้างความมั่นใจในเรื่องความปลอดภัย และความเชื่อถือได้ในระบบไฟฟ้า มากกว่าแบบ Partial Type-Tested Assembly ทั้งในเรื่องความปลอดภัย ความน่าเชื่อถือ ความมั่นคง ความมีเสถียรภาพต่อระบบไฟฟ้า และที่ขาดไม่ได้ คือ การประหยัดในทางเศรษฐศาสตร์

เหตุผลที่กล่าวข้างต้นในเรื่องการประหยัดในทางเศรษฐศาสตร์ เพราะผู้ผลิตแผงบริภัณฑ์ ๓ ส่วนใหญ่ จะมีการวิจัยและพัฒนาอย่างต่อเนื่องและผู้ผลิตนั้น ๆ จะเป็นผู้ผลิตอุปกรณ์ป้องกันต่าง ๆ อยู่แล้ว ซึ่งผู้ผลิตดังกล่าวจะมีการจำหน่ายและใช้งานอยู่ทั่วโลก ซึ่งก็จะเป็นไปตามหลักทางเศรษฐศาสตร์ คือ การผลิตแบบเป็นจำนวนที่ทำให้เกิดจุดคุ้มทุน (Economics of scale) ดังนั้นหากผู้ผลิตใดที่มีปริมาณในการขายแผงบริภัณฑ์ ๓ หรืออุปกรณ์ป้องกันมาก ๆ ผู้ผลิตนั้น ๆ ก็จะทำให้เกิดศักยภาพด้านคุณภาพของสินค้าและการประหยัดในทางเศรษฐศาสตร์ ซึ่งรวมถึงการทำผู้รับใบอนุญาต (Licensee) กับผู้ผลิตที่ได้รับการทวนสอบโดยตรงจากผู้อนุญาต (Licensor) ด้วย

แผงบริภัณฑ์ ๓ เป็นหัวใจที่สำคัญอย่างมากสุด เพราะเป็นศูนย์รวมของระบบไฟฟ้าที่ควบคุมวงจรหรืออุปกรณ์ไฟฟ้าทั้งหมด ทั้งนี้มาตรฐาน IEC 60439-1 ยังรวมไปถึงแผงบริภัณฑ์ ๓ ต่าง ๆ ด้วย เช่น แผงจ่ายไฟ (Distribution Switchboards), แผงควบคุมการแก้ไขค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (Power Factor Correction Cubicle), แผงควบคุมการเปิดปิดปั๊มและมอเตอร์ (Pump & Motor Starter Cubicle) เป็นต้น ดังนั้นหากแผงบริภัณฑ์ ๓ ทุก ๆ แผงผ่านการทดสอบเฉพาะแบบมา ก็จะเรียกได้ว่า แผงบริภัณฑ์ ๓ ทั้งระบบไฟฟ้านี้ เป็นแผงบริภัณฑ์ ๓ แบบที่ผ่านการทดสอบเฉพาะแบบสมบูรณ์ (Fully Type-Tested Assembly)

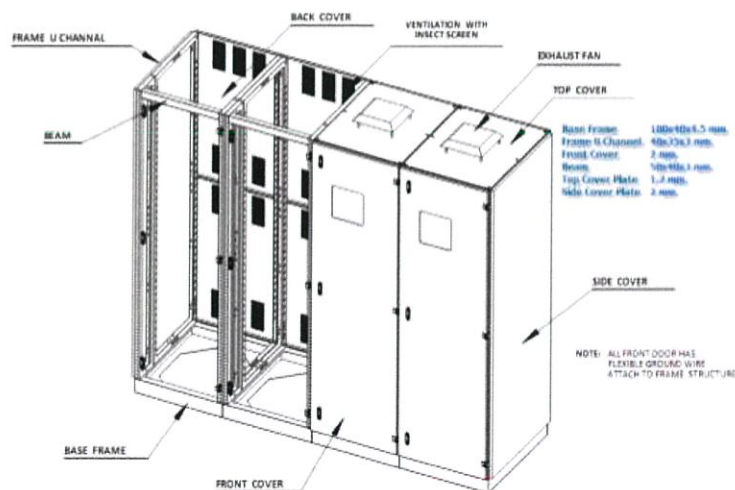


รูปที่ 2.3 แผงบริภัณฑ์ ๓ ตาม IEC 60439-1, IEC61439-2,3 แบบ Type-Tested Assembly [11]

2.3.1 โครงสร้างของแผงบริภัณฑ์ ฯ [4]

แผงบริภัณฑ์ ฯ เป็นตู้ควบคุมระบบไฟฟ้าหลัก มีเครื่องป้องกันกระแสเกินขนาดใหญ่ (Main Circuit Breaker) เพื่อตัดต่อวงจรไฟฟ้าทั้งหมดของอาคาร มีแผงจ่ายไฟฟ้าขนาดใหญ่ โดยทั่วไปนิยมใช้ในอาคารที่มีขนาดกลางและขนาดใหญ่ รวมไปถึงโรงงานอุตสาหกรรมที่มีการใช้ไฟในปริมาณมาก “หลักการทำงานของผู้สวิตช์บอร์ดหรือแผงบริภัณฑ์ ฯ คือ การรับไฟที่ส่งมาจากการไฟฟ้าหรือด้านแรงดันต่ำของหม้อแปลงไฟฟ้าแล้วจึงจ่ายโหลดไปยังส่วนต่าง ๆ ของอาคาร” เนื่องจากโดยส่วนมากขนาดของแผงบริภัณฑ์ ฯ จะมีขนาดใหญ่จึงนิยมวางบนพื้น

โครงแผงบริภัณฑ์ ฯ (Enclosure) หมายถึง โครงแผงบริภัณฑ์ ฯ ผลิตจากเหล็กแผ่นรีดเย็น (Cold Rolled Steel Sheet) หรือบางครั้งอาจผลิตจากเหล็กแผ่นเคลือบสังกะสีแบบชุบด้วยไฟฟ้า (Electro-Galvanized Steel Sheet) สำหรับผลิตตู้ที่ติดตั้งด้านนอกอาคาร แล้วผ่านกระบวนการพ่นสีด้วยเทคโนโลยีเคลือบสีผิวโลหะแบบพ่นสี (Electro Deposition Painting) โดยมีเนื้อสีเป็นสารพวกโพลีอีพอกไซด์ (Epoxy หรือ Poly-epoxide) กรณิใช้งานในร่มและโพลีเอสเตอร์ (Polyester) ในกรณิใช้งานกลางแจ้ง ซึ่งโครงตู้และสีเคลือบผิวตู้จะต้องมีคุณสมบัติที่สำคัญ เช่น ทนทานต่อการรับแสงทางกล ทนทานต่อการกัดกร่อน และทนทานต่อความร้อนที่อาจเกิดจากความบกพร่องในระบบหรือการอาร์คจากการลัดวงจร ปัจจุบันการผลิตแผงบริภัณฑ์ ฯ มักจะผลิตและประกอบโครงตู้เป็นแบบโมดูล (Modular หรือ Knock Down) มีความสูงประมาณ 1,900 - 2,200 มิลลิเมตร ส่วนความกว้าง และ ความหนา (Thickness) อาจขึ้นอยู่กับขนาดของอุปกรณ์ที่ประกอบอยู่ภายในแผงบริภัณฑ์ ฯ



รูปที่ 2.4 โครงสร้างแผงบริภัณฑ์ ฯ [7]

2.3.1.1 คุณสมบัติที่สำคัญของแผงบริภัณฑ์ ฯ

2.3.1.1.1 คุณสมบัติทางกล คือ รับแรงทางกลจากภายนอกได้เพียงพอต่อการใช้งาน ทั้งภาวะปกติและไม่ปกติได้

2.3.1.1.2 คุณสมบัติทางความร้อน คือ ทนความร้อนจากสภาพแวดล้อม ความผิดปกติในระบบและอาร์กจากการลัดวงจรได้

2.3.1.1.3 คุณสมบัติต่อการกัดกร่อน คือ สามารถทนการกัดกร่อนจากความชื้นและสารเคมี

2.3.1.2 หน้าที่ของโครงแผงบริภัณฑ์ ฯ

2.3.1.2.1 ป้องกันไม่ให้ผู้อยู่ใกล้แผงบริภัณฑ์ ฯ สัมผัสถูกส่วนที่มีไฟ

2.3.1.2.2 ป้องกันอุปกรณ์ภายในแผงบริภัณฑ์ ฯ จากสิ่งต่าง ๆ ภายนอก เช่น น้ำ วัตถุแข็ง สัตว์เลื้อยคลาน

2.3.1.2.3 ป้องกันอันตรายจากการอาร์กที่รุนแรงจนชิ้นส่วนอุปกรณ์อาจหลุดกระเด็นออกมา

2.3.2 อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการใช้งานภายในแผงบริภัณฑ์ ฯ

2.3.2.1 เซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit Breaker) [10], [11]

คือ อุปกรณ์ไฟฟ้าหลักสำหรับการตัดต่อวงจรไฟฟ้าและเป็นอุปกรณ์ในระบบไฟฟ้าที่สามารถควบคุมการเปิด-ปิดวงจรภายใต้สภาพวงจรไฟฟ้าปกติและสามารถตัดกระแสได้โดยอัตโนมัติเมื่อเกิดความผิดปกติทางไฟฟ้า เช่น การใช้โหลดเกิน (Overload) และ การลัดวงจรไฟฟ้า (Short circuit) สำหรับเซอร์กิตเบรกเกอร์ในระบบแรงต่ำที่นิยมใช้ คือ เซอร์กิตเบรกเกอร์อากาศ และ โมลคูลเซอร์กิตเบรกเกอร์ ทั้งสองชนิดนี้ใช้อากาศเป็นตัวกลางในการดับอาร์กทั้งคู่ การใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์มีข้อดีตรงที่ เมื่อเกิดกระแสเกินแล้วเซอร์กิตเบรกเกอร์ทำงานปลดวงจรก็ยังสามารถกลับมาทำงานใหม่ได้อีกโดยไม่ต้องเปลี่ยนใหม่เหมือนฟิวส์ แต่ข้อเสียของเซอร์กิตเบรกเกอร์เมื่อเทียบกับฟิวส์ก็คือมีราคาแพงกว่าฟิวส์และมีพิกัดกระแสลัดวงจรต่ำกว่าฟิวส์มาก เซอร์กิตเบรกเกอร์ที่มีพิกัดตัดกระแสลัดวงจรสูงราคาก็แพงตามไปด้วย

หลักการทำงานของเซอร์กิตเบรกเกอร์ โดยทั่วไปมีลักษณะการทำงานดังนี้

1. ทำงานด้วยความร้อน (Thermal Trip) วิธีนี้จะใช้หลักการขยายตัวของโลหะสองชนิดที่ไม่เท่ากัน เมื่อกระแสไหลผ่านจะเกิดความร้อน โลหะสองแผ่นจะขยายตัวไม่เท่ากันและจะไปดันกลไกให้ปลด

วงจร เวลาในการทำงานจะช้าหรือเร็วขึ้นอยู่กับกระแสที่ไหลผ่าน จึงเป็นการทำงานแบบเวลาผกผัน คือ กระแสไหลน้อยเวลาที่ปลดวงจรจะนาน และ เมื่อกระแสไหลมากจะทำงานตรงข้าม จึงเหมาะสำหรับการทำงานในวงจรที่อาจเกิดโหลดเกินชั่วขณะ เช่น ในการเริ่มเดินมอเตอร์หรือวงจรแสงสว่างประเภทติสซาร์จ เป็นต้น

2. ทำงานด้วยอำนาจแม่เหล็ก (Magnetic Trip) คือ การทำงานโดยอำนาจแม่เหล็ก เมื่อกระแสไหลผ่านขดลวดที่เป็นตัวสร้างสนามแม่เหล็กถึงค่าที่กำหนดแม่เหล็กก็จะดูดกลไกให้เซอร์กิตเบรกเกอร์ทำงานปลดวงจร เวลาที่ทำงานจึงเกือบคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงตามกระแสที่ไหลผ่าน ซึ่งเป็นการปลดวงจรทันที (Instantaneous trip) หรือ อาจถือว่าเป็นเวลาคงที่ (Fixed time) ก็ได้ การทำงานแบบนี้จึงเหมาะที่จะปลดวงจรเมื่อเกิดกระแสลัดวงจรเนื่องจากทำงานได้เร็วมากใช้เวลาเป็นมิลลิวินาทีเท่านั้น

3. ทำงานด้วยวงจรรีเลย์ทรอนิกส์ (Solid-state electronics) เซอร์กิตเบรกเกอร์ชนิดนี้จะมีวงจรตรวจจับกระแสที่ทำงานได้เที่ยงตรงกว่าแบบแรกมาก ทั้งยังสามารถปรับค่าต่าง ๆ ได้ทั้งค่ากระแสและเวลา ข้อพิเศษของเซอร์กิตเบรกเกอร์ชนิดนี้ คือ ตรวจจับกระแสในวงจรที่มีฮาร์มอนิกสูง ๆ ได้แม่นยำมากเซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาดใหญ่นิยมทำเป็นชนิดทำงานด้วยวงจรรีเลย์ทรอนิกส์

เซอร์กิตเบรกเกอร์ทั่วไปก็จะทำงานได้ไม่เต็มพิกัด ขึ้นอยู่กับมาตรฐานการผลิต และ ปัจจัยต่าง ๆ เช่นเดียวกับฟิวส์ ตัวแปรที่สำคัญที่จะทำให้เซอร์กิตเบรกเกอร์ทำงานผิดไปจากค่าที่กำหนดในเส้นโค้งคือ อุณหภูมิโดยรอบ ปกติเซอร์กิตเบรกเกอร์จะทำงานตามพิกัดกระแสที่อุณหภูมิโดยรอบ 25 องศาเซลเซียส ถ้าอุณหภูมิโดยรอบเปลี่ยนไปการทำงานก็จะเปลี่ยนไป ปกติเซอร์กิตเบรกเกอร์แต่ละรุ่นแต่ละขนาดจะบอกค่าที่เปลี่ยนแปลงไว้และจะใช้งานไม่เกิน 80% ของพิกัดกระแส

เซอร์กิตเบรกเกอร์จะออกแบบให้มีพิกัดกระแสเป็นช่วง ๆ ไป แต่การที่จะออกแบบให้แต่ละช่วงถี่มากตามความต้องการใช้งานก็อาจไม่สะดวก จึงได้ออกแบบให้แต่ละขนาดมีช่วงที่ห่างกันพอสมควรเรียกแต่ละขนาดนี้ว่า แอมแปร์เฟรม (Ampere Frame, AF) และ ในแต่ละแอมแปร์เฟรมนี้จะทำการปรับพิกัดกระแสที่เซอร์กิตเบรกเกอร์ทำงานให้เหมาะสมกับการนำไปใช้งานแต่ต้องไม่เกินค่าแอมแปร์เฟรม เช่น เซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาดแอมแปร์เฟรม 125 แอมแปร์ อาจปรับค่าให้มีแอมแปร์ทริป (Ampere Trip, AT) เซอร์กิตเบรกเกอร์ที่มีแอมแปร์เฟรมเท่ากันจะมีรูปร่างและขนาดเหมือนกัน ในเซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาดใหญ่ผู้ผลิตจะทำการปรับค่าจะทำเสร็จมาจากโรงงานผู้ผลิตและจะเขียนพิกัดกระแสเป็นแอมแปร์ทริปมาที่ตัวเซอร์กิตเบรกเกอร์เลย แต่สำหรับเซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาดใหญ่จะมีปุ่มปรับค่าไว้เพื่อให้เลือกปรับได้ตามความต้องการใช้งาน ค่าแอมแปร์ทริปและแอมแปร์เฟรมอาจเปลี่ยนไปตามมาตรฐานการผลิต และอาจปรับตั้งได้ทั้งค่าทำงานด้วยความร้อนและค่าทำงานด้วยอำนาจแม่เหล็ก

สำหรับแผงบริภัณฑ์ ฯ เซอร์กิตเบรกเกอร์ที่ใช้ทั่วไป มี 2 แบบ คือ

2.3.2.1.1 เซอร์กิตเบรกเกอร์อากาศ (Air Circuit Breaker, ACB) เป็นเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่ใช้
อากาศเป็นตัวกลางในการดับอาร์ก (Air Insulator Circuit Breaker) เป็นที่นิยมใช้เนื่องจากระบบการทำงาน
ไม่ยุ่งยากและเป็นเบรกเกอร์ขนาดใหญ่ที่มีพิกัดกระแสไฟฟ้าต่อเนื่องสูง ซึ่งโดยทั่วไปอาจจะมีขนาดตั้งแต่
600 A ถึง 6,300 A และจะมีลักษณะเป็นแบบเปิดโล่ง (Open Frame) หลักการทำงานโดยย่อ คือ ขณะที่ทำ
การสับเซอร์กิตเบรกเกอร์จะมีกลไกสำหรับอัดอากาศเก็บไว้ และ เมื่อทำการปลดเซอร์กิตเบรกเกอร์ อากาศจะ
ถูกอัดอย่างแรงให้เป่าไปที่จุดเกิดอาร์กหรือบริเวณหน้าคอนแทก อาร์กที่เกิดขึ้นจะถูกเป่าเข้าไปในช่องดับอาร์ก
ทำให้อาร์กถูกตัดขาดและดับในที่สุด จะเห็นได้ว่าเซอร์กิตเบรกเกอร์อากาศไม่มีระบบป้องกันเป็นของตัวเอง
จำเป็นต้องทำงานร่วมกับรีเลย์ป้องกัน หรือระบบป้องกันอื่น ๆ เช่น รีเลย์กระแสเกิน (Overcurrent relay)
โวลต์เตจรีเลย์ (Overvoltage relay) เป็นต้น

ในเซอร์กิตเบรกเกอร์จะมีทรูปคอยล์ทำหน้าที่ปลดดวงจร ทรูปคอยล์จะทำงานเมื่อมี
กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน การจะจ่ายไฟให้ทรูปคอยล์ทำได้ด้วยวิธีใดวิธีหนึ่ง เช่น การกดสวิตช์ หรือ โดยการให้
คอนแทกของรีเลย์ป้องกัน เมื่อรีเลย์ทำงานคอนแทกจะต่อวงจรให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านทรูปคอยล์



รูปที่ 2.5 เซอร์กิตเบรกเกอร์อากาศ [3]

เซอร์กิตเบรกเกอร์อากาศมีพิกัดกระแสใช้งานและคุณสมบัติอื่น ๆ ที่สูงขึ้น และมีเฉพาะใน
มาตรฐาน IEC60947-2 เนื่องจากพิกัดกระแสใช้งาน มีขนาดใช้งาน เช่น 320, 400, 630, 800, 1,000, 1,250,
1,600, 2,000, 2,500, 3,200, 4,000, 5,000 และ 6,300 A พิกัดกระแสลัดวงจรมีปริมาณสูงขึ้น เช่น 42, 50,
65, 70, 80, 100, 120 และ 150 kA เป็นสาเหตุให้เซอร์กิตเบรกเกอร์อากาศมีขนาดใหญ่ เพื่อการใช้งานที่
สะดวกในการใส่สายไฟที่ต้องมีขนาดใหญ่ขึ้นด้วย

โดยเซอร์กิตเบรกเกอร์อากาศสามารถแบ่งตามชนิดลักษณะการติดตั้งใช้งานและการ
บำรุงรักษา ได้ 2 ลักษณะ คือ

1. แบบติดตั้งอยู่กับที่ (Fixed Type) เซอร์กิตเบรกเกอร์อากาศจะติดตั้งอยู่กับวงจรหลัก (Main Circuit) ของแผงบริภัณฑ์ ฯ โดยจะมีการจับยึดกับโครงสร้างด้วยสกรูอย่างแข็งแรงแน่นอน ในกรณีที่เกิดสภาวะความผิดปกติทางไฟฟ้า (Fault) ขึ้นที่เซอร์กิตเบรกเกอร์อากาศระยะเวลาในการถอดเซอร์กิตเบรกเกอร์อากาศออก เพื่อซ่อมแซมแก้ไขหรือบำรุงรักษานั้นจะต้องเสียเวลาในการดับไฟฟ้า (Shutdown) เป็นระยะเวลานาน

2. แบบถอดออกได้ (Withdraw out Type) เซอร์กิตเบรกเกอร์อากาศจะติดตั้งอยู่ที่บริเวณโครงรางเลื่อนที่สามารถเคลื่อนที่และเลื่อนไปตามรางได้ ส่วนสัมผัสของเซอร์กิตเบรกเกอร์อากาศกับวงจรหลักจะต้องเป็นลักษณะที่พิเศษเพื่อให้การสัมผัสกันระหว่างบัสบาร์หลัก (Main Busbar) กับจุดเชื่อมต่อ (Connecting) ของ ACB สัมผัสสนิทแนบแน่น ซึ่งจะทำให้กระแสไฟฟ้าสามารถไหลผ่านได้โดยสะดวก อีกทั้งประโยชน์ในการซ่อมบำรุง ACB แบบนี้สามารถกระทำได้โดยสะดวกและรวดเร็วเป็นอย่างยิ่งทำให้สามารถที่จะลดระยะเวลาในการดับไฟฟ้าให้สั้นลงได้ ซึ่งจะเป็นการรักษาเสถียรภาพในการส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าไปสู่โหลดอีกด้วย



รูปที่ 2.6 เซอร์กิตเบรกเกอร์อากาศ ชนิด Fixed และ Withdrawable (เรียงลำดับจากซ้ายไปขวา) [3]

2.3.2.1.2 โมลด์เคสเซอร์กิตเบรกเกอร์ (Molded Case Circuit Breaker, MCCB) เป็นบริภัณฑ์ไฟฟ้าตรวจจับและตัดต่อวงจรอยู่ในวัสดุฉนวน ซึ่งวัสดุฉนวนที่ใช้จะเป็นพลาสติกแข็งซึ่งเป็นฉนวนไฟฟ้าสามารถทนแรงดันใช้งานได้ เบรกเกอร์ชนิดนี้ มีหน้าที่หลัก 2 ประการ คือ ทำหน้าที่เป็นสวิตช์เปิด-ปิดด้วยมือ และ เปิดวงจรโดยอัตโนมัติ เมื่อมีกระแสไหลเกินหรือเกิดลัดวงจร โดยเซอร์กิตเบรกเกอร์จะอยู่ในภาวะทริบซึ่งอยู่กึ่งกลางระหว่างตำแหน่งต่อ (ON) และตัดวงจร (OFF) เราสามารถรีเซ็ตใหม่ได้โดยกดคันโยกให้อยู่ในตำแหน่ง OFF เสียก่อน แล้วค่อยโยกไปตำแหน่ง ON

โครงสร้างกรอบของ MCCB ส่วนมากจะทำด้วยโพลีเอสเตอร์พลาสติก (Polyester Plastic) วัสดุชนิดนี้จะทำหน้าที่ในการป้องกันการเกิดอาร์ค ความร้อน และ แก๊สได้ เป็นฉนวนและเป็นที่ยกอยู่ภายในระหว่างขั้วไฟฟ้าเพื่อให้ความแข็งแรงทางกล

MCCB มีพิกัดกระแสใช้งานและคุณสมบัติอื่น ๆ ที่สูงขึ้น และมีเฉพาะในมาตรฐาน IEC60947-2 และ พิกัดกระแสใช้งานมีขนาดใช้งาน เช่น 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100, 160, 200,

250, 320, 400, 630, 800, 1,000, 1,250, 1,600, 2,000, 2,500 และ 3,200 A และ พิกัดการทนกระแส ลัดวงจรมีปริมาณค่า เช่น 16, 25, 36, 50, 70, 80, 100, 120 และ 150 kA



รูปที่ 2.7 โมเดลเซอร์กิตเบรกเกอร์ [2]

2.3.2.2 บัสบาร์ (Busbar)

คำว่า บัสบาร์ ทางวิศวกรรมไฟฟ้าให้นิยามคำว่า บัส (Bus) ใช้เพื่ออธิบายจุดรวมของวงจรจำนวนมาก ซึ่งโดยทั่วไปจะหมายถึงจุดรวมที่มีวงจรไฟฟ้าจ่ายเข้าจำนวนน้อยและมีวงจรไฟฟ้าจ่ายออกจำนวนมาก สถานีไฟฟ้าหรือแผงสวิตช์จ่ายไฟฟ้าของระบบไฟฟ้าปัจจุบันจะต้องสามารถรับ และ จ่ายกระแสไฟฟ้าได้ ปริมาณมากกระแสไฟฟ้าปริมาณมาก จะทำให้เกิดแรงขับเคลื่อนทางแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Force) ขึ้นอย่างมหาศาล บัสบาร์ก็เหมือนอุปกรณ์ไฟฟ้าอื่น ๆ จะต้องสามารถทนต่อแรงเหล่านี้ได้ ดังนั้นโลหะที่จะใช้เป็นบัสบาร์จะต้องมีคุณสมบัติ ทางไฟฟ้า ทางกลที่ดี และสามารถทำงานได้ที่อุณหภูมิที่กำหนดให้

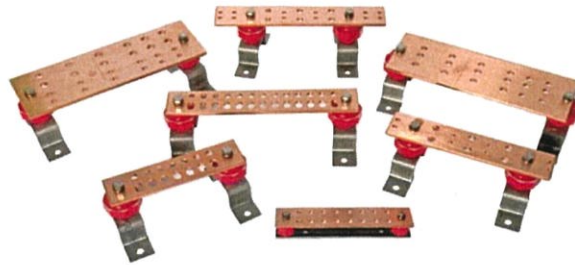
โลหะที่จะนำมาใช้เป็นบัสบาร์ ควรมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

- มีความต้านทานต่ำ
- ความแข็งแรงทางกลสูงในด้านแรงดึง แรงอัดและแรงฉีก
- ความต้านทานต่อความล้าของวัสดุ (Fatigue Failure) สูง
- ความต้านทานของแรงต้านที่ผิวหน้า (Surface Film) ต่ำ
- การตัดต่อหรือตัด ทำได้สะดวก
- ความต้านทานต่อการกัดกร่อนสูง

คำว่า แท่ง (Bar) หมายถึง เส้นที่มีภาคตัดขวางสี่เหลี่ยมผืนผ้า มีความหนาตั้งแต่ 0.5 มิลลิเมตรขึ้นไป และมีความกว้าง ไม่เกิน 160 มิลลิเมตร บัสบาร์มีทั้งชนิดที่ตัวนำทำด้วยทองแดงและอลูมิเนียม รูปร่างของบัสบาร์ที่นิยมใช้กันทั่วไปเป็นแบบแบนราบ (Flat) คือ มีพื้นที่หน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า เนื่องจากติดตั้งง่าย ระบายความร้อนดี แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ บัสบาร์แบบเปลือยและบัสบาร์แบบทาสี

ข้อแนะนำในการใช้บัสบาร์

- บัสบาร์ควรวางในแนวตั้งจึงจะระบายความร้อนได้ดี
- บัสบาร์แบบ Flat ควรขนานกันไม่เกิน 4 แท่ง ถ้ามากกว่านี้จะมีปัญหาเรื่อง Skin Effect
- บัสบาร์แบบทาสี สีที่ใช้ทาเคลือบบัสบาร์ ควรมีสัมประสิทธิ์การระบายความร้อนสูง ประมาณ 0.9
- บัสบาร์แบบทาสีนำกระแสได้สูงกว่าบัสบาร์แบบเปลือย
- กำหนดให้ใช้สีแดง เหลือง น้ำเงิน สำหรับเฟส R, Y, B ตามลำดับ
- การเรียงเฟสในสวิตช์บอร์ด (R, Y, B) ให้เรียงจากด้านหน้าไปยังด้านหลังตู้ จากบนลงล่างหรือจากซ้ายไปขวา
- การเรียงเฟสลักษณะอื่นอนุญาตเฉพาะการเชื่อมต่อกับระบบที่มีอยู่แล้ว แต่ต้องทำเครื่องหมายให้เห็นชัดเจน



รูปที่ 2.8 บัสบาร์ [7]

2.3.2.3 สายไฟฟ้า (Cable) [7]

สายไฟฟ้าแรงต่ำมีทั้งชนิดที่ตัวนำเป็นทองแดงและอะลูมิเนียม ปัจจุบันการไฟฟ้านครหลวงกำหนดให้สายไฟฟ้าแรงต่ำภายในอาคาร (ส่วนที่เป็นของผู้ใช้ไฟฟ้า) ต้องเป็นตัวนำทองแดงเท่านั้น สำหรับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคอนุญาตให้สายไฟฟ้าจากเสาไฟฟ้าไปที่ชายคาบ้านกรณีที่สายอากาศเป็นสายอะลูมิเนียมได้ สายไฟฟ้าทองแดงมีหลายชนิดด้วยกัน แต่ละชนิดอาจจะแตกต่างกันที่ชนิดของฉนวน แรงดันใช้งาน และโครงสร้างของฉนวน ซึ่งต้องให้เหมาะสมกับการนำไปใช้งาน สายทองแดงที่นิยมใช้กันมาก แบ่งตามมาตรฐานการผลิตได้ 2 ชนิด คือ

2.3.2.3.1 สายไฟฟ้าที่ผลิตตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่ มอก.11-2553

สายไฟฟ้าทองแดงหุ้มฉนวนพีวีซี ต้องผลิตให้เป็นไปตามมาตรฐาน มอก.11-2553 เพราะเป็นมาตรฐานบังคับ ซึ่งเปลี่ยนแปลงไปจากมาตรฐานเดิมคือ มอก.11-2531 มาก มาตรฐาน มอก.11-2553 มี

สายไฟฟ้าหลายชนิดด้วยกัน กำหนดขนาดของสายไฟฟ้าโดยเรียกเป็นรหัสชนิด แต่สายไฟฟ้าที่เป็นนิยมใช้ในการติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้ามีดังนี้

1.1 สายรหัสชนิด VAF เป็นสายไฟฟ้าหุ้มด้วยฉนวนและเปลือก อุณหภูมิของตัวนำ 70 องศาเซลเซียส กำหนดรหัสเป็น VAF มีทั้งชนิด 2 แกน และ 2 แกนมีสายดิน ขนาดตั้งแต่ 1.0 ตร.มม. ถึง 16 ตร.มม. สายดินมีขนาดเท่ากับสายเส้นไฟ แรงดันใช้งาน 300/500 โวลต์ จึงใช้กับระบบ 3 เฟส 4 สาย แรงดัน 230/400 โวลต์ได้ มีการติดตั้งแบบ เดินเกาะผนัง เดินในรางเดินสาย ห้ามร้อยท่อ และ ฝังดิน

1.2 สายรหัสชนิด NYY เป็นสายไฟฟ้าหุ้มฉนวนและเปลือก อุณหภูมิของตัวนำ 70 องศาเซลเซียส กำหนดรหัสเป็น NYY มีทั้งชนิด 2 แกน 3 แกน 4 แกน และหลายแกนมีสายดินด้วย แรงดันใช้งาน 450/750 โวลต์ มีหลายขนาดดังนี้ สายแกนเดี่ยว มีขนาดตั้งแต่ 1.0 ถึง 500 ตร.มม. สายหลายแกนมีขนาดตั้งแต่ 50 ถึง 300 ตร.มม. และ สายหลายแกน มีขนาดตั้งแต่ 25 ถึง 300 ตร.มม. สายไฟฟ้าชนิด NYY เหมาะสำหรับใช้งานทั่วไป มีการติดตั้งแบบเดินร้อยท่อ ร้อยท่อฝังดิน และ ฝังดินโดยตรง เดินในรางเดินสายหรือวางบนรางเคเบิล

1.3 สายรหัสชนิด VCT เป็นสายไฟฟ้าหุ้มฉนวนและเปลือก อุณหภูมิของตัวนำ 70 องศาเซลเซียส กำหนดรหัสเป็น VCT มีชนิดแกนเดี่ยว 2 แกน, 3 แกน, 4 แกน และหลายแกน มีสายดินด้วย แรงดันใช้งาน 450/750 โวลต์ มีตั้งแต่ขนาด 4.0 ตร.มม. ถึง 35 ตร.มม. ทั้งชนิดแกนเดี่ยวและชนิดหลายแกนรวมทั้งหลายแกนที่มีสายดินด้วย มีข้อพิเศกว่าก็คือตัวนำจะประกอบด้วยทองแดงฝอยเส้นเล็ก ๆ ทำให้มีข้อดี คืออ่อนตัวและทนต่อสภาพการสั่นสะเทือนได้ดี เหมาะที่จะใช้เป็นสายดินเข้าเครื่องจักรที่มีการสั่นสะเทือนขณะใช้งาน สายชนิดนี้ใช้งานได้ทั่วไปเหมือนสายชนิด NYY

1.4 สายรหัสชนิด 60227 IEC 01 เป็นสายไฟฟ้าทองแดงหุ้มฉนวนพีวีซีไม่มีเปลือก อุณหภูมิใช้งาน 70 องศาเซลเซียส มีเฉพาะชนิดแกนเดี่ยวเท่านั้น แรงดันใช้งาน 450/750 โวลต์ ขนาดตั้งแต่ 1.5 ตร.มม. ถึง 400 ตร.มม. สายขนาดเล็กมีให้เลือกหลายสี สำหรับสายขนาดใหญ่มีเฉพาะสีดำเท่านั้น สายชนิดนี้ใช้แทนสาย THW เดิมซึ่งยกเลิกไปแล้ว และมีรูปร่างและโครงสร้างเหมือนสาย THW เหมาะสำหรับใช้เดินลอยในอากาศ เดินร้อยท่อ และ ในรางเดินสาย ห้ามร้อยท่อฝังดินหรือฝังดินโดยตรง สายชนิดนี้อาจเรียกสั้น ๆ ว่า IEC 01 ก็ได้

1.5 สายรหัสชนิด 60227 IEC 10 เป็นสายไฟฟ้าหุ้มด้วยฉนวนและเปลือก เช่นเดียวกับสาย NYY อุณหภูมิใช้งาน 70 องศาเซลเซียส เป็นสายชนิดหลายแกน มีตั้งแต่ 2 ถึง 5 แกน มีขนาดตั้งแต่ 1.5 ตร.มม. ถึง 35 ตร.มม. แรงดันใช้งาน 300/500 โวลต์ สามารถเดินในช่องเดินสายและต้องป้องกันน้ำเข้าช่องเดินสายวางบนรางเคเบิล ไม่เหมาะที่จะเดินฝังดิน สายชนิดนี้อาจเรียกสั้น ๆ ว่า IEC 10 ก็ได้

2.3.2.3.2 สายไฟฟ้าที่ผลิตตามมาตรฐานอื่น

สายไฟฟ้าที่ผลิตตามมาตรฐานอื่นที่ไม่ใช่มาตรฐาน มอก.11-2553 เป็นสายไฟฟ้าทองแดงหุ้มฉนวนชนิดอื่นนอกเหนือไปจากฉนวนชนิดพีวีซี ฉนวนที่นิยมใช้ก็คือ โครสลิงกด์พอลิเอทิลีน (Cross linked polyethylene) นิยมเขียนเป็นอักษรย่อว่า XLPE มีคุณสมบัติพิเศษ คือ ทนอุณหภูมิได้สูงและมีความแข็งแรงทนต่อแรงเสียดสีได้ดี สายที่นิยมใช้งานอย่างกว้างขวาง คือ สายที่ผลิตตามมาตรฐาน IEC 60502 เป็นสายชนิดทนแรงดัน 0.6/1 กิโลโวลต์ เป็นตัวนำทองแดงอุณหภูมิใช้งานของฉนวน 90 องศาเซลเซียส เรียกว่า สายไฟฟ้าชนิด ซีวี (CV) หรือสาย XLPE ซึ่งมีขนาดกระแสสูงกว่าสายตาม มอก.11-2553 ที่ขนาดเดียวกันและวิธีการเดินสายเหมือนกัน เนื่องจากสายมีอุณหภูมิใช้งาน 90 องศาเซลเซียส ขั้วสายและบริเวณที่สายชนิดนี้ต่ออยู่ก็ต้องเป็นชนิดที่ออกแบบให้ใช้งานได้ 90 องศาเซลเซียส ด้วยเช่นกัน (หรือทำการลดค่ากระแสของสายไฟฟ้าลงมา) สายชนิดนี้มีทั้งชนิดแกนเดี่ยวและหลายแกน (Multi core) มีเปลือกนอกเพื่อป้องกันความเสียหายทางกายภาพจึงใช้งานได้ทั่วไปรวมทั้งใช้เดินฝังดินโดยตรง สำหรับการเดินสายในช่องเดินสายที่ไม่ปิดมิดชิดเปลือกนอกต้องมีคุณสมบัติด้านเปลวเพลิง (Flame retardant) ตามมาตรฐาน IEC 60332-3 Category C

2.3.2.4 เครื่องวัดไฟฟ้า และ อุปกรณ์ประกอบ [7]

2.3.2.4.1 หม้อแปลงเครื่องวัด คือเครื่องวัดที่ใช้สำหรับแปลงแรงดันสูง หรือกระแสสูงให้เป็นค่ามาตรฐานของแรงดันต่ำของแรงดันต่ำและกระแสต่ำเพื่อใช้ในการวัดและป้องกัน หม้อแปลงเครื่องวัด มี 2 แบบ คือ

1.1 หม้อแปลงแรงดัน (Voltage Transformer, VT) เป็นหม้อแปลงซึ่งแปลงแรงดันสูงเป็นแรงดันต่ำ เพื่อใช้ในการวัดและป้องกัน ส่วนมากจะใช้งานขณะไม่มีโหลด และเวลาใช้งานห้ามลัดวงจรด้านทุติยภูมิ เพราะกระแสจะสูงมากทำให้เกิดอันตรายได้ ในการเลือกใช้งานมีพิกัดที่ต้องพิจารณามีดังนี้

1. พิกัดกำลังไฟฟ้า คิดเป็น VA (10, 15, 25, 50, 75, 100, 150, 200 VA)
2. พิกัดแรงดันทางด้านปฐมภูมิ โดยใช้ตามพิกัดแรงดัน
3. พิกัดแรงดันทางด้านทุติยภูมิ

1.2 หม้อแปลงกระแส (Current Transformer, CT) หมายถึงหม้อแปลงที่ใช้แปลงกระแสให้มีต่ำ ลง เพื่อให้เหมาะสมกับการวัดและทำงานของบริภัณฑ์ป้องกันจะสามารถป้องกันความเสียหายที่เกิดขึ้นกับเครื่องมือวัดไฟฟ้าหรืออุปกรณ์ควบคุมต่าง ๆ เนื่องจากการเกิดกระแสเกิน (Over Current) ได้ดี ในการใช้งานหม้อแปลงกระแสจะต้องไม่ให้เกิดการเปิดวงจรทางด้านทุติยภูมิ เพราะจะทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าสูงมาก อาจทำให้เกิดความเสียหายจะมีพิกัดในการวัดกระแสออกมาที่ 5 แอมป์ เช่น 400/5 A, 800/5 A, 1000/5 A เป็นต้น

2.3.2.4.2 อุปกรณ์ป้องกันไฟกระชอกแรงดันสูงชั่วขณะ (Surge Protection Device, SPD) เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยลดแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่สูงขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงเวลา สั้นๆ ได้ ซึ่งพลังงานที่สูงมากเช่นนี้สามารถสร้างความเสียหายต่ออุปกรณ์ไฟฟ้า, อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และเครื่องมือ-เครื่องใช้ในการควบคุมการประมวลผล ฯลฯ การต่อใช้งานอุปกรณ์ป้องกันเสิร์จ จะทำการต่อในลักษณะขนานกับระบบ เพื่อเบี่ยงเบนกระแสฟ้าผ่า (Impulse Current) ให้ไหลผ่านตัวมันเองลงสู่กราวด์ ก่อนที่พลังงานที่สูงนั้นจะสามารถเข้าสู่ระบบไปสร้างความเสียหายแก่เครื่องใช้ไฟฟ้า การใช้งานอุปกรณ์ป้องกันเสิร์จต้องติดตั้งใช้งานร่วมกับเซอร์กิตเบรกเกอร์หรือฟิวส์เสมอ



รูปที่ 2.9 Surge Protection Device [12]

หลักการการทำงานของอุปกรณ์ป้องกันเสิร์จในระบบไฟฟ้า มีดังนี้

1.1 สภาวะปกติ อุปกรณ์ป้องกันเสิร์จจะมีค่าความต้านทาน (Impedance) สูง ทำหน้าที่เหมือนเป็นวงจรเปิด (Open circuit) จะไม่มีผลใด ๆ ในระบบที่ต่ออยู่

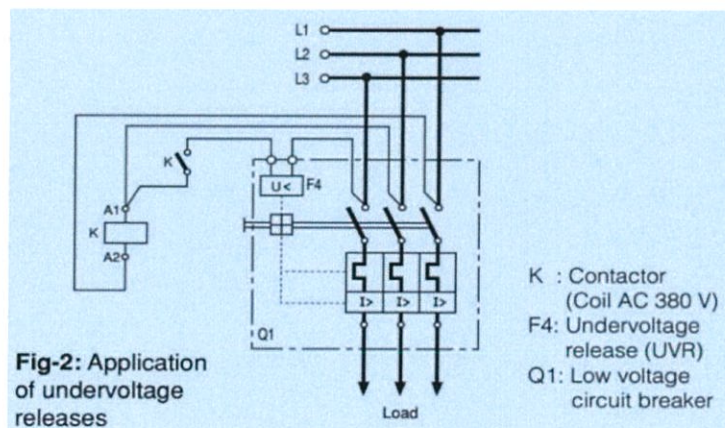
1.2 เมื่อเกิดสภาวะแรงดันไฟฟ้าเกินชั่วขณะ (Transient overvoltage) ค่าความต้านทานของอุปกรณ์ป้องกันเสิร์จจะลดลงภายในเวลาอันรวดเร็ว (Nanoseconds) และเบี่ยงเบนกระแสฟ้าผ่าลงสู่กราวด์ ทำหน้าที่เหมือนเป็นวงจรปิด (Closed circuit) พร้อมทั้งจำกัดแรงดันไฟฟ้าให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยต่อเครื่องใช้ไฟฟ้า

1.3 แรงดันไฟฟ้ากลับสู่สภาวะปกติ ค่าความต้านทานของอุปกรณ์ป้องกันเสิร์จจะกลับมาสูงอีกครั้งและกลับมาเป็นวงจรเปิดเหมือนเดิม

2.3.2.4.3 การขับเคลื่อนมอเตอร์ (Motor mechanism) หรือที่นิยมเรียกว่า มอเตอร์ไดรฟ์ (Motor drive) เป็นอุปกรณ์เสริมที่ทำหน้าที่ซาร์จสปริงเพื่อรอการสั่งการต่อเซอร์กิตเบรกเกอร์ สามารถออกแบบให้ใช้งานแบบอัตโนมัติในการต่อเซอร์กิตเบรกเกอร์ได้ การออกแบบสั่งการต่อแบบอัตโนมัติ ควรระมัดระวังการสั่งการแบบอัตโนมัติ ในกรณีเกิดกระแสเกิน และ กระแสลัดวงจร จะทำให้เซอร์กิตเบรกเกอร์สายไฟ โหลด อุปกรณ์เกี่ยวเนื่องเสียหายและเกิดอันตรายอย่างอื่นได้

2.3.2.4.4 อุปกรณ์ปลดวงจรโดยตรง (Shunt release) เป็นอุปกรณ์เสริมของเซอร์กิตเบรกเกอร์เป็นอุปกรณ์เสริมที่จ่ายไฟให้ที่คอยล์ (coil) ของ Shunt release อุปกรณ์เสริมก็จะทำงาน ทำให้ เซอร์กิตเบรกเกอร์ทริป (trip) คือ ไม่สามารถเปิดเซอร์กิตเบรกเกอร์นี้ได้ ปกติจะมีการต่อใช้งานกับการทริป ของหม้อแปลง เมื่อหม้อแปลงมีการจ่ายกระแสเกิน เพื่อทำหน้าที่ป้องกันหม้อแปลงไม่ให้จ่ายกระแสเกิน หรือการทำงานตามต้องการอื่น ๆ เพื่อสั่งการให้เซอร์กิตเบรกเกอร์ทริป

2.3.2.4.5 อุปกรณ์ช่วยปลดแรงดันไฟฟ้าต่ำเกิน (Under voltage release) เป็นอุปกรณ์เสริมของเซอร์กิตเบรกเกอร์ ที่มีคอยล์เมื่อได้รับกระแสไฟจ่ายเข้าคอยล์จะมีผลทำให้เซอร์กิตเบรกเกอร์ทริป และไม่สามารถเปิดเซอร์กิตเบรกเกอร์ได้ Under voltage release ของเซอร์กิตเบรกเกอร์จะเป็น 1 เฟส จึงควรมีการใส่รีเลย์ป้องกันไฟฟ้า (Protective relay) เพื่อการทำงานเป็น 3 เฟส และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์หน่วงเวลา (Electronic time delay) เพื่อช่วยหน่วงเวลา ไม่ให้ระบบไฟฟ้าเสียความเชื่อถือได้ ทั้งนี้การติดตั้งที่เมนเซอร์กิตเบรกเกอร์อาจเป็นผลเสีย ทำให้ระบบไฟฟ้าทั้งหมดดับได้ เมื่อเกิดไฟตกหรือไฟตกชั่วขณะ ดังนั้นควรติดตั้ง Under voltage release เฉพาะโหลดหรือวงจรที่มีความอ่อนไหวกับแรงดันตก เช่น โหลดที่เป็นมอเตอร์ เป็นต้น



รูปที่ 2.10 การติดตั้งอุปกรณ์ช่วยปลดแรงดันไฟฟ้าต่ำเกินร่วมกับเซอร์กิตเบรกเกอร์ [15]

2.3.2.4.6. เครื่องวัดไฟฟ้า (Meter) เครื่องวัดพื้นฐานที่ใช้ในแผงบริภัณฑ์ ๆ ทั่วไป คือ โวลต์มิเตอร์และแอมมิเตอร์ ซึ่งต้องใช้งานร่วมกับสวิตช์แบบเลือกค่าเพื่อวัดแรงดันหรือกระแสในแต่ละเฟส พิกัดแรงดันของโวลต์มิเตอร์คือ 0-500 V. ส่วนพิกัดกระแสของแอมมิเตอร์จะ ขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของหม้อแปลงกระแส เช่น 100/5A. เป็นต้นสำหรับแผงบริภัณฑ์ ๆ ขนาดใหญ่อาจมี เพาเวอร์แฟกเตอร์มิเตอร์ (Power factor meter), วัตต์มิเตอร์ (Watt meter) หรือ วาร์มิเตอร์ (Varmeter) เพิ่มเติมขึ้นอยู่กับการออกแบบตู้บางตู้ อาจติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (Power factor Controller) เพื่อควบคุมค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าในวงจรด้วย

2.3.2.4.7 อุปกรณ์ชดเชยตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (Capacitor Bank) คือ ตัวเก็บประจุไฟฟ้า (Capacitor) ขนาดใหญ่จำนวนหลายชุดที่ติดตั้งขนานกับระบบไฟฟ้าเพื่อทำหน้าที่ปรับ PF ของระบบให้มีค่าสูงขึ้นเพื่อที่จะไม่ต้องเสียค่าปรับจากการไฟฟ้าและลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบ ส่วนประกอบภายใน Capacitor Bank ประกอบด้วยอุปกรณ์ควบคุมค่า PF ตัวเก็บประจุไฟฟ้า และอุปกรณ์ตัดต่อตัวเก็บประจุไฟฟ้า (Magnetic Contractor) โดยจำนวนหรือขนาดของคาปาซิเตอร์ที่ต้องการต่อเข้ากับระบบไฟฟ้าจะขึ้นอยู่กับค่ากำลังไฟฟ้รีแอกทีฟที่เกิดขึ้นในระบบในขณะนั้น โดยอุปกรณ์ควบคุมค่า PF จะทำการตรวจวัดค่า PF ของระบบและจะสั่งการให้อุปกรณ์ตัดต่อตัวเก็บประจุไฟฟ้าต่อหรือปลดคาปาซิเตอร์จากระบบเพื่อให้ได้ค่า PF ตามต้องการ

2.3.2.4.7 สวิตช์แบบเลือกค่า (Selector Switch) โดยสวิตช์แบบเลือกค่ากระแส (Ammeter Selector Switch) จะใช้ร่วมกับหม้อแปลงกระแสและมิเตอร์กระแสติดตั้งแผงหน้าปัทม์ (Panel Ammeter) เพื่อวัดกระแสในแผงบริภัณฑ์ไฟฟ้า ส่วนสวิตช์แบบเลือกค่าแรงดัน (Voltmeter Selector Switch) จะใช้ร่วมกับมิเตอร์แรงดันติดตั้งแผงหน้าปัทม์ (Panel Voltmeter) เพื่อวัดแรงดันภายในตู้ การต่อวงจรให้ดูจากไดอะแกรมที่มาพร้อมกับอุปกรณ์เพราะแต่ละยี่ห้ออาจมีวิธีการต่อที่แตกต่างกัน

2.3.2.4.8 หลอดไฟแสดงสถานะ (Pilot Lamp) สำหรับแผงบริภัณฑ์ไฟฟ้าเป็นหลอดไฟที่แสดงสถานะการณ์การทำงาน เพื่อบอกให้รู้ว่ามีไฟจ่ายเข้ามายังแผงบริภัณฑ์ไฟฟ้าหรือไม่ หลอดไฟแสดงสถานะมี 2 แบบ คือ แบบมีหม้อแปลงแรงดัน และ แบบไม่มีหม้อแปลงแรงดัน แบบมีหม้อแปลงแรงดันจะลดแรงดันให้ต่ำลง เพื่อให้เหมาะสมกับแรงดันหลอด เช่น 220/6.3V. เป็นต้น

2.3.2.4.9 ฟิวส์ (Fuse) หมายถึง อุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินซึ่งมีส่วนที่เปิดวงจรหลอมละลายด้วยความร้อนที่เกิดจากมีกระแสไหลผ่านเกินกำหนด สำหรับตู้แผงบริภัณฑ์ ฯ เป็นฟิวส์แบบหลอดแก้ว ใช้ป้องกันวงจรเครื่องวัดไฟฟ้าและหลอดไฟแสดงสถานะ

2.3.3 องค์ประกอบหลักในการออกแบบเพื่อกำหนดขนาดแผงบริภัณฑ์ ฯ [6]

2.3.2.1 มาตรฐานของผู้ผลิตแผงบริภัณฑ์ ฯ

ขอบเขตของมาตรฐาน IEC 61439-1 มอก. 1436-2540, วสท. 2001 : IEC 61439-2 นี้ มีข้อกำหนดและเงื่อนไขในการบริการ ความต้องการ ในการก่อสร้าง คุณสมบัติทางเทคนิค และความต้องการในการทวนสอบเพื่อแผงบริภัณฑ์ ฯ โดยพิจารณาสิ่งที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

- การประกอบที่แรงดันไฟฟ้า ไม่เกิน 1000 Vac. หรือ 1500 Vdc.
- การประกอบที่อยู่กับที่ หรือเคลื่อนที่ โดยมีหรือไม่มีส่วนห่อหุ้ม

- การประกอบที่เจตนาสำหรับใช้ในการเชื่อมต่อการกำเนิด การส่ง การจำหน่าย การแปลงของพลังงานไฟฟ้า และสำหรับควบคุมพลังงานไฟฟ้า อุปกรณ์บริโค
- การประกอบที่ถูกรอกแบบสำหรับการใช้ภายใต้เงื่อนไขพิเศษและเงื่อนไขการบริการ
- การประกอบที่ถูกรอกแบบสำหรับอุปกรณ์ไฟฟ้าของเครื่องจักร ข้อกำหนดที่มีเสริมสำหรับการประกอบให้เป็นส่วนหนึ่งของเครื่องจักรที่ถูกรอบคลุมโดย IEC 60204 series

มาตรฐานนี้ได้นำมาใช้กับการประกอบทั้งหมดว่าที่ได้ถูกรอกแบบ ผลิต และ ทวนสอบบนพื้นฐานหนึ่งหรือมาตรฐานอย่างเต็มที่และผลิตตามแบบ มาตรฐานนี้ไม่สามารถใช้เพียงลำพังที่จะระบุประกอบหรือนำไปใช้เพื่อวัตถุประสงค์ในการกำหนดร่วมกันมาตรฐานนี้ไม่ได้นำไปใช้กับแต่ละอุปกรณ์ และส่วนประกอบในตัวเอง เช่น การสตาร์ทมอเตอร์, สวิตช์ฟิวส์, อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และ อื่น ๆ ซึ่งจะสอดคล้องกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้อง

2.3.2.2 ขนาดของโหลดและฟังก์ชันการใช้งานของโหลด

ขนาดของโหลดเป็นตัวระบุขนาดของเครื่องป้องกันกระแสเกินรวมถึงสายไฟที่ใช้ในการเดินสาย สามารถคำนวณได้จากตารางโหลด และ นำมาเขียนเป็นแบบไดอะแกรมทางไฟฟ้า (Single line diagram) พร้อมทั้งกำหนดรายละเอียดของผลิตภัณฑ์ (Specification) ได้

2.3.2.3 ขนาดจำนวนฟังก์ชันและจำนวนสายป้อน

ฟังก์ชันที่ใช้ในแผงบริภัณฑ์ ๆ เช่น สวิตช์เกียร์ เซอร์กิตเบรกเกอร์ เป็นต้น และสายป้อนเป็นสิ่งที่กำหนดขนาดของแผงบริภัณฑ์ ๆ โดยขนาดและจำนวนฟังก์ชันสามารถคำนวณหรือดูได้จากไดอะแกรมทางไฟฟ้า (Single line diagram) และรายละเอียดข้อกำหนด (Specification)

2.3.2.4 พิกัดกระแสลัดวงจร

ปัจจุบันมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าอ้างอิงมาตรฐาน IEC ซึ่งแบ่งเซอร์กิตเบรกเกอร์ตามสภาพการใช้งานออกเป็น 2 ชนิด คือมาตรฐาน IEC 60898 และ IEC 60947-2 เซอร์กิตเบรกเกอร์แต่ละหมายเลขมาตรฐานมีจุดประสงค์การใช้งานแตกต่างกัน ในมาตรฐานมีค่าพิกัดต่าง ๆ ที่สำคัญดังนี้

2.3.2.4.1 พิกัดกระแสใช้งาน (Rated Current, In) หมายถึง ขนาดของเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่กำหนดโดยผู้ผลิตที่สามารถนำกระแสได้ต่อเนื่องโดยไม่ปลดวงจร ที่อุณหภูมิโดยรอบที่กำหนด มาตรฐาน IEC กำหนดอุณหภูมิโดยรอบของเซอร์กิตเบรกเกอร์ไว้ที่ 30 องศาเซลเซียส แต่ผู้ผลิตสามารถกำหนดอุณหภูมิโดยรอบเป็นค่าอื่นได้ เช่น 40 องศาเซลเซียส แต่ต้องระบุไว้ให้ชัดเจน

2.3.2.4.2 พิกัดกระแสลัดวงจรสูงสุด (Rated Short-Circuit Capacity, Icn) หมายถึง พิกัดของเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่สามารถตัดกระแสลัดวงจรสูงสุดได้ ค่านี้จะกำหนดโดยผู้ผลิต

2.3.2.4.3 พิกัดการทนกระแสลัดวงจรสูงสุด (Rated Ultimate Short-Circuit Breaking Capacity, Icu) หมายถึง พิกัดตัดกระแสลัดวงจรสูงสุดที่เมื่อเซอร์กิตเบรกเกอร์ตัดวงจรแล้วจะไม่คำนึงว่าจะใช้งานปกติได้อย่างต่อเนื่องในภายหลังหรือไม่ หมายถึงยังสามารถใช้งานได้ แต่สมบัติการทำงานอาจเปลี่ยนไป

2.3.2.4.4 พิกัดกระแสลัดวงจรใช้งาน (Rated Service Short-Circuit Breaking Capacity, Ics) หมายถึง พิกัดกระแสลัดวงจรที่หลังจากเซอร์กิตเบรกเกอร์ตัดวงจรแล้วจะต้องใช้งานได้ปกติอย่างต่อเนื่อง ปกติค่า Ics จะมีค่าน้อยกว่า Icn การกำหนดจะกำหนดเป็นจำนวนเท่าหรือร้อยละของ Icu เช่น ร้อยละ 50, 75 หรือร้อยละ 100 ของ Icu เป็นต้น

2.3.2.4.5 พิกัดกระแสลัดทนช่วงเวลาสั้น (Rated Short-Time Withstand Current, Icw) หมายถึง กระแสลัดวงจรค่ารากเฉลี่ยยกกำลังสองที่เซอร์กิตเบรกเกอร์สามารถทนได้ตลอดระยะเวลาการหน่วงเวลา ปกติระยะเวลาการหน่วงเวลาจะเป็น 0.05, 0.1, 0.25, 0.5 และ 1 วินาที

2.3.2.5 ดัชนีแสดงค่ามาตรฐานการป้องกัน

ดัชนีแสดงค่ามาตรฐานการป้องกัน (Degree of Protection) เป็นการกำหนดค่าความสามารถ ในการป้องกันการสัมผัสส่วนที่มีไฟฟ้าที่เป็นอันตรายต่อบุคคลทั้งจากการสัมผัสส่วนที่มี ไฟฟ้าโดยตรง หรือ โดยการใช้วัตถุสอดใส่เข้าไปในเครื่องอุปกรณ์ไฟฟ้าและยังเป็นตัวแสดงค่าความสามารถในการป้องกัน ความเสียหายจากของเหลวเข้าไปในตัวเครื่องอุปกรณ์ไฟฟ้าอีกด้วย การแสดงค่าความสามารถในการป้องกัน จะกำหนดเป็นค่าตัวเลขหลังอักษร IP ค่า IP (Index of Protection) กำหนดโดยมาตรฐาน IEC60529 กำหนด เป็นตัวเลข 2 หรือ 3 หลัก หลังตัวอักษร IP แต่โดยทั่วไปนิยมกำหนดเพียง 2 หลักเท่านั้น ความหมายของแต่ละหลักแสดงไว้ ดังรูปที่ 2.11



Degrees of Protection (IP)

กิตติการป้องกันฝุ่นและน้ำ

การแบ่งระดับการป้องกัน (Degree of protection) หรือ IP เป็นไปตามมาตรฐาน DIN 40050/1980 และ IEC 529

รหัสการป้องกัน	รายละเอียด	รหัสการป้องกัน	รายละเอียด	รหัสการป้องกัน	รายละเอียด
0	ไม่มี การป้องกัน	0	ไม่มี การป้องกัน	0	ไม่มี การป้องกัน
1	สามารถป้องกันของแข็งที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่าหรือเท่ากับ 50 มม. ซึ่งกระทบไม่ให้ผ่านลงเข้าไปข้างในได้	1	สามารถป้องกันน้ำที่ตกลงมาในแนวตั้งได้	1	สามารถป้องกันแรงกดกระทบของวัตถุที่มีน้ำหนัก 150 กรัม ที่ปล่อยมาจากที่สูง 15 ซม. (การกระทบของพลังงาน 0.25 จูล)
2	สามารถป้องกันของแข็งที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่าหรือเท่ากับ 12 มม. ซึ่งกระทบไม่ให้ผ่านลงเข้าไปข้างในได้	2	สามารถป้องกันน้ำที่ตกลงมาในแนวตั้ง และในแนวที่ทำมุม 15° กับแนวตั้ง	2	สามารถป้องกันแรงกดกระทบของวัตถุที่มีน้ำหนัก 250 กรัม ที่ปล่อยมาจากที่สูง 15 ซม. (การกระทบของพลังงาน 0.375 จูล)
3	สามารถป้องกันของแข็งที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่าหรือเท่ากับ 2.5 มม. ซึ่งกระทบไม่ให้ผ่านลงเข้าไปข้างในได้	3	สามารถป้องกันน้ำที่ตกลงมาได้โดยมีน้ำฝนตกลงมาในแนวทำมุม 60° กับแนวตั้ง	3	สามารถป้องกันแรงกดกระทบของวัตถุที่มีน้ำหนัก 250 กรัม ที่ปล่อยมาจากที่สูง 20 ซม. (การกระทบของพลังงาน 0.5 จูล)
4	สามารถป้องกันของแข็งที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง มากกว่า 1 มม. ซึ่งกระทบไม่ให้ผ่านลงเข้าไปข้างในได้	4	สามารถป้องกันหยดน้ำหรือละอองน้ำที่เกิดจากทิศทางใด	5	สามารถป้องกันแรงกดกระทบของวัตถุที่มีน้ำหนัก 500 กรัม ที่ปล่อยมาจากที่สูง 40 ซม. (การกระทบของพลังงาน 2 จูล)
5	สามารถป้องกันฝุ่นได้	5	สามารถป้องกันน้ำที่ถูกฉีดมากระปรี้กระเปร่าในทิศทางใด	7	สามารถป้องกันแรงกดกระทบของวัตถุที่มีน้ำหนัก 1.5 กก. ที่ปล่อยมาจากที่สูง 40 ซม. (การกระทบของพลังงาน 6 จูล)
6	สามารถป้องกันฝุ่นได้อย่างสมบูรณ์	6	สามารถป้องกันอันตรายที่เกิดจากสิ่งของน้ำทะเลและการฉีดน้ำอย่างแรง	9	สามารถป้องกันแรงกดกระทบของวัตถุที่มีน้ำหนัก 5 กก. ที่ปล่อยมาจากที่สูง 40 ซม. (การกระทบของพลังงาน 20 จูล)
		7	สามารถป้องกันอันตรายที่เกิดจากน้ำที่ซึมชั่วคราว		
		8	สามารถป้องกันอันตรายที่เกิดจากน้ำที่ซึมอย่างถาวรได้		

รูปที่ 2.11 ระดับการป้องกันสิ่งแปลกปลอมที่เป็นของแข็งและของเหลว [6]

2.3.2.6 ฟอรัมตู้ของแผงบริภัณฑ์ ฯ ตามมาตรฐาน IEC 60439-1

2.3.2.6.1 พาติชั่น (Partition) คือ ส่วนของเมททอลเอ็นโครสสวิทช์เกียร์ (Metal Enclosed Type) ที่แยกส่วนต่าง ๆ ของตู้ออกจากกันโดยพาติชั่นต้องเป็นวัสดุที่เป็นโลหะหรือโลหะ เพื่อกั้นส่วนต่าง ๆ ของตู้ออกจากส่วนที่มีไฟฟ้า

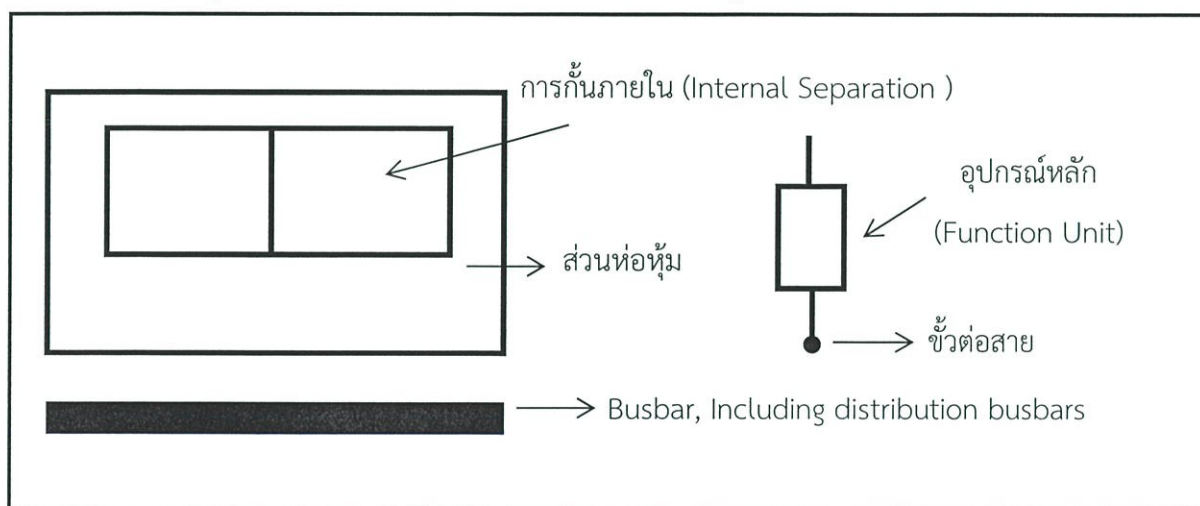
2.3.2.6.2 ฟอรัมตู้ (Form) คือ คุณสมบัติหรือรูปแบบการแบ่งกั้นส่วนที่มีไฟฟ้า (Live Part) หรือส่วนที่เป็นอันตราย โดยการใช้พาติชั่นกั้นแยกระหว่างอุปกรณ์หลักออกอย่าง

ชัดเจน ซึ่งจะมีคุณสมบัติในการลดโอกาสการเกิดสภาวะความผิดปกติทางไฟฟ้าอีกทั้งยังเป็น การจำกัดขอบเขต (Limit Fault) ที่อาจเกิดขึ้นไม่ให้ลุกลามไปยังช่องอื่น ๆ ได้ ภายในแผง บริภัณฑ์ ฯ

การแยกส่วนภายในตู้ จะพิจารณาดังนี้

- อุปกรณ์หลัก เช่น เซอร์กิตเบรกเกอร์ ฟิวส์ เป็นต้น
- ขั้วต่อสาย (Terminal)
- บัสบาร์
- ส่วนห่อหุ้ม (Enclosure)

รูปแบบการกำหนดสัญลักษณ์ของการกั้นภายในตู้



รูปที่ 2.12 ความหมายของรูปแบบของการแยก

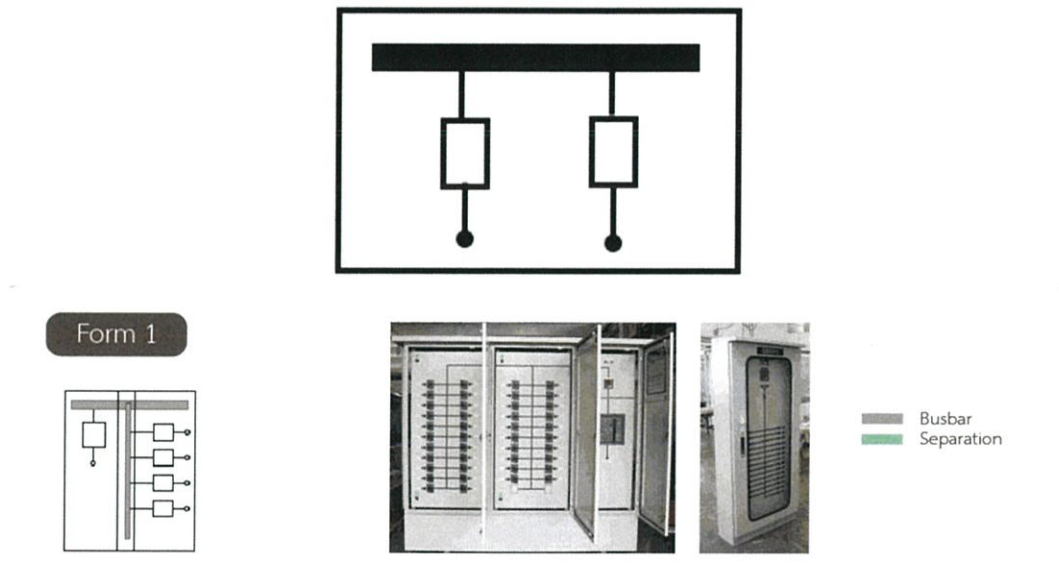
หมายเหตุ

1. สีของบัสบาร์ ปัจจุบันมีการกำหนดสีให้เป็นไปตามสีของสายไฟฟ้า คือ ฟ้ำ, น้ำตาล, ดำ, เทา, เขียว (N, L1, L2, L3, PE)
2. ควรมีแผ่นอะคริลิก (Acrylic) กั้นในฟอร์ม 1 หรือ ส่วนอื่น ๆ ที่จำเป็น เพื่อความปลอดภัย
3. พาดิชั่นจะมีส่วนช่วยป้องกันการลุกลามความเสียหายที่อาจจะลุกลามไปยังส่วนอื่น ๆ ภายในแผงบริภัณฑ์ ฯ
4. การเลือกใช้ระดับพาดิชั่นที่สูง ๆ หรือ มีพาดิชั่นมาก ๆ จะทำให้มีการเพิ่มขนาดของ อุปกรณ์หรือวัสดุต่าง ๆ มากขึ้น เนื่องจากต้องมีการคำนึงถึงเรื่องการระบายความร้อน เพื่อให้แผงบริภัณฑ์ ฯ นั้น ๆ สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าได้ตามพิกัดที่ใช้งาน ตามพิกัดของเซอร์กิตเบรกเกอร์ หรือ พิกัดของบัสบาร์ หรือ อุปกรณ์วัสดุอื่น ๆ ที่ประกอบกัน

5. พาดิชั้นจะมีผลต่อการใช้งาน การติดตั้งและการบำรุงรักษาแผงบริภัณฑ์ ฯ เนื่องจากพาดิชั้นในระดับที่สูงก็จะต้องมีการถอดชิ้นส่วนของส่วนกัน ออกมาจากแผงบริภัณฑ์ ฯ เพื่อการเปลี่ยนอุปกรณ์ต่าง ๆ ของแผงบริภัณฑ์ ฯ

ฟอร์มมีทั้งหมด 7 ฟอร์ม โดยในแต่ละฟอร์มจะมีรายละเอียดดังนี้

- ฟอร์ม 1 (Form 1) : ภายในแผงบริภัณฑ์ไฟฟ้าจะไม่มีพาดิชั้นกันแยกระหว่างบัสบาร์ออกจากตัวอุปกรณ์ (Outgoing Unit) และขั้วต่อสายตัวนำภายนอกออกจากกัน (Terminal for External Conductor) ฟอร์มนี้ เหมาะกับงานควบคุมโหลดเฉพาะจุด กรณีเกิดสภาวะความผิดปกติของไฟฟ้าขึ้นอาจจะได้รับความเสียหายทั้งหมด ต้องใช้เวลาในการซ่อมแซมหรือเปลี่ยนใหม่ทั้งหมด

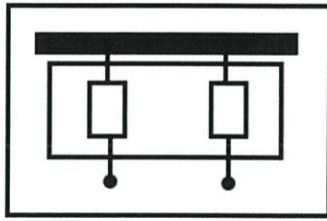


รูปที่ 2.13 สัญลักษณ์ฟอร์ม 1 [4]

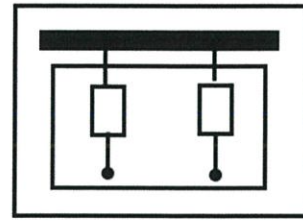
- ฟอร์ม 2A (Form 2A) : มีพาดิชั้นกันแยกระหว่างช่องบัสบาร์ออกจากตัวอุปกรณ์ แต่สำหรับขั้วต่อสายตัวนำภายนอกจะอยู่ภายในช่องเดียวกับบัสบาร์ ฟอร์มนี้เหมาะกับงานควบคุมโหลดเฉพาะจุด และเริ่มนำมาประยุกต์ใช้เป็นแผงบริภัณฑ์ไฟฟ้าย่อย ซึ่งเหมาะกับงานอาคารที่ไม่มีโหลดมากนัก ยอมรับได้ตอนดับไฟทั้งตู้ เมื่อโหลดใดโหลดหนึ่งมีปัญหา กรณีเกิดสภาวะความผิดปกติของไฟฟ้าขึ้นอาจจะได้รับความเสียหายบางส่วน เช่น บัสบาร์กับขั้วต่อสาย และอุปกรณ์ย่อย ใช้เวลาในการซ่อมแซมหรือเปลี่ยนใหม่ทั้งหมด

- ฟอร์ม 2B (Form 2B) : มีพาดิชั้นกันแยกระหว่างช่องบัสบาร์ออกจากตัวอุปกรณ์ และสำหรับขั้วต่อสายตัวนำภายนอกแต่อุปกรณ์และขั้วต่อสายจะอยู่ภายในช่องเดียวกันโดยไม่มีกั้น ฟอร์มนี้เหมาะกับงานควบคุมโหลดเฉพาะจุด และเริ่มนำมาประยุกต์ใช้เป็นแผงบริภัณฑ์ไฟฟ้าหลัก เหมาะกับงานอาคารที่มีโหลดมากนัก ยอมรับได้ตอนไฟดับทั้งตู้ เมื่อโหลดใดโหลดหนึ่งมีปัญหา กรณีเกิดสภาวะความผิด

พ่วงทางไฟฟ้าขึ้นอาจจะได้รับความเสียหายบางส่วน เช่น บัสบาร์กับขั้วต่อสาย อุปกรณ์ย่อยในช่องเดียวกัน ใช้เวลาในการซ่อมแซมนานหรือเปลี่ยนใหม่ทั้งหมด แต่มีความปลอดภัยสูงขึ้นกว่าฟอร์ม 2A



Form 2A



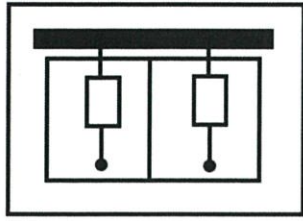
Form 2B



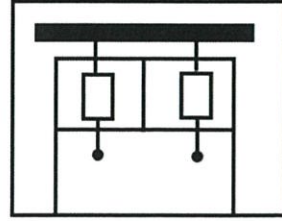
รูปที่ 2.14 สัญลักษณ์ฟอร์ม 2A และ 2B [4]

- ฟอร์ม 3A (Form 3A) : มีพาดขึ้นกั้นแยกระหว่างช่องบัสบาร์ออกจากตัวอุปกรณ์, กั้นแยกอุปกรณ์ แต่ละอุปกรณ์ออกจากกัน และ กั้นแยกขึ้นต่อสายตัวนำภายนอก (Terminal for External Conductor) ออกจากอุปกรณ์แต่จะอยู่ภายในช่องเดียวกับบัสบาร์ ฟอร์มนี้เหมาะกับงานควบคุมโหลดแบบต่อเนื่อง เหมาะกับงานอาคาร โรงงานที่มีโหลดมาก ไม่ต้องดับไฟทั้งตู้ เมื่อโหลดใดโหลดหนึ่งมีปัญหา กรณีเกิดสภาวะความผิดปกติพ่วงทางไฟฟ้าขึ้นอาจจะได้รับความเสียหายบางส่วนเท่านั้น ใช้เวลาในการซ่อมแซมหรืออาจจะไม่ต้องเปลี่ยน เพียงตรวจสอบแก้ไขก็สามารถจ่ายไฟได้ตามปกติ

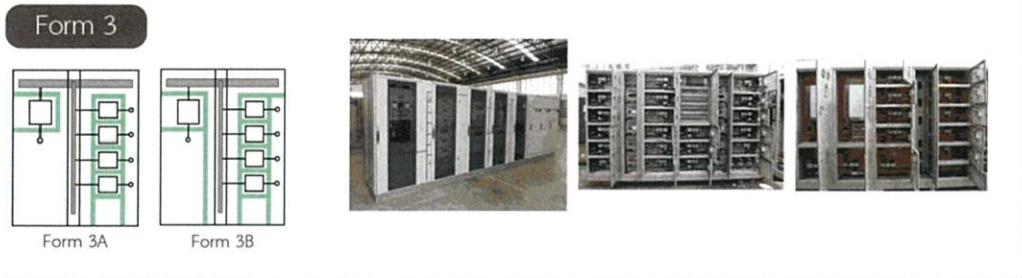
- ฟอร์ม 3B (Form 3B) : มีพาดขึ้นกั้นแยกระหว่างช่องบัสบาร์ออกจากตัวอุปกรณ์, กั้นแยกอุปกรณ์ แต่ละอุปกรณ์ออกจากกัน และ กั้นแยกขึ้นต่อสายตัวนำภายนอกออกจากอุปกรณ์ แต่ขั้วต่อสายดังกล่าวจะอยู่ภายในช่องเดียวกัน ฟอร์มนี้เหมาะกับงานควบคุมโหลดแบบต่อเนื่อง เช่น อาคาร โรงงาน โรงไฟฟ้า อุตสาหกรรมยานยนต์ ปีโตรเคมี และอื่น ๆ ไม่ต้องดับไฟทั้งตู้ เมื่อโหลดใดโหลดหนึ่งมีปัญหา กรณีเกิดสภาวะความผิดปกติพ่วงทางไฟฟ้าขึ้นอาจจะได้รับความเสียหายบางส่วนเท่านั้น ใช้เวลาในการซ่อมแซมน้อยหรืออาจจะไม่ต้องเปลี่ยน เพียงตรวจสอบแก้ไขก็สามารถจ่ายไฟได้ตามปกติ



Form 3A

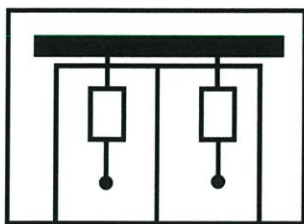


Form 3B

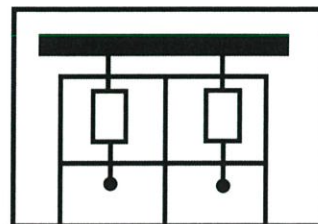


รูปที่ 2.15 สัญลักษณ์ฟอร์ม 3A และ 3B [4]

- ฟอร์ม 4A (Form 4A) : มีพาดขึ้นกั้นแยกระหว่างช่องบัสบาร์ออกจากตัวอุปกรณ์, กั้นแยกอุปกรณ์ แต่ละอุปกรณ์ออกจากกัน และ กั้นแยกขึ้นต่อสายตัวนำภายนอกออกจากอุปกรณ์ แต่ขั้วต่อสายดังกล่าวจะอยู่ในช่องเดียวกันกับอุปกรณ์ มีการกั้นแยกส่วนสำหรับตัวนำภายนอก แต่ละชุดออกจากกัน
- ฟอร์ม 4B (Form 4B) : มีพาดขึ้นกั้นแยกระหว่างช่องบัสบาร์ออกจากตัวอุปกรณ์, กั้นแยกอุปกรณ์ แต่ละอุปกรณ์ออกจากกัน และ กั้นแยกขึ้นต่อสายตัวนำภายนอกออกจากอุปกรณ์และแยกพีดีเตอร์ออกจากกันอย่างชัดเจน



Form 4A



Form 4B



รูปที่ 2.16 สัญลักษณ์ฟอร์ม 4A และ 4B [4]

ตารางที่ 2.1 สรุปรายละเอียดฟอร์มตู้และลักษณะการกัน

พาดิชั้น ฟอร์ม	อุปกรณ์ และ อุปกรณ์	อุปกรณ์ และ บัสบาร์	อุปกรณ์ และ ขั้วต่อ	ขั้วต่อ และ ขั้วต่อ	ขั้วต่อ และ บัสบาร์
Form 1	-	-	-	-	-
Form 2A	-	✓	-	-	-
Form 2B	-	✓	-	-	✓
Form 3A	✓	✓	✓	-	-
Form 3B	✓	✓	✓	-	✓
Form 4A	✓	✓	-	✓	✓
Form 4B	✓	✓	✓	✓	✓

2.3.2.7 แนวการติดตั้งบัสบาร์และขนาดของบัสบาร์

ในการติดตั้งบัสบาร์ภายในตู้แผงบริษัท ๆ จะมีแนวการติดตั้งบัสบาร์ส่วนใหญ่ มี 2 แนว คือ แนวนอน (Horizontal Busbar) และแนวตั้ง (Vertical Busbar) ซึ่งเป็นแนวบัสบาร์ขาเข้าของอุปกรณ์ไฟฟ้าหรือไปหาฟีดเดอร์ต่าง ๆ ส่วนขนาดของบัสบาร์ที่ใช้นั้นจะมีค่าขึ้นอยู่กับค่ากระแสไหลดที่ไปหาฟีดเดอร์ที่บัสบาร์ได้จ่ายกระแสไป สามารถหาขนาดของบัสบาร์ได้จากตารางกระแสและขนาดบัสบาร์ตามมาตรฐานต่าง ๆ

2.3.2.8 ทิศทางการวางอุปกรณ์

ทิศทางการวางอุปกรณ์ไฟฟ้าหรือบริษัทไฟฟ้าต่าง ๆ เช่น เซอร์กิตเบรกเกอร์ ดิจิตอลมิเตอร์ อุปกรณ์ป้องกันเสิร์จ บัสบาร์ และ สายไฟฟ้า เป็นต้น ขึ้นอยู่กับการออกแบบของผู้ออกแบบและข้อกำหนดของเจ้าของผู้ผลิตผลิตภัณฑ์ที่สามารถวางติดตั้งอุปกรณ์แนวนอน และ แนวตั้งได้หรือไม่ และการออกแบบควรให้เมนเบรกเกอร์ใกล้กับฟีดเดอร์ที่ใหญ่ที่สุดก่อน

2.3.2.9 ทิศทางการเข้าสายของอุปกรณ์

ทิศทางการเข้าสายของอุปกรณ์ขึ้นอยู่กับแบบระบบไฟฟ้าหรือการออกแบบห้องไฟฟ้าซึ่งจะเป็นตัวกำหนดทิศทางการเข้าและออกของสายไฟฟ้าหรือบัสบาร์ ว่าเข้าจากทางใด ด้านบนของแผงบริษัทไฟฟ้าโดยรางเคเบิล ด้านล่างของแผงบริษัทไฟฟ้าโดยสายไฟฟ้าร้อยท่อฝังดินหรือคอนกรีต เป็นต้น นอกจากนี้แบบระบบไฟฟ้าแล้วทิศทางการวางอุปกรณ์ไฟฟ้าก็เป็นตัวกำหนดทิศทางการเข้าสายหรือแนวของบัสบาร์

2.3.2.10 ลักษณะตู้

ลักษณะตู้ คือ ขนาดตู้ของสำหรับการติดตั้งอุปกรณ์ สามารถออกแบบขนาดตู้ได้จาก ชนิด และขนาดของอุปกรณ์ไฟฟ้า ซึ่งส่วนใหญ่ลักษณะของตู้จะขึ้นอยู่กับขนาดของเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่สามารถ ออกแบบให้ตู้มีขนาดความกว้างและยาวเท่าใด และเป็นตัวกำหนดการเข้าสายของอุปกรณ์ รวมทั้งกำหนดช่อง หรือโมดูล (Modules) สำหรับการวางอุปกรณ์นั้น ๆ อีกด้วย

2.3.2.11 ขนาดของห้องไฟฟ้า

ขนาดของห้องไฟฟ้า นอกจากจะระบุถึงขนาดของห้องไฟฟ้าแล้วยังมีรายละเอียดเกี่ยวกับ ตำแหน่งที่ติดตั้งและลักษณะการวางแผงบริภัณฑ์ไฟฟ้าซึ่งจะเป็นตัวกำหนดขนาดของแผงบริภัณฑ์ ๆ ที่ สามารถออกแบบได้ เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานของผู้ใช้งาน และต้องคำนึงถึงความสำคัญในเรื่องความปลอดภัยโดยถูกต้องตามมาตรฐานของ วสท.

2.4 การทวนสอบ (Verification) [11]

2.4.1 การทวนสอบโดยการออกแบบ เป็นการทวนสอบที่ทำในกลุ่มตัวอย่างการประกอบหรือส่วน ของ การประกอบที่แสดงให้เห็นว่าการออกแบบที่ได้ตรงตามความต้องการของมาตรฐานการประกอบ ที่ เกี่ยวข้อง หมายเหตุ การทวนสอบโดยการออกแบบ อาจประกอบด้วยหนึ่งหรือมากกว่าหนึ่งวิธีร่วมกัน อัน ได้แก่ การทดสอบ การคำนวณ การวัดทางกายภาพ หรือ การใช้กฎการออกแบบ

2.4.2 การทวนสอบโดยการทดสอบ ทำในกลุ่มตัวอย่างประกอบหรือในส่วนของประกอบที่จะ รับรองว่าการออกแบบตรงตามความต้องการของมาตรฐานการประกอบที่เกี่ยวข้อง หมายเหตุ การทวนสอบ เทียบเท่ากับการทดสอบเฉพาะแบบ

2.4.3 การประเมินการทวนสอบ การทวนสอบโดยการออกแบบของกฎการออกแบบที่เข้มงวด หรือ การคำนวณที่ใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่ประกอบหรือไปยังส่วนของการประกอบที่จะแสดงให้เห็นว่าการออกแบบที่ ตรงตามความต้องการของมาตรฐานการประกอบที่เกี่ยวข้อง

2.4.4 การทวนสอบโดยกฎการออกแบบ กฎที่กำหนดสำหรับการออกแบบของการประกอบซึ่ง อาจจะนำไปใช้เป็นทางเลือกในการทวนสอบโดยการทดสอบ

2.4.5 การทดสอบแบบประจำ (Routine test) การทวนสอบของแต่ละการประกอบ การ ดำเนินการในระหว่างการผลิตหรือหลังจากการผลิต เพื่อยืนยันว่าได้สอดคล้องกับความต้องการของมาตรฐาน

การประกอบที่เกี่ยวข้องกับผู้ผลิตจะประกอบด้วยผู้รับจ้างผลิตสินค้า (Original Equipment Manufacturer) และผู้ออกแบบและผลิตสินค้า (Assemble manufacturer) ซึ่งเป็นผู้ประกอบและรับผิดชอบในการประกอบ ให้เสร็จสมบูรณ์ โดยผู้ผลิตและผู้ประกอบอาจจะเป็นคนละองค์กรกับผู้รับจ้างผลิตสินค้าการผลิตหรือการประกอบ ผู้ประกอบสามารถดำเนินการนอกเหนือจากผู้ผลิตเดิมได้

2.5 การติดตั้งแผงบริภัณฑ์ ฯ [11]

2.5.1 แผงบริภัณฑ์ ฯ ที่ใช้งาน ต้องตรงตามทีออกแบบไว้และตามการใช้งานจริง โดยมีไดอะแกรมทางไฟฟ้า แนบที่แผงบริภัณฑ์ ฯ เพื่อระบุถึงรายละเอียดความสัมพันธ์ของแต่ละวงจร หรือการระบุวงจรที่ตัวอุปกรณ์ป้องกัน เพื่อความสะดวกในการใช้งานและการบำรุงรักษา

2.5.2 แผงบริภัณฑ์ ฯ ต้องมีการวางในท้องไฟฟ้าที่มีระยะห่างระหว่างแผงบริภัณฑ์และอุปกรณ์ไฟฟ้าอื่น ๆ ที่ถูกต้องตามมาตรฐานติดตั้งทางไฟฟ้า สำหรับประเทศไทยของ วสท.

2.5.3 ตำแหน่งที่วางแผงบริภัณฑ์ ฯ ที่สมควรคำนึงถึงสภาพแวดล้อมโดยรวมที่ห่างไกลจากน้ำ ความชื้น พื้นที่เปียก หรือ หากเป็นพื้นที่เสี่ยงก็ควรมีการป้องกันแผงบริภัณฑ์ ฯ ด้วยวิธีต่าง ๆ เช่น การใช้ฝักัด การป้องกันของแข็งและของเหลวที่สูงขึ้น เป็นต้น ทั้งนี้ผู้ออกแบบหรือผู้ที่กำหนดพื้นที่วางแผงบริภัณฑ์ ฯ จำเป็นที่จะต้องทำการสำรวจพื้นที่ก่อน เพื่อระบุพิภักัดการป้องกันของแข็งและของเหลวที่สัมพันธ์กับการใช้งานแผงสวิตซ์ ฯ รวมถึงการติดตั้งแผงบริภัณฑ์ ฯ ในพื้นที่ภายนอกอาคารด้วย ที่ต้องคำนึงถึงสภาพแวดล้อมโดยรวม และลักษณะการติดตั้ง ฯ

2.5.4 การติดตั้งแผงบริภัณฑ์ ฯ ต้องคำนึงถึงเวลาในการเข้าถึงอุปกรณ์ ฯ ภายในแผงบริภัณฑ์ ฯ ในภายหลัง เพราะส่วนใหญ่การติดตั้งที่ไม่ดีนั้นจะมีสายไฟฟ้าเข้า-ออก เต็มพื้นที่ทั้งหมด ทำให้ไม่สามารถเข้าถึงเพื่อการเพิ่มเติม เปลี่ยนแปลง หรือการซ่อมบำรุงต่าง ๆ ได้ ดังนั้นหากพื้นที่ท้องในการวางแผงบริภัณฑ์ ฯ ที่จำกัด ทำให้ต้องมีการลดพื้นที่ของแผงบริภัณฑ์ ฯ จะทำให้ขาดพื้นที่ในการเข้า-ออกสายไฟฟ้า และ ควรมีการจับยึดสายไฟฟ้าที่เข้า-ออก ที่ตำแหน่งพื้นที่วางที่ได้เตรียมไว้อย่างแข็งแรงและต่อเนื่อง ไม่ทำให้โครงสร้างของแผงบริภัณฑ์ ฯ เสียหายหรือง่ายต่อการใช้งานและการซ่อมบำรุงในภายหลัง

บทที่ 3

การออกแบบและวางแผนการจัดซื้อแผงบริภัณฑ์ ฯ

3.1 การออกแบบแผงบริภัณฑ์ ฯ

3.1.1 วิเคราะห์การคำนวณการออกแบบระบบไฟฟ้าของตัวอย่างอาคารสูง

การออกแบบระบบไฟฟ้าของอาคารสูง จะต้องทำตามพระราชบัญญัติและกฎข้อบังคับของการก่อสร้าง รวมถึงมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้า จึงต้องทำการตรวจสอบการออกแบบระบบไฟฟ้าให้ได้ตามมาตรฐานกำหนด

อาคารสูงที่ใช้ในการวิเคราะห์การออกแบบระบบไฟฟ้า เป็นโครงการพัฒนาที่ดินบนพื้นที่ขนาดใหญ่ถึง 56 ไร่ ซึ่งเจ้าของโครงการต้องการอาคารสูงสำหรับที่อยู่อาศัย สูงขนาด 19 ชั้นและชั้นใต้ดิน 3 ชั้น มีความสูงจากพื้นดิน 80.70 เมตร โดยชั้นที่ 3 – 11 เป็นโรงแรม จำนวน 140 ห้อง, ชั้นที่ 12 – 20 เป็นอะพาร์ตเมนต์ จำนวน 134 ห้อง และ ชั้น B1 – B3 เป็นอาคารจอดรถ ลักษณะของตัวอย่างอาคารสูงนี้เป็นดังรูปที่ 3.1



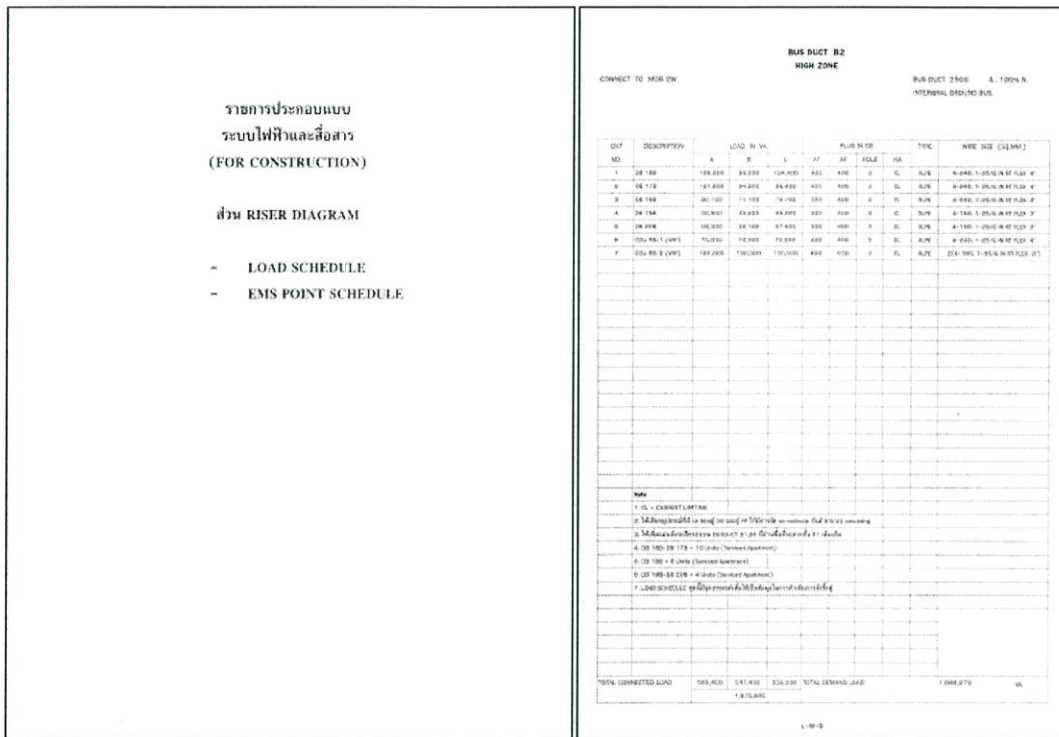
รูปที่ 3.1 ลักษณะการออกแบบของโครงการอาคารสูงสำหรับที่อยู่อาศัย

โดยระบบไฟฟ้าของอาคารสูงนี้จะถูกออกแบบมารองรับทั้งโหลดของห้องชุดที่เป็นทั้งโรงแรมและอะพาร์ตเมนต์ ดังนั้นทางผู้จัดทำจึงต้องทำการตรวจสอบการออกแบบระบบไฟฟ้าก่อนการออกแบบแผงบริภัณฑ์ ฯ เพื่อให้ได้ระบบแผงบริภัณฑ์ ฯ ที่ได้มาตรฐานและปลอดภัย

ขั้นการวิเคราะห์การคำนวณการออกแบบระบบไฟฟ้าของตัวอย่างอาคารสูงแห่งนี้ คือ

3.1.1.1 ตรวจสอบตารางโหลด (Lode Schedule) และการออกแบบขนาดสายไฟและเซอร์กิตเบรกเกอร์

ตารางโหลดที่ได้รับจากผู้ออกแบบ จะระบุปริมาณโหลดตามแผงบริกซ์ย่อยในแต่ละชั้น จนถึงแผงบริกซ์ไฟฟ้า ฯ พร้อมทั้งระบุขนาดของสายไฟ, เซอร์กิตเบรกเกอร์, บัสบาร์ และ บัสดัก ดังแสดงในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 ตารางโหลดของตัวอย่างอาคารสูงจากผู้ออกแบบ

ตัวอย่างการคำนวณหาขนาดสายไฟและเซอร์กิตเบรกเกอร์ของวงจรสายป้อน

พิจารณา ตู้โหลดย่อย (Panel Board) : DB 3B (HOTEL 8 UNIT) หมายถึง แผงจ่ายไฟฟ้าย่อย (Distribution Board) ที่ติดตั้งอยู่ที่ชั้น 3 ฝั่ง B (อาคารสูงหลังนี้แบ่งออกเป็นสองฝั่งจากกึ่งกลางของตึก คือ ฝั่ง A ทิศเหนือ และ ฝั่ง B ทิศใต้) ครอบคลุม โหลดของห้องพักจำนวน 8 ห้อง ประเภท DELUXE 3 ห้อง, PREMIER 3 ห้อง และ FAMILY 2 ห้อง และเป็นระบบ 3 เฟส 4 สาย (3 PHASE, 4 WIRES, 230/400 VOLT)

ซึ่ง Total Connected load ของแต่ละประเภทในวงจรย่อยมีดังนี้

- DELUXE 5,500 VA. / 1 room. per phase
- PREMIER 5,800 VA. / 1 room. per phase
- FAMILY 11,700 VA. / 1 room. 3 Phase

ดังนั้น โหลดของตู้ DB 3B รวมทั้งหมด

$$S = (5,500 \text{ VA} \times 3) + (5,800 \text{ VA} \times 3) + (11,700 \text{ VA} \times 2) = 57,300 \text{ VA.}$$

และเพิ่ม SPARE = 1,000 VA. Per phase

จะได้ปริมาณโหลดรวม (Total connected load) คือ

$$S = 57,300 \text{ VA} + 3,000 \text{ VA} = 60,300 \text{ VA.}$$

และ ค่าดีมานต์แฟคเตอร์ของตู้คือ 0.65

จะได้ค่าปริมาณโหลดที่คิดค่าดีมานต์แฟคเตอร์ (Total Demand load) คือ

$$S = 60,300 \text{ VA} \times 0.65 = 39,195 \text{ VA.}$$

ดังนั้น กระแสโหลดที่ได้

- กรณีไม่คิด Demand factor = $I_1 = 60,300 / (\sqrt{3} \times 400) = 87.04 \text{ A.}$
- กรณีคิด Demand factor = $I_2 = 39,195 / (\sqrt{3} \times 400) = 56.57 \text{ A.}$

การเลือกพิกัดกระแสเซอร์กิตเบรกเกอร์

ตามมาตรฐานของ วสท. ขนาดของเซอร์กิตเบรกเกอร์ต้องสามารถป้องกันสายไฟได้ คือ เซอร์กิตเบรกเกอร์ต้องทำงานก่อนที่สายไฟไหม้ เมื่อเกิดไฟฟ้าลัดวงจร

- กรณีไม่คิด Demand factor = $I_1 = 87.04 \text{ A.} \times 125\% = 108.79 \text{ A.}$
- กรณีคิด Demand factor = $I_2 = 56.57 \text{ A.} \times 125\% = 70.72 \text{ A.}$

จากขนาดกระแสโหลด ต้องเลือกขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์ 200 Ampere Trip และ 250 Ampere Frame (ตามความต้องการของเจ้าของโครงการ สำหรับโหลดเผื่อในอนาคต)

การเลือกขนาดของสายไฟฟ้า

ก่อนการเลือกขนาดสายไฟฟ้าต้องพิจารณาว่าการติดตั้งสายไฟฟ้านั้น จัดอยู่ในกลุ่มใดและเป็นสายไฟฟ้าชนิดใด

- การติดตั้งแบบกลุ่มที่ 1 เดินสายแบบ เดินในช่องสายโลหะภายในฝ้าเพดานที่เป็นฉนวนความร้อนหรือกันไฟ
- สายไฟที่ใช้เป็นชนิด XLPE แบบตัวนำเดี่ยว

ดังนั้น สามารถเลือกขนาดของสายไฟโดยนำเอาขนาดพิกัดของเซอร์กิตเบรกเกอร์ 200 AT มาหาขนาดพิกัดกระแสของสายไฟ เพื่อให้เซอร์กิตเบรกเกอร์ทำงานก่อนที่สายไฟจะไหม้

การติดตั้งสายไฟ

ตัวอย่างนี้ ใช้การเดินสายไฟแบบ กลุ่มที่ 1 และมีจำนวนสายไฟทั้งสิ้น 5 เส้น ประกอบด้วยสาย XLPE ขนาด 95 ตารางมิลลิเมตร จำนวน 4 เส้น และ ขนาด 16 ตารางมิลลิเมตร จำนวน 1 เส้น โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของสายดังนี้

- ขนาด 95 ตร.มม. มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 18 มม.

จะได้พื้นที่หน้าตัดรวมคือ $((18/2)^2 \times \pi) \times 4 = 1,017.876$ ตร.มม.

- ขนาด 16 ตร.มม. มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8.4 มม.

จะได้พื้นที่หน้าตัดรวมคือ $((8.4/2)^2 \times \pi) \times 1 = 55.418$ ตร.มม.

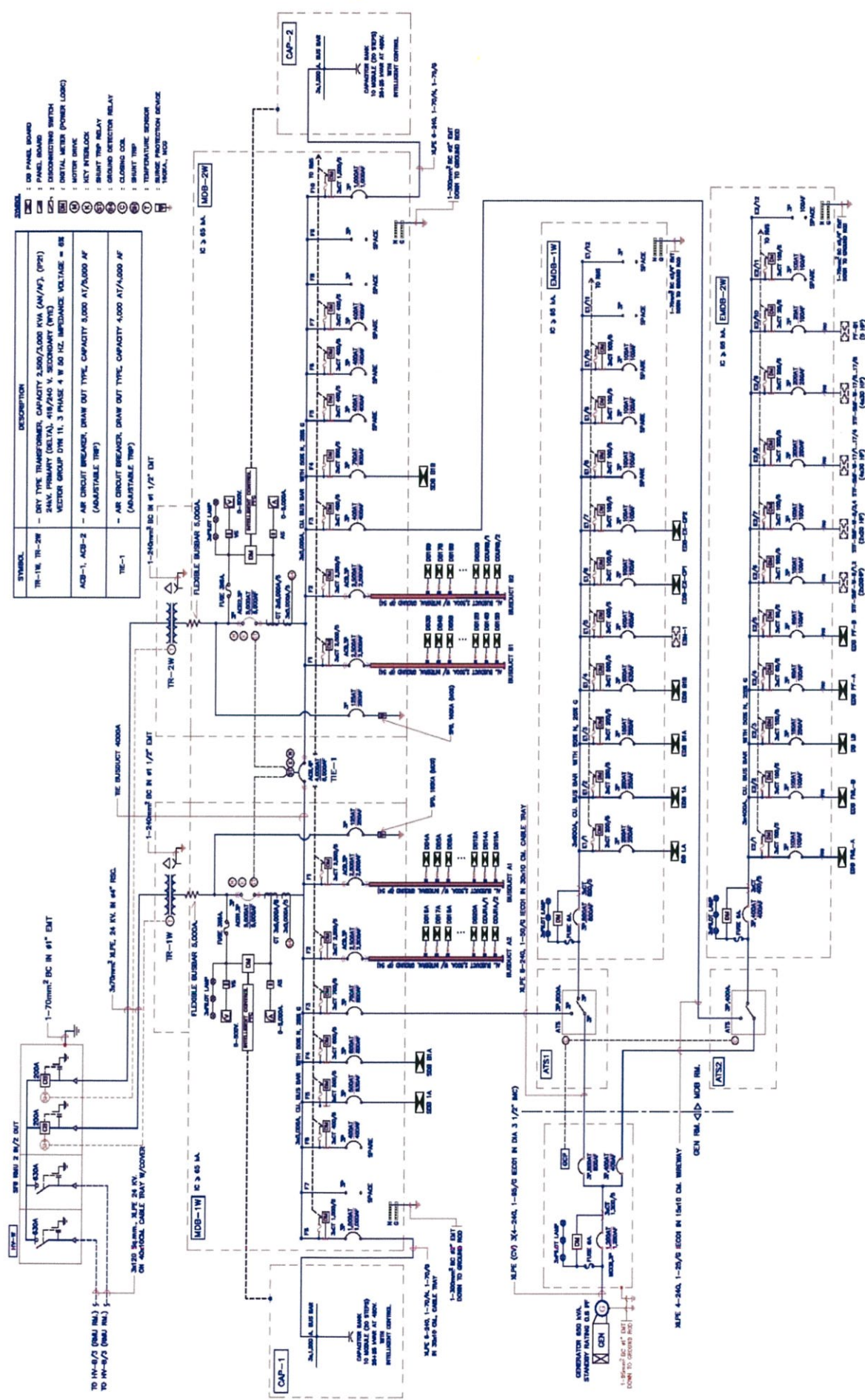
พื้นที่หน้าตัดรวมทั้งหมด = $1,017.876 + 55.418 = 1,073.294$ ตร.มม. และมีจำนวนสายไฟ 5 เส้น ซึ่งสายไฟฟ้าที่เดินในโลหะมีพื้นที่หน้าตัดรวมไม่เกิน 40% ของพื้นที่หน้าตัดขวางภายในท่อ ท่อร้อยสายต้องมีขนาดพื้นที่หน้าตัดไม่น้อยกว่า $= 1,073.294 / 0.4 = 2,683.23$ ตร.มม. จึงใช้ท่อชนิด FLEX ขนาด 2 1/2" มีขนาดพื้นที่หน้าตัด 3,167.09 ตร.มม.

เนื่องจากมีโหลดปริมาณมากและหลากหลายแบบตามประเภทของห้อง การตรวจสอบตารางโหลดจึงใช้เวลานาน ดังนั้นจึงออกแบบการคำนวณโดยการสร้างตารางข้อมูลตารางโหลดใหม่และออกแบบโปรแกรมการคำนวณการหาขนาดของสายไฟและเซอร์กิตเบรกเกอร์ด้วยโปรแกรมเอ็กซ์เซล ข้อมูลที่ถูกใช้ในโปรแกรมเพื่อนำมาเป็ค่ามาตรฐานคือ มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2556 และจากการคำนวณข้างต้น ค่าที่ได้จะตรงกับกรคำนวณในโปรแกรมเอ็กซ์เซล ตัวอย่างโปรแกรมการคำนวณการหาขนาดของสายไฟและเซอร์กิตเบรกเกอร์และตารางโหลด ดังแสดงในรูปที่ 3.5

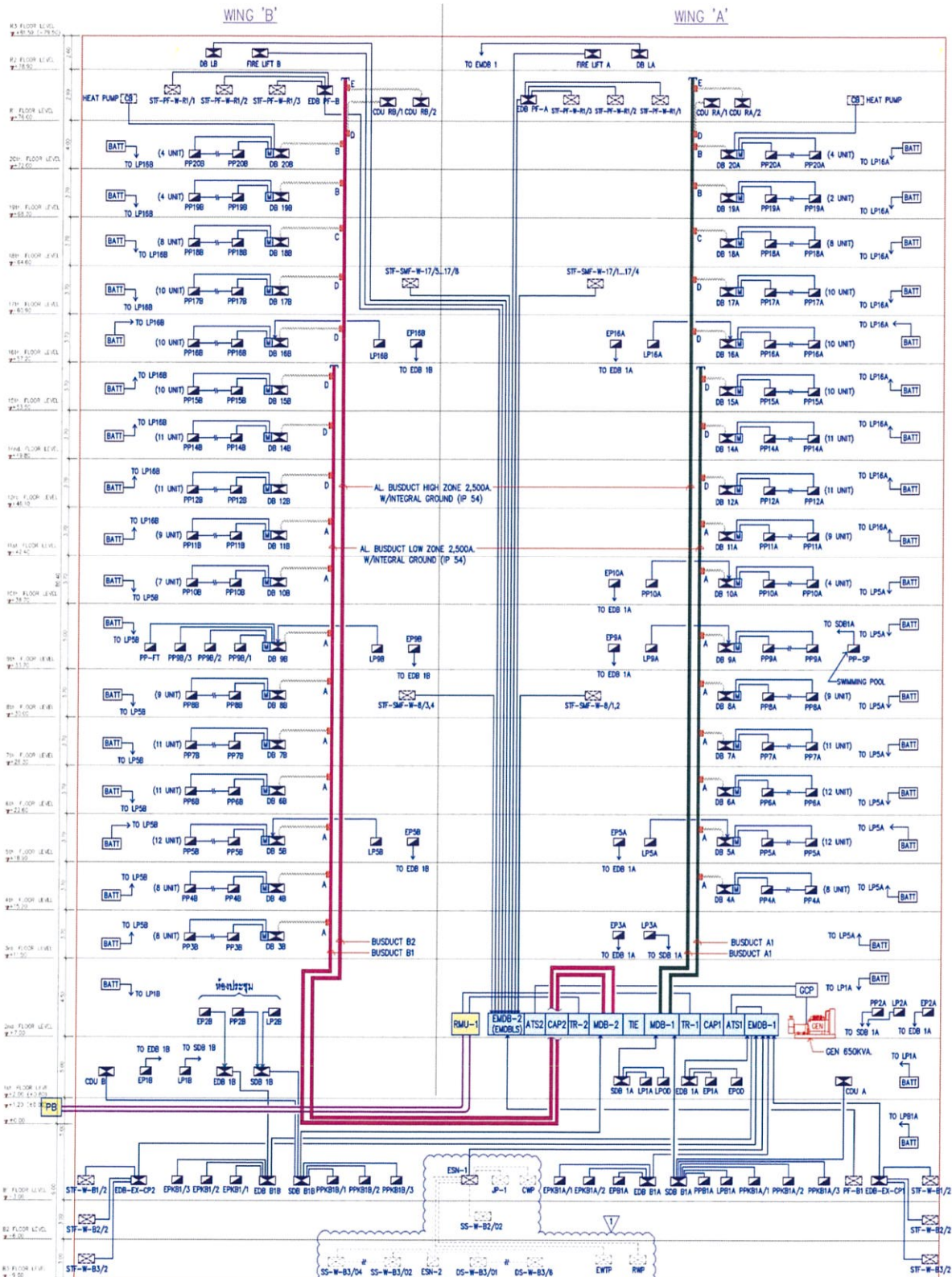
3.1.1.2 ตรวจสอบการออกแบบไดอะแกรมทางไฟฟ้า

ไดอะแกรมทางไฟฟ้า ต้องแสดงถึงขนาดของเซอร์กิตเบรกเกอร์และขนาดของสายป้อน ให้ครบตามจำนวนที่แสดงในตารางโหลดและแสดงถึงเส้นทางการเชื่อมโยงทางไฟฟ้าของวงจรต่าง ๆ พร้อมทั้งมีคำอธิบายเกี่ยวกับสัญลักษณ์ที่ใช้

แผนภาพไรเซอร์ไดอะแกรม (Riser diagram) ต้องแสดงถึงตำแหน่งที่ตั้งของแผงบริภัณฑ์ ๆ ที่ตั้งอยู่ในแต่ละชั้นของอาคารรวมถึงการเดินสายไฟตั้งแต่แผงบริภัณฑ์ไฟฟ้าแรงสูงไปหาแผงบริภัณฑ์ไฟฟ้าแรงต่ำและสามารถบอกตำแหน่งของห้องไฟฟ้าประจำอาคารได้



รูปที่ 3.3 โต๊ะแกรมทางไฟฟ้าของตัวอย่างอาคารสูง



- NOTE:
1. A = PLUG-IN BUSDUCT 200AT/250AF
 2. B = PLUG-IN BUSDUCT 300AT/400AF
 3. C = PLUG-IN BUSDUCT 350AT/400AF
 4. D = PLUG-IN BUSDUCT 400AT/400AF
 5. E = PLUG-IN BUSDUCT 600AT/830AF
 6. BUSDUCT LOW ZONE จากห้อง MOB มาถึงชั้น 2 ให้อำนาจ FEEDER BUSDUCT ชั้น 3-15 ให้อำนาจ PLUG-IN BUSDUCT
 7. BUSDUCT HIGH ZONE จากห้อง MOB มาถึงชั้น 15 ให้อำนาจ FEEDER BUSDUCT ชั้น 16-R1 ให้อำนาจ PLUG-IN BUSDUCT
 8. จำนวนตู้ตู้หลัก
 - 10.1 HOTEL = 140 UNITS
 - 10.2 SAP = 134 UNITS
 9. ตู้ DB และตารางโหนดในส่วน PUBLIC AREA จัดตั้งเป็นแบบยกตั้ง

NOTE
 ▼ - งานไฟฟ้าสำหรับ SANITARY SYSTEM จะผ่านตู้ ESN-1 เท่านั้น ส่วนอื่นๆ อยู่ในขอบเขตของงาน SANITARY SYSTEM

POWER RISER DIAGRAM

รูปที่ 3.4 แผนภาพไรเซอร์ไฟโตะแกรมของตัวอย่างอาคารสูง

การออกแบบระบบไฟฟ้าสำหรับอาคารสูง

1

TOTAL CONNECTED LOAD (VA)	287,500.00
DEMAND FACTOR	0.70
TOTAL DEMAND LOAD (VA)	201,250.00

2

#230/400 volt	#TOTAL	#Demand	#TOTAL	#Demand
	3 PHASE	3 PHASE	1 PHASE	1 PHASE
CURRENT LOAD (A)	414.97	290.48	1,250.00	875.00
CURRENT LOAD X 125% (A)	518.71	363.10	1,562.50	1,093.75

3

AT	20
MAIN CIRCUIT BREAKER SWITCH	400

4

GROUND WIRE	
SIZE	25
QUALITY	1

6

5

Installation	Group	Type of wire	PHASE/TYPE	CORE	SIZE
5	Group 1 (ร้อยท่อฝังฝ้า)	IEC 01	3 P 4 W	Single core	300
	Group 2 (ร้อยท่อเกาะผนัง)	IEC 01	3 P 4 W	Single core	300
	Group 3 (เกาะผนัง)	IEC 01	3 P 4 W	Multi core	240
	Group 4 (บนฉนวนลูกถ้วยในอากาศ)	IEC 01	Verticle	Single core	150
	Group 5 (ร้อยท่อฝังดิน)	IEC 01	3 P 4 W	Single core	240
	Group 6 (ฝังดินโดยตรง)	IEC 01	3 P 4 W	Single core	185
	Group 7 (รางเคเบิล)	XLPE	1	Single core	240

7

#FROM EIT STANDARD #TYPE-CORE SIZE #Brand of cable follow up vendor list of project	CALCULATE OF WIRE			All cross section area
	CABLE TYPE	OD	QUALITY	
	XPLE-1 240	26.00	4	2,123.72
	IEC01 25	10.50	1	86.59
	IEC01 1.5	3.80	0	0.00
	XPLE-1 1.5	6.30	0	0.00
	Total		5	2,210.31

8

CONDUIT		Area of Conduit from wire
TYPE	SIZE	
IMC	3 1/2"	5,525.77
EMT	3"	Standard 20% for Wireway
RMC	3 1/2"	
FLEX	3"	11,051.53

9

CABLE TRAY	TYPE	รางเคเบิลแบบบันไดหรือรางมีช่องระบายอากาศ	Width (mm)	150	#Maximum cross-sectional area		
	TYPE	รางเคเบิลแบบด้านข้างทึบ	Width (mm)	150	Percent	40	
	BUS DUCT	TYPE	Copper	SIZE (A)	#N/A	Wire Way	SIZE (mm.)

คำอธิบายเกี่ยวกับโปรแกรมการออกแบบระบบไฟฟ้า

- หมายเลข 1 แสดงปริมาณโหลดรวมที่ต้องการคำนวณ ประกอบไปด้วย ปริมาณโหลดรวม ค่าดีมานด์แฟคเตอร์ และ ปริมาณโหลดที่คิดค่าดีมานด์แฟคเตอร์แล้ว กำหนดโดยผู้ใช้โปรแกรม
- หมายเลข 2 ปริมาณกระแสโหลดและกระแสโหลดที่คูณค่าเผื่อกระแสเกินในอนาคต 125% ที่ได้จากการคำนวณปริมาณโหลดรวมและปริมาณโหลดที่คิดค่าดีมานด์แฟคเตอร์ ทั้งแบบ 3 เฟส และ 1 เฟส โดยคิดในกรณีที่เป็นระบบ 230/400 Volts ซึ่งจะถูกรับคำนวณโดยโปรแกรม
- หมายเลข 3 ขนาดของเซอร์กิตเบรกเกอร์ โดยจะกำหนดโดยผู้ใช้โปรแกรม ให้มีค่ามากกว่าค่าปริมาณกระแสโหลดเผื่อในอนาคต และ เลือกใช้ขนาดกระแสให้ตรงตามระบบไฟฟ้าที่ใช้งาน
- หมายเลข 4 ขนาดของสายดินที่ใช้สำหรับบริษัทไฟฟ้าย่อย โดยจะคัดเลือกจากขนาดของเซอร์กิตเบรกเกอร์ โดยอ้างอิงขนาดของสายดินตามมาตรฐาน วสท. ซึ่งจะถูกรับคำนวณโดยโปรแกรม
- หมายเลข 5 ขนาดของสายไฟฟ้าที่ใช้ โดยจะแยกตามประเภทการเดินสายไฟฟ้า ชนิดของสายไฟฟ้า เฟสที่ใช้ และจำนวนตัวนำของสายไฟ จะถูกกำหนดจากผู้ใช้โปรแกรมเองเพื่อคัดเลือกให้เหมาะสมตามระบบไฟฟ้าที่ใช้ และ ขนาดสายไฟจะถูกรับคำนวณโดยโปรแกรม
- หมายเลข 6 รูปภาพแสดงลักษณะการเดินสายไฟฟ้าของ ลักษณะการติดตั้งกลุ่มที่ 7 คือ ติดตั้งบนรางเคเบิล เพื่อใช้ในการอ้างอิงการเลือกชนิดของการเดินสายไฟฟ้าของหมายเลข 5 ซึ่งมีรายละเอียดของแต่ละรูปภาพดังนี้
- 1 คือ รางเคเบิลแบบระบายอากาศหรือรางเคเบิลแบบบันได ไม่มีฝาปิด วางแนวนอนหรือแนวตั้ง จัดเรียงเคเบิลแกนเดียววางชิดกันในแนวนอนหรือแนวตั้ง
 - 2 คือ รางเคเบิลแบบระบายอากาศหรือรางเคเบิลแบบบันได ไม่มีฝาปิด วางแนวนอนหรือแนวตั้ง จัดเรียงเคเบิลแกนเดียววางชิดกันแบบสามเหลี่ยมห่างกันไม่น้อยกว่า 2 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางเคเบิล
 - 3 คือ รางเคเบิลแบบระบายอากาศหรือรางเคเบิลแบบบันได ไม่มีฝาปิด วางแนวนอน จัดเรียงเคเบิลแกนเดียววางห่างกันไม่น้อยกว่าเส้นผ่านศูนย์กลางเคเบิล
 - 4 คือ รางเคเบิลแบบระบายอากาศ ไม่มีฝาปิด วางแนวตั้ง จัดเรียงเคเบิลแกนเดียววางห่างกันไม่น้อยกว่าเส้นผ่านศูนย์กลางเคเบิล
 - 5 คือ รางเคเบิลแบบระบายอากาศหรือรางเคเบิลแบบบันได ไม่มีฝาปิด วางแนวนอนหรือแนวตั้ง จัดเรียงเคเบิลหลายแกนในแนวนอนหรือแนวตั้ง

- 6 คือ รางเคเบิลชนิดด้านล่างทึบ ไม่มีฝาปิด วางแนวนอน จัดเรียงเคเบิลแกนเดียววางชิดกัน หรือวางชิดกันแบบสามเหลี่ยมห่างกันไม่น้อยกว่า 2 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางเคเบิลหรือวางห่างกันไม่น้อยกว่าเส้นผ่านศูนย์กลางเคเบิลในแนวนอน
- 7 คือ รางเคเบิลชนิดด้านล่างทึบ มีฝาปิด วางแนวนอน จัดเรียงเคเบิลแกนเดียววางชิดกัน หรือวางชิดกันแบบสามเหลี่ยมห่างกันไม่น้อยกว่า 2 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางเคเบิลหรือวางห่างกันไม่น้อยกว่าเส้นผ่านศูนย์กลางเคเบิลในแนวนอน
- 8 คือ รางเคเบิลชนิดด้านล่างทึบ ไม่มีฝาปิด วางแนวนอน จัดเรียงเคเบิลหลายแกนในแนวนอน
- 9 คือ รางเคเบิลชนิดด้านล่างทึบ มีฝาปิด วางแนวนอน จัดเรียงเคเบิลหลายแกนในแนวนอน

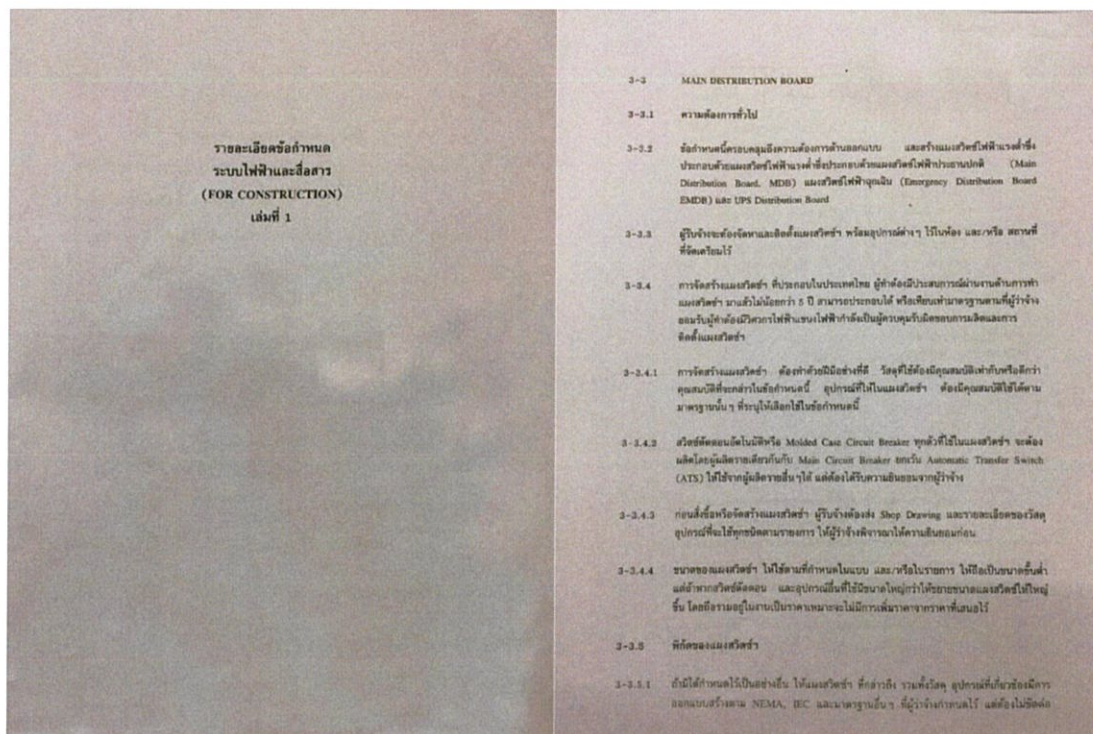
หมายเลข 7 การคำนวณหาขนาดของพื้นที่หน้าตัดรวมของสายไฟฟ้าที่ใช้ โดยจะคำนวณจากชนิดและขนาดของสายไฟฟ้าตามรายละเอียดของผู้ใช้โปรแกรม การใส่รายละเอียดของชนิดสายไฟ สามารถทำได้โดยการพิมพ์ ชนิดของสายไฟตามด้วยขนาดของสายไฟ ซึ่งขนาดของสายไฟจะเท่ากับที่คำนวณได้ในหมายเลข 4 และ 5 โดย THW คือสายชนิด IEC 01 ส่วน LSZH คือสาย XLPE มีความหมายเดียวกัน และ ใส่จำนวนสายไฟตามระบบไฟฟ้าที่ใช้ เช่น ระบบ 3 เฟส 4 สาย ก็คือใช้สายไฟจำนวน 4 เส้น และ เพิ่มสายดิน 1 เส้น

หมายเลข 8 ขนาดของท่อร้อยสายไฟฟ้าที่ใช้แยกตามประเภทของท่อร้อยสายไฟฟ้าแบบต่าง ๆ ซึ่งคำนวณโดยโปรแกรมจากขนาดของพื้นที่หน้าตัดรวมของสายไฟที่คิดเป็นร้อยละเทียบกับพื้นที่หน้าตัดของท่อร้อยสายไฟฟ้า และ แสดงขนาดพื้นที่หน้าตัดรวมของสายและฉนวนสำหรับการหาขนาดของท่อร้อยสายไฟฟ้า และ รางเดินสาย

หมายเลข 9 ขนาดของรางเคเบิล,รางเดินสาย และ บัสดัก โดยที่ขนาดของรางเคเบิลจะคำนวณจากการเลือกชนิดของรางโดยผู้ใช้โปรแกรมก่อน และโปรแกรมจะนำค่าพื้นที่หน้าตัดรวมของสายไฟฟ้ามาคำนวณหาขนาดของรางเคเบิล ส่วนขนาดของบัสดัก ผู้ใช้โปรแกรมต้องเลือกชนิดของบัสดักก่อน และโปรแกรมจะทำการคำนวณจากค่ากระแสไหลต่อเพื่อในอนาคตแล้วทำการเลือกขนาดของบัสดักออกมา อ้างอิงขนาดขนาดของรางเคเบิล,รางเดินสาย และ บัสดัก ตามมาตรฐาน วสท. แสดงร้อยละของพื้นที่หน้าตัดรวมของสายไฟทุกเส้นเทียบกับพื้นที่หน้าตัดของท่อ

3.1.1.3 ตรวจสอบรายละเอียดทางเทคนิค (Specification) ของระบบไฟฟ้า

อ่านรายละเอียดข้อกำหนดของคุณสมบัติของแผงบริกัณฑ์ ฯ โดยที่ตรวจสอบกับมาตรฐานของ ว.ส.ท. ว่าสัมพันธ์กันหรือไม่และเป็นมาตรฐานในการตรวจสอบแผงบริกัณฑ์ ฯ ในขั้นตอนการสั่งซื้อ

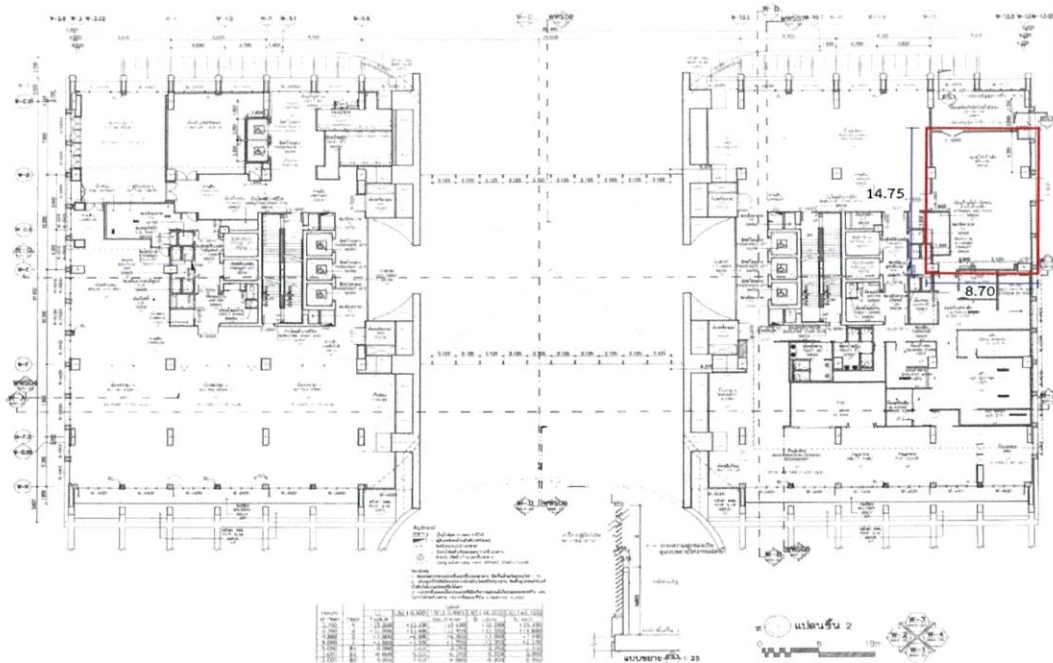


รูปที่ 3.6 รายละเอียดข้อกำหนดระบบไฟฟ้าและสื่อบรรณของตัวอย่างอาคารสูง

3.1.1.4 ตรวจสอบการออกแบบแปลนห้องไฟฟ้า

พื้นที่ภายในห้องไฟฟ้าต้องสามารถวางบริกัณฑ์ไฟฟ้าและมีพื้นที่ว่างในการปฏิบัติงานได้ตามมาตรฐานของ ว.ส.ท. เพื่อเป็นความปลอดภัยและความสะดวกในการเข้าปฏิบัติงานของผู้ควบคุม

โดย พื้นที่ของห้องไฟฟ้าของตัวอย่างอาคารสูง ตั้งอยู่บนชั้น 2 ฝั่ง A ของอาคาร มีขนาดความกว้าง 8.7 เมตร ยาว 14.75 เมตร และสูงจากพื้นคอนกรีต 4.15 เมตร



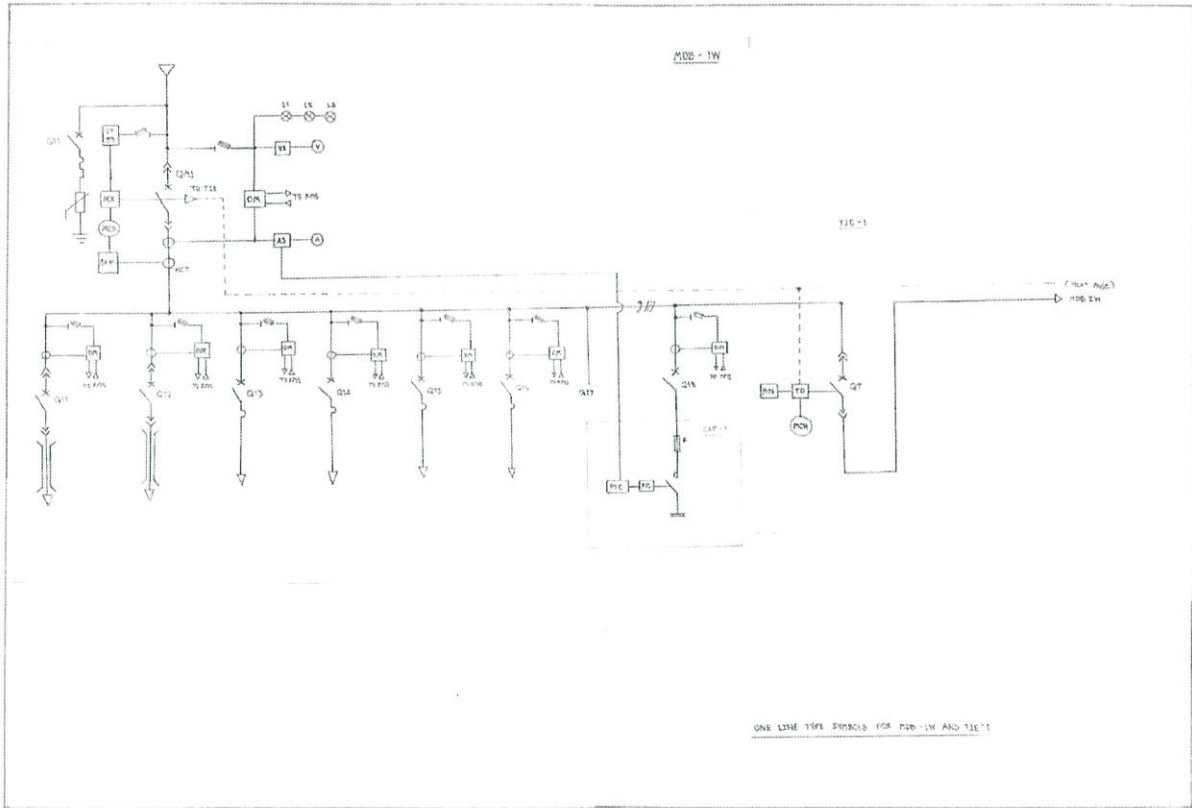
รูปที่ 3.7 แบบแปลนชั้น 2 ของตัวอย่างอาคารสูง

3.1.2 ออกแบบแผงบริภัณฑ์ ฯ

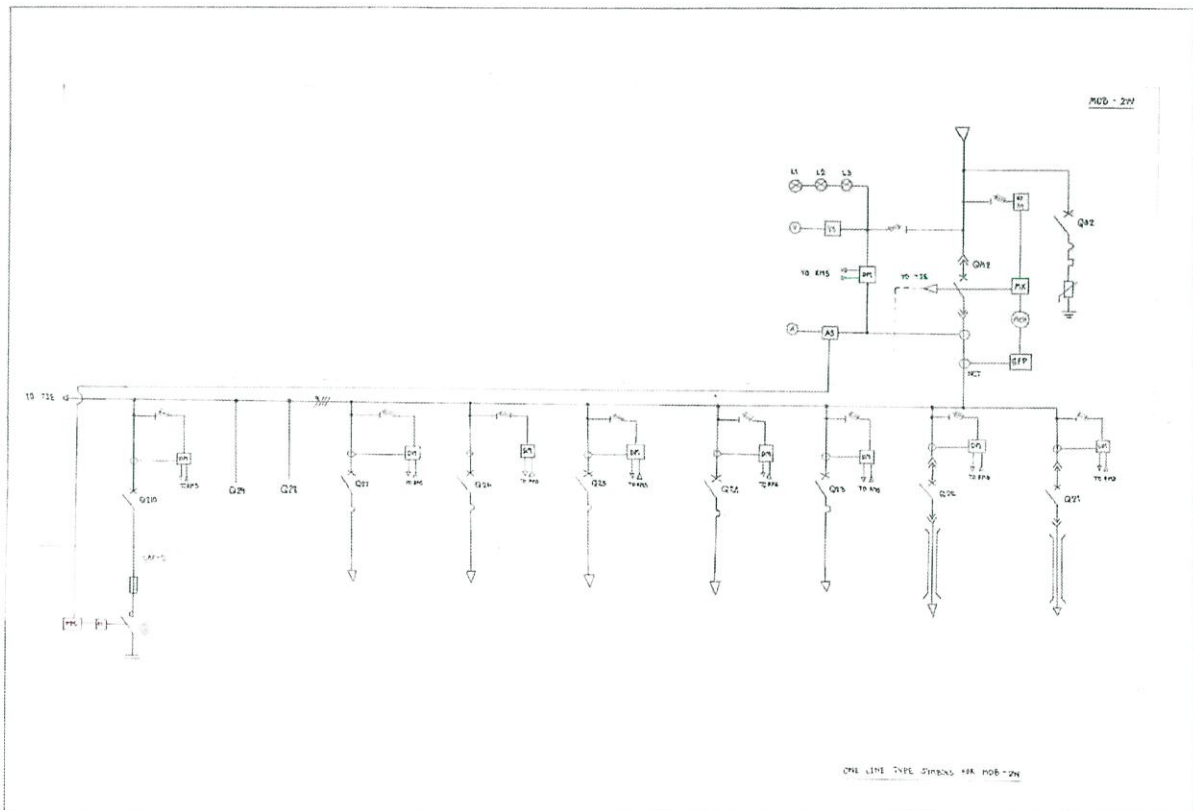
3.1.2.1 ออกแบบไดอะแกรมทางไฟฟ้าของแผงบริภัณฑ์ ฯ

อ้างอิงจากแผนภาพไดอะแกรมทางไฟฟ้า โดยเปลี่ยนเป็นสัญลักษณ์ของอุปกรณ์แต่ละตัวแทน เพื่อสามารถระบุพิกัดกระแสของเซอร์กิตเบรกเกอร์และอุปกรณ์ป้องกันอื่น ๆ ได้อย่างชัดเจน และสะดวกต่อการออกแบบแผงบริภัณฑ์ ฯ ซึ่งสัญลักษณ์ต่าง ๆ

แผนภาพนี้มีชื่อเรียกว่า “One line type symbols” โดยแบ่งออกเป็น ส่วน ๆ คือ MDB1W และ MDB2W ดังรูปที่ 3.8-1 และ 3.8-2



รูปที่ 3.8-1 One line type symbols ของ MDB 1W



รูปที่ 3.8-2 One line type symbols ของ MDB 2W

3.1.2.2 ออกแบบแผงบริภัณฑ์ ฯ

การออกแบบมีขั้นตอนการทำงานดังนี้

1. ศึกษารายละเอียดข้อกำหนดซึ่งอ้างอิงตามมาตรฐานของ ว.ส.ท. โดยเก็บข้อมูลดังนี้
 - มาตรฐานของแผงบริภัณฑ์ ฯ ที่กำหนด
 - ดัชนีแสดงค่ามาตรฐานการป้องกัน
 - Form ตู้ของแผงบริภัณฑ์ ฯ
 - ลักษณะของโครงสร้างของแผงบริภัณฑ์ ฯ
 - มาตรฐานของเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่กำหนด
 - มาตรฐานของสายไฟฟ้าและบัสบาร์ที่ใช้ภายในแผงบริภัณฑ์ ฯ
 - แนวการติดตั้งบัสบาร์และการเข้าสายไฟฟ้า
 - มาตรฐานของอุปกรณ์ประกอบแผงบริภัณฑ์ ฯ

โดยรายละเอียดต่าง ๆ จะระบุไว้ในตารางสรุปรายละเอียดทางเทคนิคเกี่ยวกับแผงบริภัณฑ์ ฯ

ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ตารางสรุปรายละเอียดทางเทคนิคเกี่ยวกับแผงบริภัณฑ์ ฯ

Detail	Description	Remark
1. มาตรฐานของแผงบริภัณฑ์ ฯ ที่กำหนด	IEC 60439-1	Full Type-test Assembly, TTA
2. ดัชนีแสดงค่ามาตรฐานการป้องกัน	IP 31 หรือเทียบเท่า	
3. ฟอรม์ตู้ของแผงบริภัณฑ์ ฯ	FORM 2B	
4. ลักษณะของโครงสร้างของแผงบริภัณฑ์ ฯ	<ul style="list-style-type: none">• แบบตั้งพื้น (Floor Standing) ชนิด Dead-Front และมีโครงสร้างแบบ Modularized design system, Self-Standing Metal Structure• ความสูง : ไม่เกิน 2,275 มม.• ความกว้าง : ระหว่าง 700-1,300 มม.• ความลึก : ระหว่าง 600-1,000 มม.• โครงสร้างรอบนอกที่เป็นส่วนเสริมความแข็งแรง ทำด้วยเหล็กหนาน้อย 2.0 มม. เชื่อมติดกัน หรือ ยึดติดกันด้วยสลัก	<ul style="list-style-type: none">• Rated System Voltage: 415/240 V.• System Wiring: 3-Phase. 4-Wire. Solidly Ground.• Rated Frequency: 50 Hz.• Finishing: Electro-Galvanizing and Epoxy-Polyester Powder Paint Coating.

ตารางที่ 3.1 ตารางสรุปรายละเอียดทางเทคนิคเกี่ยวกับแผงบริภัณฑ์ ฯ (ต่อ)

Detail	Description	Remark
4. ลักษณะของโครงสร้างของแผงบริภัณฑ์ ฯ	<ul style="list-style-type: none"> ภายในของแผงบริภัณฑ์ ฯ แต่ละส่วนต้องจัดแบ่งภายในออกเป็นช่อง (Compartment) อย่างน้อย 3 ช่อง ดังนี้ <ul style="list-style-type: none"> Circuit Breaker Compartment Metering & Control Compartment Busbars & Cable Compartment 	<ul style="list-style-type: none"> Metering & Control Compartment โดยปกติช่องนี้ให้จัดไว้ที่ส่วนบนของแผงบริภัณฑ์ ฯ
5. มาตรฐานของเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่กำหนด		
<ul style="list-style-type: none"> Air Circuit Breaker 	<ul style="list-style-type: none"> มาตรฐาน IEC 947-1 และ IEC 947-2, Category B Air Circuit Breaker ต้องเป็นชนิดฉนวน 2 ชั้น (Double Insulation) การติดตั้งสามารถติดตั้งแบบ Draw out ตามที่แบบกำหนด 	
<ul style="list-style-type: none"> Molded Case Circuit Breaker 	<ul style="list-style-type: none"> มาตรฐาน IEC 947-2 CAT A MCCB ขนาดตั้งแต่ 100 – 630 AF ฉนวน 2 ชั้น (Double Insulation) Rate current 100% continuous 	<ul style="list-style-type: none"> ขนาด 100 AF ถึง 250 AF จะต้องเป็น Thermal Magnetic Trip ขนาดตั้งแต่ 400 AF ขึ้นไป จะต้องเป็น Electronic Trip
6. มาตรฐานของสายไฟฟ้าและบัสบาร์ที่ใช้ภายในแผงบริภัณฑ์ ฯ		
<ul style="list-style-type: none"> Busbar 	<ul style="list-style-type: none"> เป็นทองแดงที่มีความบริสุทธิ์ไม่น้อยกว่า 98% 	<ul style="list-style-type: none"> ขนาดของบัสบาร์ เส้นศูนย์ให้มีขนาดเท่ากับเส้นเฟส หรือตามที่กำหนด
<ul style="list-style-type: none"> สายไฟ 	<ul style="list-style-type: none"> สำหรับการต่อวงจรเพื่อการกำลัง ใช้สายไฟฟ้าหุ้มฉนวนชนิดทนแรงดันได้ 750 โวลต์ และทนความร้อนได้ ไม่น้อย กว่า 75 องศาเซลเซียส หรือต่อด้วยบัสบาร์ทองแดงหุ้มฉนวนแบบหดตัวด้วยความร้อน (Heat Shrinkable Tubing) สำหรับระบบควบคุมและเครื่องวัด ซึ่งเดินเชื่อมระหว่างอุปกรณ์ไฟฟ้ากับอุปกรณ์ไฟฟ้า และอุปกรณ์ไฟฟ้า กับ Terminal Block ให้ใช้สายชนิด Flexible Annealed ให้ใช้ชนิดทนแรงดันไฟฟ้าได้ 750 โวลต์ฉนวนทนความร้อนได้ 70 องศาเซลเซียส 	<ul style="list-style-type: none"> Current Circuit: 4 mm² Voltage Circuit: 2.5 mm² Control Circuit: 1.5 mm² Ground สำหรับงานประตู่: 10 mm²

ตารางที่ 3.1 ตารางสรุปรายละเอียดทางเทคนิคเกี่ยวกับแผงบริภัณฑ์ ฯ (ต่อ)

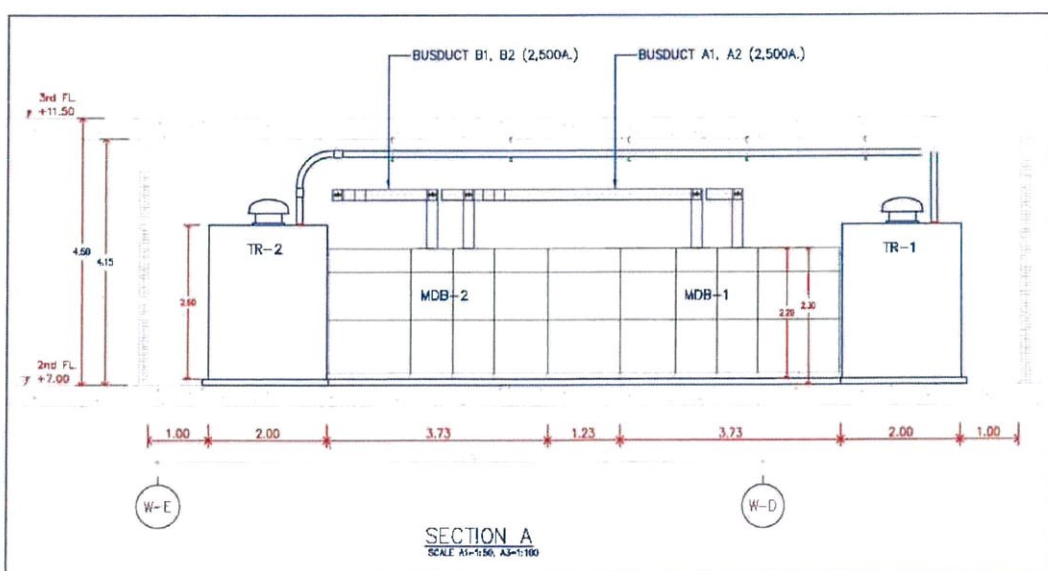
Detail	Description	Remark
7. แนวการติดตั้งบัสบาร์และการเข้าสายไฟ	<ul style="list-style-type: none"> • การติดตั้งเมนบัสบาร์ให้ใช้แบนนอน และฟีดเดอร์บัสบาร์ให้ใช้แบบตั้ง • การจัดเรียงบัสบาร์ในแผงบริภัณฑ์ ฯ ให้จัดเรียงตามเฟสเอ, เฟสบี, และเฟสซี. โดยเมื่อมองเข้ามาด้านหน้าของแผงบริภัณฑ์ ฯ ให้มีลักษณะเรียงจากหน้าไปหลังหรือจากด้านบนลงล่าง หรือจากซ้ายไปขวามือ อย่างไม่อย่างหนึ่ง 	<ul style="list-style-type: none"> • บัสบาร์ที่ติดตั้งตามแนวนอน (รวมทั้ง Neutral Bus และ Ground Bus) ต้องมีความยาวตลอดเท่าความกว้างของแผงบริภัณฑ์ ฯ ทั้งชุด
8. มาตรฐานของอุปกรณ์ประกอบแผงบริภัณฑ์ ฯ		
<ul style="list-style-type: none"> • Current Transformer (CT) 	<ul style="list-style-type: none"> • IEC STANDARD CLASS 1 • Secondary Current 5 A 	<ul style="list-style-type: none"> • ทนแรงดันไฟฟ้าได้ไม่น้อยกว่า 700 โวลต์ • ค่า TERMINAL CLASS B (130°C)
<ul style="list-style-type: none"> • Voltmeter, Ammeter 	<ul style="list-style-type: none"> • มาตรฐาน IEC หรือ UL • Switchboard Mounted 	<ul style="list-style-type: none"> • ขนาดหน้าปิดไม่เล็กกว่า 96 x 96 มม. • สเกลชนิด WIDE ANGLE (240 องศา)
<ul style="list-style-type: none"> • SPD (Surge Current Protection for MDB) 	<ul style="list-style-type: none"> • Surge Current Arrester class B + C ชนิด Combine • DIN VDE 0675-6-11 A1 หรือ IEC 61643-3 ปี 2005 – 03 	<ul style="list-style-type: none"> • Rated voltage 50/60 Hz. 230/400 V. • Protection voltage level \leq 2.5 kV.
<ul style="list-style-type: none"> • Digital Meter 	<ul style="list-style-type: none"> • มาตรฐาน UL LISTED • สามารถเลือกใช้งานกับระบบไฟฟ้าเป็นระบบ 3 เฟส 3 สาย, 3 เฟส 4 สาย หรือระบบ 1 เฟส 2 สาย 	<ul style="list-style-type: none"> • ขนาดมาตรฐานที่ 96 x 96 mm • จอแสดงผลแบบ backlit LCD
<ul style="list-style-type: none"> • Ammeter Selector Switch 	<ul style="list-style-type: none"> • ทนกระแสไฟฟ้าได้ไม่ต่ำกว่า 10 แอมแปร์ • เป็นชนิดที่เลือกได้ 4 ตำแหน่ง เพื่อวัดกระแสไฟฟ้าได้ทั้ง 3 เฟส 	
<ul style="list-style-type: none"> • Voltmeter Selector Switch 	<ul style="list-style-type: none"> • เป็นชนิดเลือกได้ 7 ตำแหน่ง สำหรับไฟ 3 เฟส 4 สาย เพื่อวัดได้ทั้ง 3 เฟส และกับเส้นศูนย์ 	

2. หาพิกัดกระแสลัดวงจรเพื่อหาขนาดของเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่ใช้ภายในแผงบริภัณฑ์ ฯ พิกัดกระแสลัดวงจรของเซอร์กิตเบรกเกอร์ และอุปกรณ์ประกอบ สามารถสรุปได้จาก ไดอะแกรมทางไฟฟ้า ดังแสดงในตารางที่ 3.2

3. ศึกษาแบบแปลนพื้นที่ห้องไฟฟ้า เพื่อกำหนดขนาดของแผงบริภัณฑ์ ฯ

- แบบแปลนของห้องไฟฟ้า ตั้งอยู่บน ชั้น 2 ฝั่ง A ของอาคาร มีขนาดความกว้าง 8.7 เมตร ยาว 14.75 เมตร และสูงจากพื้นคอนกรีต 4.15 เมตร เนื่องจากการออกแบบของผู้ออกแบบต้องการวาง หม้อแปลงไฟฟ้าติดกับแผงบริภัณฑ์ ฯ ทั้งสองฝั่ง และตั้งอยู่กึ่งกลางของห้องไฟฟ้า ซึ่งหันหน้าเข้าหากันระหว่าง ตู้แผงบริภัณฑ์ ฯ กับตู้แผงบริภัณฑ์ไฟฟ้าฉุกเฉิน ดังนั้น จากมาตรฐานการออกแบบของ ว.ส.ท. ต้องมีพื้นที่ว่าง ในการปฏิบัติงาน แสดงว่าระยะห่างระหว่างแผงบริภัณฑ์ ฯ กับแผงบริภัณฑ์ไฟฟ้าฉุกเฉิน อย่างน้อย 1.2 เมตร และระยะห่างระหว่างแผงบริภัณฑ์หม้อแปลงไฟฟ้ากับกำแพงห้องไฟฟ้าอย่างน้อย 1 เมตร

- เนื่องจากผู้ออกแบบได้ออกแบบการวางแผงบริภัณฑ์ ฯ ทั้งของ MDB1W และ MDB2W วางติดกันตามแนวยาวของห้องไฟฟ้าโดยมีไทร (TIE) คั่นกลางและมีหม้อแปลงไฟฟ้าวางขนานสองฝั่ง เมื่อหักลบระยะความยาวของห้องไฟฟ้ากับระยะห่างมาตรฐานของแผงบริภัณฑ์หม้อแปลงไฟฟ้ากับกำแพงห้อง ไฟฟ้า จะได้ระยะความยาวที่สามารถออกแบบได้ของแผงบริภัณฑ์ ฯ คือ 12.75 เมตร (สามารถคำนวณได้ดังนี้ $14.75 - 1 - 1 = 12.75$ เมตร) ซึ่งมีการออกแบบขนาดความยาวของแผงบริภัณฑ์ไฟฟ้าของหม้อแปลงไฟฟ้าไว้ 2 เมตร ดังนั้น ระยะความยาวของแผงบริภัณฑ์ ฯ คือ 8.75 เมตร (สามารถคำนวณได้ดังนี้ $12.75 - 2 - 2 = 8.75$ เมตร)



รูปที่ 3.9 แบบแปลนของห้องไฟฟ้าออกแบบโดยผู้ออกแบบ

4. หาขนาดของเซอร์กิตเบรกเกอร์โดยศึกษาจากแคตตาล็อกของผลิตภัณฑ์ที่เจ้าของโครงการเลือกใช้

- เนื่องจากได้มีการสอบถามเรื่องแบรนด์ที่ใช้สำหรับเซอร์กิตเบรกเกอร์ คือ SCHNEIDER-ELECTRIC ดังนั้นจึงเลือกรุ่นสำหรับเซอร์กิตเบรกเกอร์ในแคตตาล็อกสินค้า ซึ่งระบุขนาดของเซอร์กิตเบรกเกอร์และแนวทางการติดตั้ง ดังแสดงในตารางที่ 3.3 และ 3.4

ตารางที่ 3.2 ตารางสรุปรายละเอียดและจำนวนเซอร์กิตเบรกเกอร์และอุปกรณ์ตามไดอะแกรมทางไฟฟ้า

Equipment	Description				
	Type of Circuit Breaker	Ampere Trip	Ampere Frame	Phase	Quality
Circuit Breaker	ACB	5000	5000	3P	2
		4000	5000	4P	1
		2500	2500	3P	4
	MCCB	1000	1000	3P	2
		800	800	3P	2
		700	800	3P	1
		500	630	3P	1
		400	400	3P	5
		125	250	3P	2
	Digital Meter	For ACB			
For MCCB				15	
Voltmeter	0 - 500 V				2
Ammeter	0 - 5,000 A				2
Selector Switch	For voltmeter				2
	For ammeter				2
Current Transformer	Secondary Current 5 A				19
Surge Protection Device	160 kA				2
Pilot lamp					6

ตารางที่ 3.3 ตารางสรุปรุ่นและขนาดของเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่ใช้ในแผงปริภันธ์ ฯ จากแคตตาล็อก สำหรับแบบ Shop Drawing ที่ 1

Brand	Product	Product Description						Dimensions (mm)			Quality
		Product code	Type	Rated Current (A)	Pole	Standard	H	W	D		
Schneider	Circuit Breaker	NW50H1	Drawout	5000	3	IEC 60947-2	479	786	395	2	
		NW25H1	Drawout	5000	4	IEC 60947-2	479	1016	395	1	
		NW25H1	Drawout	2500	3	IEC 60947-2	439	441	395	4	
		NW10H1	Drawout	1000	3	IEC 60947-2	439	441	395	2	
		NS800H	Category B	800	3	IEC 60947-2	327	210	147	3	
		NSX630H	Category A	630	3	IEC 60947-2	140	255	110	1	
		NSX400H	Category A	400	3	IEC 60947-3	140	255	110	2	
		NSX250H	Category A	250	3	IEC 60947-3	105	161	86	2	

ตารางที่ 3.4 ตารางสรุปรุ่นและขนาดของเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่ใช้ในแผงบริภัณฑ์ ฯ จากแคตตาล็อก สำหรับแบบ Shop Drawing ที่ 2

Brand	Product	Product Description						Dimensions (mm)			Quality
		Product code	Type	Rated Current (A)	Pole	Standard	H	W	D		
Schneider	Circuit Breaker	NW50H1	Drawout	5000	3	IEC 60947-2	479	786	395	2	
		NW25H1	Drawout	5000	4	IEC 60947-2	479	1016	395	1	
		NW25H1	Drawout	2500	3	IEC 60947-2	439	441	395	4	
		NS1000H	Category B	1000	3	IEC 60947-2	327	210	147	2	
		NS800H	Category B	800	3	IEC 60947-2	327	210	147	3	
		NSX630H	Category A	630	3	IEC 60947-2	140	255	110	1	
		NSX400H	Category A	400	3	IEC 60947-3	140	255	110	2	
		NSX250H	Category A	250	3	IEC 60947-3	105	161	86	2	

5. วาดแบบหน้าแผงบริภัณฑ์ ฯ พร้อมการจัดวางอุปกรณ์และเซอร์กิตเบรกเกอร์ให้เหมาะสมตามมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ที่แนะนำ โดยยึดขนาดของเซอร์กิตเบรกเกอร์และทิศทางการเดินบัสบาร์เป็นหลักในการเลือกขนาดตู้ให้พอดีกัน ตามตารางที่ 3.3 - 3.4 โดยมีแบบอยู่ 2 แบบ ได้แก่ แบบหน้าแผงบริภัณฑ์ ฯ แบบที่ 1 และ แบบหน้าแผงบริภัณฑ์ ฯ แบบที่ 2 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

5.1 แบบหน้าแผงบริภัณฑ์ ฯ แบบที่ 1

ออกแบบโดยยึดที่ความกว้างของแผงบริภัณฑ์ ฯ ที่กำหนดโดยมีขนาดของห้องไฟฟ้าเป็นหลัก ทำให้มีขนาดที่พอดีกับขนาดที่ผู้ออกแบบกำหนดไว้คือ 8.75 เมตร หรือ 8,750 มม. ซึ่งทางผู้จัดทำสามารถออกแบบหน้าแผงบริภัณฑ์ ฯ ให้มีความกว้างอยู่ที่ 8,650 มม. สูง 2,275 มม. ซึ่งความสูงของแผงบริภัณฑ์ ฯ ประกอบด้วย ฐานตู้ ขนาด 75 มม. และขอบตู้ด้านบนและด้านล่าง ด้านละ 100 มม. เหลือบริเวณที่ใส่บริภัณฑ์ ไฟฟ้าอยู่ที่ 2,000 มม. แบ่งออกเป็น ส่วน ๆ ส่วนละ 5 มม. หรือ 40 Modules ลึก 1,000 มม. โดยแบ่งเป็น รายละเอียดย่อย ๆ ดังนี้

ช่องที่ 1 กำหนดความกว้างของช่องอยู่ที่ 1,200 มม. แบ่งตามความสูงของช่องนี้ออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 สำหรับ Digital Meter, Voltmeter, Ammeter, Selector Switch, Pilot lamp และ บัสบาร์ที่เชื่อมจากด้านแรงต่ำของหม้อแปลงไฟฟ้า TR1 อยู่ในช่องด้านบน ขนาด 13 Modules ส่วนที่ 2 สำหรับ Main Circuit Breaker เป็นช่องใส่ ACB(M1) รุ่น NW50H1 ขนาด 13 Modules และส่วนที่ 3 สำหรับ Surge Protection Device และบัสบาร์ขนาด 5,000 A ที่ต่อไปยังฟีดเดอร์อื่น ๆ มีขนาด 14 Modules

ช่องที่ 2 กำหนดความกว้างของช่องอยู่ที่ 900 มม. แบ่งตามความกว้างออกเป็น 2 ส่วน คือ 200 มม. และ 700 มม. โดยช่อง 700 มม. จะแบ่งออกเป็น 5 ช่องย่อยตามแนวความสูง ดังนี้ 7 Modules สำหรับ Digital Meter ของ ACB(11), 12 Modules สำหรับ ACB(11) รุ่น NW25H1, 4 Modules สำหรับ บัสบาร์ขาเข้า ACB(11), 9 Modules สำหรับ MCCB(13) รุ่น NS800H และ Digital Meter ของ MCCB(13) และ 8 Modules สำหรับบัสบาร์ขนาด 5000 A ที่ต่อไปยังฟีดเดอร์อื่น ๆ รวมถึง บัสบาร์ขาเข้าของ MCCB(13) ในช่อง 200 มม. เป็นช่องสำหรับบัสบาร์ย่อยที่ขึ้นไปหา ACB(11)

ช่องที่ 3 กำหนดความกว้างของช่องอยู่ที่ 700 มม. ซึ่งจะแบ่งออกเป็น 5 ช่องย่อยตามแนวความสูง ดังนี้ 7 Modules สำหรับ Digital Meter ของ ACB(12), 12 Modules สำหรับ ACB(12) รุ่น NW25H1, 4 Modules สำหรับ บัสบาร์ขาเข้า ACB(12), 9 Modules สำหรับ MCCB(14) รุ่น NS800H และ Digital Meter ของ MCCB(14) และ 8 Modules สำหรับบัสบาร์ขนาด 5,000 A ที่ต่อไปยังฟีดเดอร์อื่น ๆ รวมถึง บัสบาร์ขาเข้าของ MCCB(14)

ช่องที่ 4 กำหนดความกว้างของช่องอยู่ที่ 900 มม. แบ่งตามความกว้างออกเป็น 2 ส่วน คือ 200 มม. และ 700 มม. โดยช่อง 700 มม. จะแบ่งออกเป็น 7 ช่องย่อยตามแนวความสูง ดังนี้ 7 Modules สำหรับ Digital Meter ของ ACB(18), 12 Modules สำหรับ ACB(18) รุ่น NW10H1, 4 Modules สำหรับ

บัสบาร์ขาเข้า ACB(18), 4 Modules สำหรับ MCCB(15) รุ่น NSX630H และ Digital Meter ของ MCCB(15) , 4 Modules สำหรับ MCCB(16) รุ่น NSX400H และ Digital Meter ของ MCCB(16), 4 Modules สำหรับ Space และ 4 Modules สำหรับบัสบาร์ขนาด 5,000 A ที่ต่อเชื่อมไปยัง ACB-TIE ในช่อง 200 มม. เป็นช่องสำหรับบัสบาร์ย่อยที่ขึ้นไปหา ACB(12), ACB(18), MCCB(15) และ MCCB(16)

ช่องที่ 5 กำหนดความกว้างของช่องอยู่ที่ 1,200 มม. ซึ่งจะแบ่งออกเป็น 4 ช่องย่อยตามแนวความสูง ดังนี้ 8 Modules สำหรับ บัสบาร์เข้าจาก ACB-TIE, 13 Modules สำหรับ ACB-TIE รุ่น NW50H1, 11 Modules สำหรับ บัสบาร์ขาเข้า ACB-TIE และ 8 Modules สำหรับบัสบาร์ขนาด 5,000 A ที่มาจาก MDB1

ช่องที่ 6 กำหนดความกว้างของช่องอยู่ที่ 900 มม. แบ่งตามความกว้างออกเป็น 2 ส่วน คือ 200 มม. และ 700 มม. โดยช่อง 700 มม. จะแบ่งออกเป็น 7 ช่องย่อยตามแนวความสูง ดังนี้ 7 Modules สำหรับ Digital Meter ของ ACB(210), 12 Modules สำหรับ ACB(210) รุ่น NW10H1, 4 Modules สำหรับ บัสบาร์ขาเข้า ACB(210), 4 Modules สำหรับ MCCB(27) รุ่น NSX400H และ Digital Meter ของ MCCB(27) , 4 Modules สำหรับ Space1, 4 Modules สำหรับ Space2 และ 4 Modules สำหรับบัสบาร์ขนาด 5,000 A ที่ต่อไปยังฟีดเดอร์อื่น ๆ ในช่อง 200 มม. เป็นช่องสำหรับบัสบาร์ย่อยที่ขึ้นไปหา ACB-TIE, ACB(210) และ MCCB(27)

ช่องที่ 7 กำหนดความกว้างของช่องอยู่ที่ 900 มม. แบ่งตามความกว้างออกเป็น 2 ส่วน คือ 200 มม. และ 700 มม. โดยช่อง 700 มม. จะแบ่งออกเป็น 7 ช่องย่อยตามแนวความสูง ดังนี้ 7 Modules สำหรับ Digital Meter ของ ACB(22), 12 Modules สำหรับ ACB(22) รุ่น NW25H1, 4 Modules สำหรับ บัสบาร์ขาเข้า ACB(22), 4 Modules สำหรับ MCCB(23) รุ่น NSX400H และ Digital Meter ของ MCCB(23), 4 Modules สำหรับ MCCB(25) รุ่น NSX400H และ Digital Meter ของ MCCB(25), 4 Modules สำหรับ MCCB(26) รุ่น NSX400H และ Digital Meter ของ MCCB(26) และ 4 Modules สำหรับบัสบาร์ขนาด 5,000 A ที่ต่อไปยังฟีดเดอร์อื่น ๆ ในช่อง 200 มม. เป็นช่องสำหรับบัสบาร์ย่อยที่ขึ้นไปหา ACB(22), ACB(21), MCCB(23), MCCB(25) และ MCCB(26)

ช่องที่ 8 กำหนดความกว้างของช่องอยู่ที่ 700 มม. ซึ่งจะแบ่งออกเป็น 5 ช่องย่อยตามแนวความสูง ดังนี้ 7 Modules สำหรับ Digital Meter ของ ACB(21), 12 Modules สำหรับ ACB(21) รุ่น NW25H1, 4 Modules สำหรับ บัสบาร์ขาเข้า ACB(21), 9 Modules สำหรับ MCCB(24) รุ่น NS800H และ Digital Meter ของ MCCB(24) และ 8 Modules สำหรับบัสบาร์ขนาด 5,000 A ที่เชื่อมไปยังเซอร์กิตเบรกเกอร์หลักของ MDB-2W รวมถึง บัสบาร์ขาเข้าของ MCCB(24)

ช่องที่ 9 กำหนดความกว้างของช่องอยู่ที่ 1,200 มม. แบ่งตามความสูงของช่องนี้ออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 สำหรับ Digital Meter, Voltmeter, Ammeter, Selector Switch, Pilot lamp และ บัสบาร์ที่เชื่อมจากด้านแรงต่ำของหม้อแปลงไฟฟ้า TR2 อยู่ในช่องด้านบน ขนาด 13 Modules ส่วนที่ 2 สำหรับ Main Circuit Breaker เป็นช่องใส่ ACB(M2) รุ่น NW50H1 ขนาด 13 Modules และส่วนที่

3 สำหรับ Surge Protection Device และบัสบาร์ขนาด 5,000 A ที่ต่อไปยังฟีดเดอร์อื่น ๆ มีขนาด 14 Modules

5.2 แบบหน้าแผงบริภัณฑ์ ฯ แบบที่ 2

ออกแบบโดยแก้ไขตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิตแผงบริภัณฑ์ ฯ พร้อมแก้ไขรุ่นของเซอร์กิตเบรกเกอร์และให้ถูกต้องตามแบบฟอร์มของแผงบริภัณฑ์ ฯ ซึ่งทางผู้จัดทำออกแบบหน้าแผงบริภัณฑ์ ฯ กว้างอยู่ที่ 9,050 มม. สูง 2,275 มม. ซึ่งความสูงของแผงบริภัณฑ์ ฯ ประกอบด้วย ฐานตู้ ขนาด 75 มม. และขอบตู้ด้านบนและด้านล่าง ด้านละ 100 มม. เหลือบริเวณที่ใส่บริภัณฑ์ไฟฟ้าอยู่ที่ 2,000 มม. แบ่งออกเป็น ส่วน ๆ ส่วนละ 5 มม. หรือ 40 Modules ลึก 1,000 มม. โดยแบ่งเป็นรายละเอียดย่อย ๆ ดังนี้

ช่องที่ 1 กำหนดความกว้างของช่องอยู่ที่ 1,200 มม. แบ่งตามความสูงของช่องนี้ออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 สำหรับ Digital Meter, Voltmeter, Ammeter, Selector Switch, Pilot lamp และ บัสบาร์ที่เชื่อมจากด้านแรงต่ำของหม้อแปลงไฟฟ้า TR1 อยู่ในช่องด้านบน ขนาด 13 Modules ส่วนที่ 2 สำหรับ Main Circuit Breaker เป็นช่องใส่ ACB(M1) รุ่น NW50H1 ขนาด 13 Modules และส่วนที่ 3 สำหรับ Surge Protection Device และบัสบาร์ขนาด 5,000 A ที่ต่อไปยังฟีดเดอร์อื่น ๆ มีขนาด 14 Modules

ช่องที่ 2 กำหนดความกว้างของช่องอยู่ที่ 900 มม. แบ่งตามความกว้างออกเป็น 2 ส่วน คือ 200 มม. และ 700 มม. โดยช่อง 700 มม. จะแบ่งออกเป็น 5 ช่องย่อยตามแนวความสูง ดังนี้ 7 Modules สำหรับ Digital Meter ของ ACB(11), 12 Modules สำหรับ ACB(11) รุ่น NW25H1, 4 Modules สำหรับ บัสบาร์ขาเข้า ACB(11), 9 Modules สำหรับ MCCB(13) รุ่น NS800H และ Digital Meter ของ MCCB(13) และ 8 Modules สำหรับบัสบาร์ขนาด 5,000 A ที่ต่อไปยังฟีดเดอร์อื่น ๆ รวมถึง บัสบาร์ขาเข้าของ MCCB(13) ในช่อง 200 มม. เป็นช่องสำหรับบัสบาร์ย่อยที่ขึ้นไปหา ACB(11)

ช่องที่ 3 กำหนดความกว้างของช่องอยู่ที่ 700 มม. ซึ่งจะแบ่งออกเป็น 5 ช่องย่อยตามแนวความสูง ดังนี้ 7 Modules สำหรับ Digital Meter ของ ACB(12), 12 Modules สำหรับ ACB(12) รุ่น NW25H1, 4 Modules สำหรับ บัสบาร์ขาเข้า ACB(12), 9 Modules สำหรับ MCCB(14) รุ่น NS800H และ Digital Meter ของ MCCB(14) และ 8 Modules สำหรับบัสบาร์ขนาด 5,000 A ที่ต่อไปยังฟีดเดอร์อื่น ๆ รวมถึง บัสบาร์ขาเข้าของ MCCB(14)

ช่องที่ 4 กำหนดความกว้างของช่องอยู่ที่ 900 มม. แบ่งตามความกว้างออกเป็น 2 ส่วน คือ 200 มม. และ 700 มม. โดยช่อง 700 มม. จะแบ่งออกเป็น 7 ช่องย่อยตามแนวความสูง ดังนี้ 7 Modules เป็นช่องว่าง, 4 Modules สำหรับ Space, 4 Modules สำหรับ MCCB(15) รุ่น NSX630H และ Digital Meter ของ MCCB(15), 4 Modules สำหรับ MCCB(16) รุ่น NSX400H และ Digital Meter ของ MCCB(16), 4 Modules เป็นช่องว่างคั่นระหว่างเซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาดใหญ่และขนาดเล็ก, 9 Modules สำหรับ MCCB(18) รุ่น NS1000H และ Digital Meter ของ MCCB(18) และ 8 Modules สำหรับบัสบาร์ขนาด 5,000

A ที่ต่อไปยังฟีดเดอร์อื่น ๆ และบัสบาร์ขาเข้าของ MCCB(18) ส่วนในช่อง 200 มม. เป็นช่องสำหรับบัสบาร์ย่อยที่ขึ้นไปหา ACB(12), MCCB(15) และ MCCB(16)

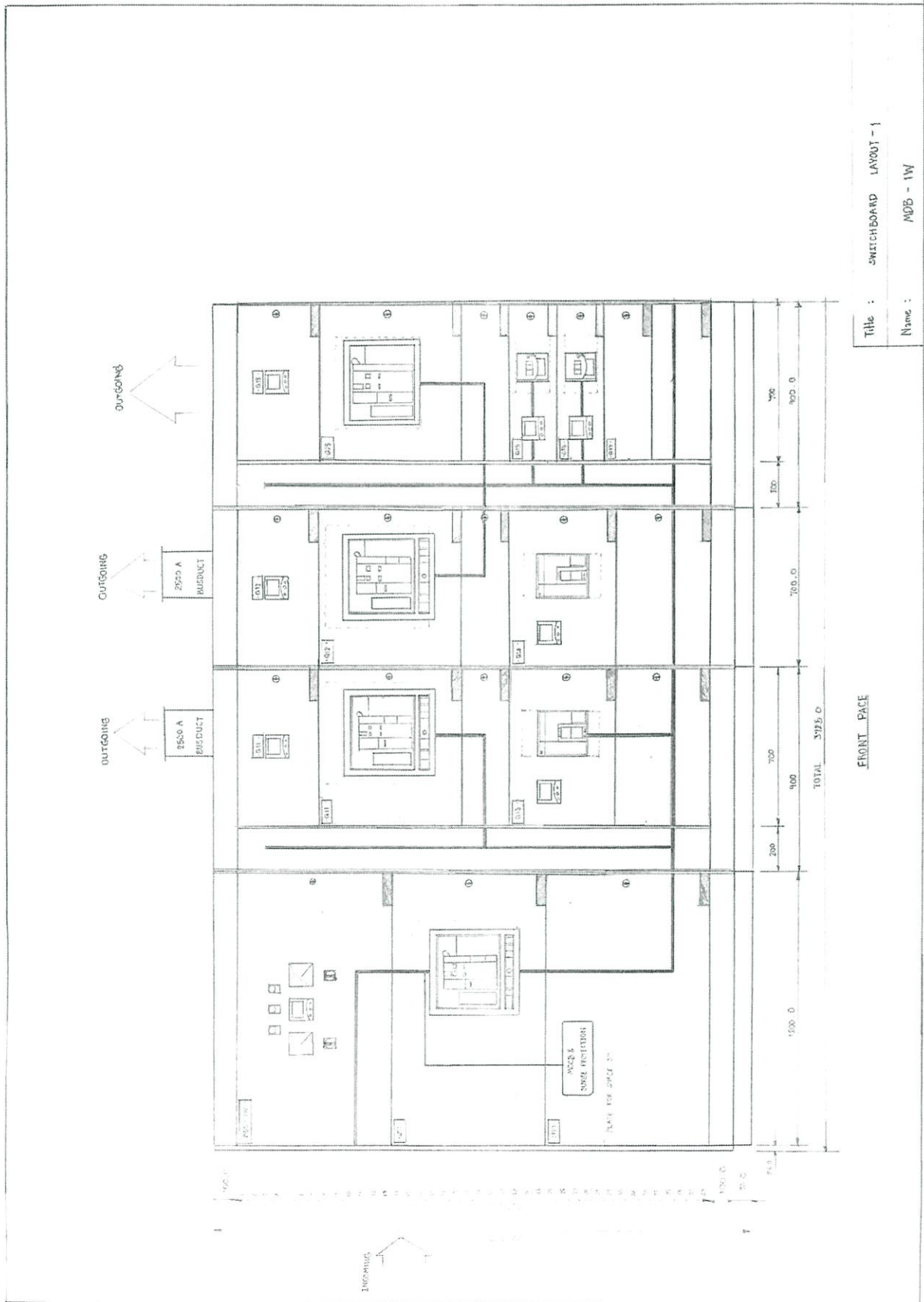
ช่องที่ 5 กำหนดความกว้างของช่องอยู่ที่ 1,600 มม. ซึ่งจะแบ่งออกเป็น 3 ช่องย่อยตามแนวความสูง ดังนี้ 13 Modules สำหรับ บัสบาร์ขาเข้า ACB-TIE, 13 Modules สำหรับ ACB-TIE รุ่น NW50H1-4P, 14 Modules สำหรับ บัสบาร์ขาออก ACB-TIE ไปยัง MDB-2W ส่วนในช่อง 200 มม. เป็นช่องสำหรับบัสบาร์ขนาด 5,000 A ที่ขึ้นไปหา ACB-TIE

ช่องที่ 6 กำหนดความกว้างของช่องอยู่ที่ 700 มม. ซึ่งจะแบ่งออกเป็น 5 ช่องย่อยตามแนวความสูง ดังนี้ 7 Modules สำหรับ Digital Meter ของ ACB(21), 12 Modules สำหรับ ACB(21) รุ่น NW25H1, 4 Modules สำหรับ บัสบาร์ขาเข้า ACB(21), 9 Modules สำหรับ MCCB(24) รุ่น NS800H และ Digital Meter ของ MCCB(24) และ 8 Modules สำหรับบัสบาร์ขนาด 5,000 A ที่ต่อไปยังฟีดเดอร์อื่น ๆ รวมถึง บัสบาร์ขาเข้าของ MCCB(24)

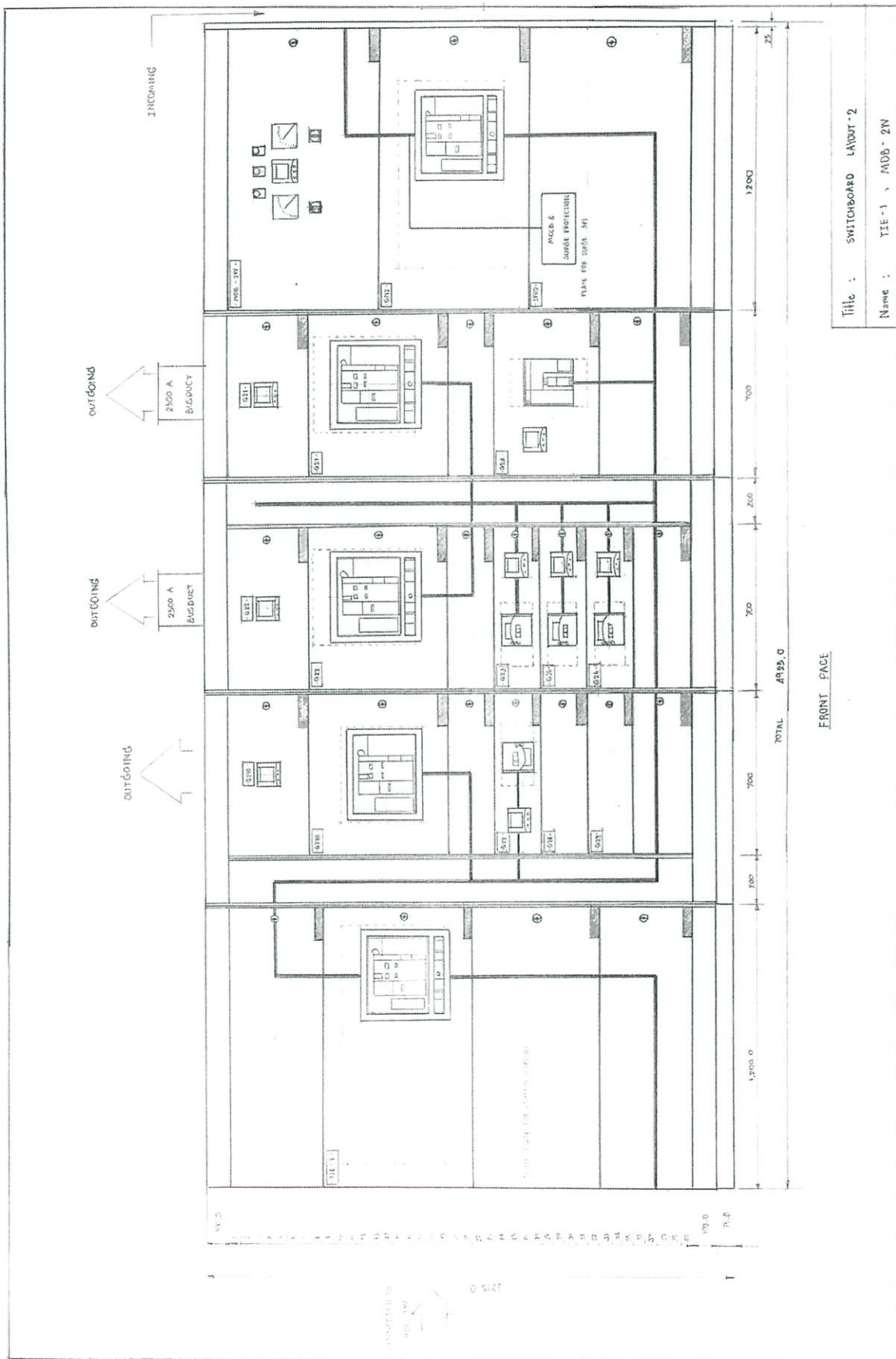
ช่องที่ 7 กำหนดความกว้างของช่องอยู่ที่ 900 มม. แบ่งตามความกว้างออกเป็น 2 ส่วน คือ 200 มม. และ 700 มม. โดยช่อง 700 มม. จะแบ่งออกเป็น 5 ช่องย่อยตามแนวความสูง ดังนี้ 7 Modules สำหรับ Digital Meter ของ ACB(22), 12 Modules สำหรับ ACB(22) รุ่น NW25H1, 4 Modules สำหรับ บัสบาร์ขาเข้า ACB(22), 4 Modules สำหรับ MCCB(23) รุ่น NSX400H และ Digital Meter ของ MCCB(23), 9 Modules สำหรับ MCCB(210) รุ่น NS1000H และ Digital Meter ของ MCCB(210) และ 8 Modules สำหรับบัสบาร์ขนาด 5,000 A ที่ต่อไปยังฟีดเดอร์อื่น ๆ รวมถึง บัสบาร์ขาเข้าของ MCCB(210) ในช่อง 200 มม. เป็นช่องสำหรับบัสบาร์ย่อยที่ขึ้นไปหา ACB(21)

ช่องที่ 8 กำหนดความกว้างของช่องอยู่ที่ 900 มม. แบ่งตามความกว้างออกเป็น 2 ส่วน คือ 200 มม. และ 700 มม. โดยช่อง 700 มม. จะแบ่งออกเป็น 8 ช่องย่อยตามแนวความสูง ดังนี้ 8 Modules เป็นช่องว่าง, 4 Modules สำหรับ Space, 4 Modules สำหรับ Space, 4 Modules สำหรับ MCCB(23) รุ่น NSX400H และ Digital Meter ของ MCCB(23), 4 Modules สำหรับ MCCB(25) รุ่น NSX400H และ Digital Meter ของ MCCB(25), 4 Modules สำหรับ MCCB(26) รุ่น NSX400H และ Digital Meter ของ MCCB(26), 4 Modules สำหรับ MCCB(27) รุ่น NSX400H และ Digital Meter ของ MCCB(27) และ 8 Modules สำหรับบัสบาร์ขนาด 5,000 A ที่เชื่อมไปยังเซอร์กิตเบรกเกอร์หลักของ MDB-2W ส่วนในช่อง 200 มม. เป็นช่องสำหรับบัสบาร์ย่อยที่ขึ้นไปหา ACB(22), MCCB(23), MCCB(25), MCCB(26) และ MCCB(27)

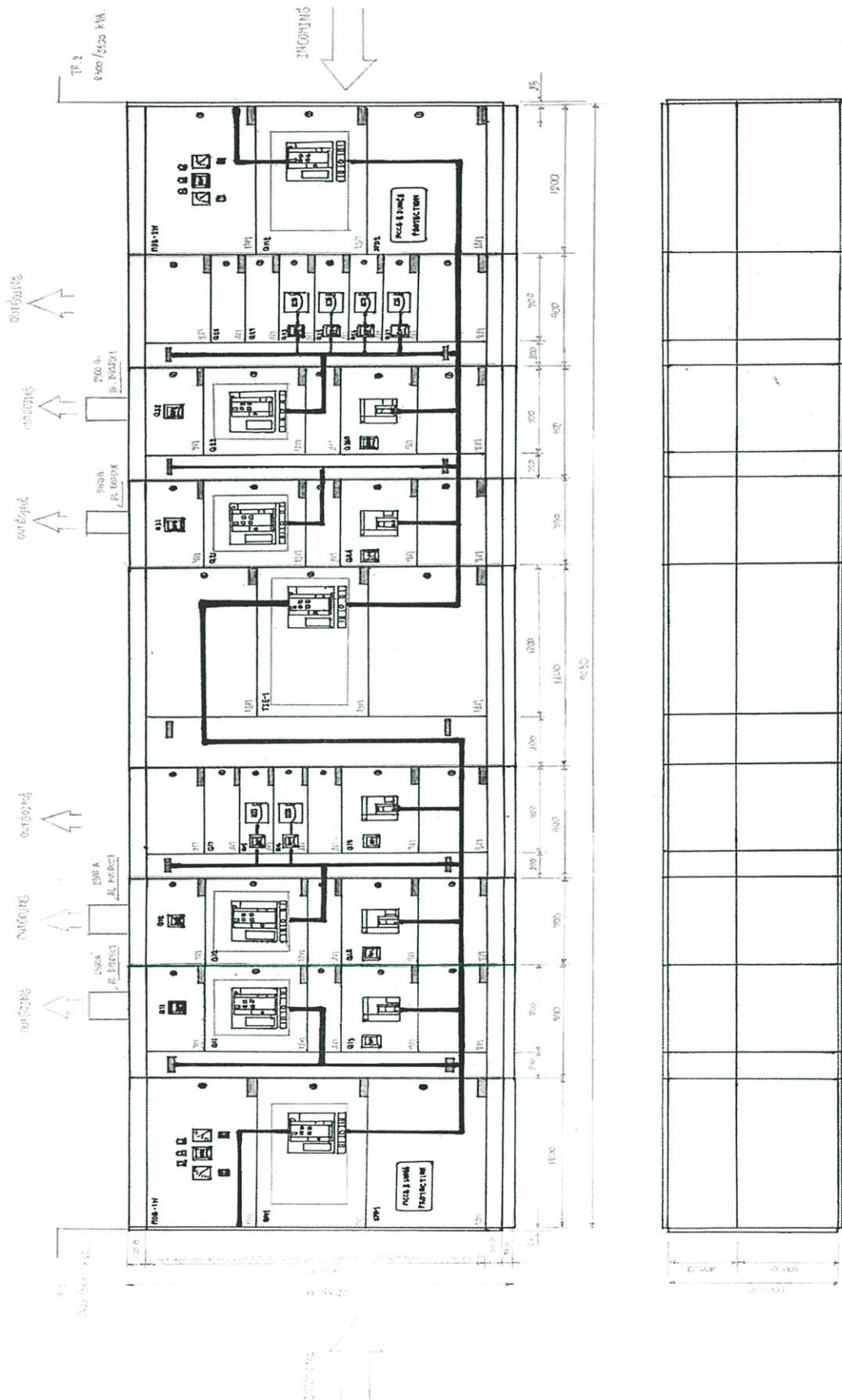
ช่องที่ 9 กำหนดความกว้างของช่องอยู่ที่ 1,200 มม. แบ่งตามความสูงของช่องนี้ออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 สำหรับ Digital Meter, Voltmeter, Ammeter, Selector Switch, Pilot lamp และ บัสบาร์ที่เชื่อมจากด้านแรงต่ำของหม้อแปลงไฟฟ้า TR2 อยู่ในช่องด้านบน ขนาด 13 Modules ส่วนที่ 2 สำหรับ Main Circuit Breaker เป็นช่องใส่ ACB(M2) รุ่น NW50H1 ขนาด 13 Modules และส่วนที่ 3 สำหรับ Surge Protection Device และบัสบาร์ขนาด 5,000 A ที่ต่อไปยังฟีดเดอร์อื่น ๆ มีขนาด 14 Modules



รูปที่ 3.10-1 แบบหน้าแผงบริภัณฑ์ ฯ แบบที่ 1



รูปที่ 3.10-2 แบบหน้าแผงบริภัณฑ์ ฯ แบบที่ 1



รูปที่ 3.11 แบบหน้าแผนผังบริษัท ฯ แบบที่ 2

3.2 การวางแผนการจัดซื้อแผงบริษัท ฯ

3.2.1 ศึกษาตารางกำหนดการจ่ายไฟเข้าอาคารสูง

เพื่อกำหนดวันในการอนุมัติการสั่งซื้อแผงบริษัท ฯ และกำหนดช่วงระยะเวลาในการผลิตแผงบริษัท ฯ ให้พอดีกับวันที่ต้องทำการติดตั้งแผงบริษัท ฯ และเป็นการวางแผนเพื่อป้องกันการเกิดความล่าช้า ตารางกำหนดการจ่ายไฟแสดงดังตารางที่ 3.5

จากตารางกำหนดการจ่ายไฟ พบว่าต้องมีการจ่ายไฟ ในสิ้นเดือนตุลาคม พ.ศ. 2561 ดังนั้นต้องนับถอยหลังจำนวนเดือนเพื่อกำหนดวันเวลาที่แผงบริษัท ฯ ต้องติดตั้งที่โครงการ เพื่อทำการเดินสายไฟและ บัสบาร์ให้เรียบร้อย โดยที่การติดตั้งสายไฟและบัสบาร์ ไม่น้อยกว่า 4 เดือน และ การไฟฟ้านครหลวงต้องเข้ามาตรวจสอบระบบไฟฟ้าให้เรียบร้อยก่อนอีก 1 เดือน ดังนั้น แผงบริษัท ฯ ควรจะติดตั้ง ณ โครงการภายในเดือนมีนาคม – เดือนเมษายน พ.ศ. 2561 ซึ่งไม่ควรช้ากว่านี้ จากการสอบถามบริษัทผู้ผลิตแผงบริษัท ฯ จะใช้เวลาในการผลิตประมาณ 60 - 90 วัน ทำให้ต้องมีการติดต่อเพื่อการสั่งซื้อและออกแบบแผงบริษัท ฯ ในเดือนตุลาคม พ.ศ. 2560 และผ่านการอนุมัติแบบแผงบริษัท ฯ ภายในสิ้นเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2560 เพื่อทำการผลิตได้ทันช่วงเวลาการจ่ายไฟที่กำหนด

3.2.2 ติดต่อบริษัทผู้ผลิตแผงบริษัท ฯ

การติดต่อบริษัทผู้ผลิตแผงบริษัท ฯ ต้องติดต่อตามทะเบียนผู้ค้า (Vendor list) หรือรายละเอียดอุปกรณ์ที่อนุมัติให้ใช้ ซึ่งถูกกำหนดโดยเจ้าของโครงการ และคัดเลือกจากรายละเอียดทางเทคนิคอีกครั้งหนึ่ง ว่าบริษัทผู้ผลิตแผงบริษัท ฯ รายใดที่มีคุณสมบัติตรงตามที่กำหนด

จาก Vendor list จากเจ้าของโครงการและบริษัทที่ปรึกษาได้ตกลงเลือกบริษัทผู้ผลิตแผงบริษัท ฯ คือ SCHNEIDER-ELECTRIC โดยมีบริษัท อาซีฟา จำกัด เป็นตัวแทนผลิตในนามลิขสิทธิ์ของ SCHNEIDER-ELECTRIC

หลังจากเลือกบริษัทผู้ผลิตแผงบริษัท ฯ ได้แล้วก็ติดต่อผ่านตัวแทนผู้ขายเพื่อส่งรายละเอียดต่าง ๆ ประกอบด้วย

1. แบบไดอะแกรมทางไฟฟ้า
2. ตารางโหลด
3. รายละเอียดข้อกำหนดทางเทคนิค
4. แบบแปลนห้องไฟฟ้า

ให้ทางบริษัทผู้ผลิตแผงบริภัณฑ์ ฯ ออกแบบแผงบริภัณฑ์ ฯ ให้กับทางโครงการเพื่อทำการตรวจสอบแบบก่อนการอนุมัติการผลิต

EMERGENCY GENERATOR		
CATTERPILLAR	USA	or Regional Under License
CUMMIN-ONAN	USA,UK(บ.คัมมินส์)	or Regional Under License
KOHLER	USA	or Regional Under License
EMERGENCY GENERATOR ALTERNATOR		
CATTERPILLAR	USA	or Regional Under License
KOHLER	USA	or Regional Under License
CUMMIN	UK (บ.คัมมินส์)	or Regional Under License
BUSDUCT & PLUG IN BUS DUCT (IP 54)		
SCHNEIDER-ELECTRIC (SQUARE-D)	USA	or Regional Under License
SIEMENS	GERMANY	or Regional Under License
GE	USA	or Regional Under License
LOW VOLTAGE CIRCUIT BREAKER : AIR AND MOLDED CASE CB (100% ที่ 45° C)		
SCHNEIDER-ELECTRIC (SQUARE-D)	USA	or Regional Under License
SIEMENS	GERMANY	or Regional Under License
ABB	ITALY	or Regional Under License
SCHNEIDER-ELECTRIC (MERLIN GERIN)	FRANCE	or Regional Under License
PANEL BOARD : MINIATURE CB & ELCB		
SCHNEIDER-ELECTRIC (SQUARE-D)	USA	or Regional Under License
SIEMENS	USA	or Regional Under License
ABB	ITALY	or Regional Under License
SCHNEIDER-ELECTRIC (MERLIN GERIN)	FRANCE	or Regional Under License

รูปที่ 3.12 ทะเบียนผู้ค้า

3.2.3 บริษัทผู้ผลิตแผงบริภัณฑ์ ฯ ส่งใบเสนอราคาและแบบแผงบริภัณฑ์ ฯ

หลังจากส่งรายละเอียดต่าง ๆ ให้กับทางบริษัทผู้ผลิตแผงบริภัณฑ์ ฯ บริษัทจะทำการออกแบบแบบแสดงรายละเอียดเพื่อการผลิต (Shop Drawing) ของแผงบริภัณฑ์ ฯ ดังรูปที่ 3.13 ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

แบบหน้าแผงบริภัณฑ์ ฯ ของบริษัทผู้ผลิตแผงบริภัณฑ์ ฯ มีกว้างอยู่ที่ 9,250 มม. สูง 2,275 มม. ซึ่งความสูงของแผงบริภัณฑ์ ฯ ประกอบด้วย ฐานตู้ ขนาด 75 มม. และขอบตู้ด้านบนและด้านล่าง ด้านละ 100 มม. เหลือบริเวณที่ใส่บริภัณฑ์ไฟฟ้าอยู่ที่ 2,000 มม. แบ่งออกเป็น ส่วน ๆ ส่วนละ 5 มม. หรือ 40 Modules ลึก 1,000 มม. โดยแบ่งเป็นรายละเอียดย่อย ๆ ดังนี้

- ช่องที่ 1 กำหนดความกว้างของช่องอยู่ที่ 1,200 มม. แบ่งตามความสูงของช่องนี้ออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 สำหรับบัสบาร์ที่เชื่อมจากด้านแรงต่ำของหม้อแปลงไฟฟ้า TR1 อยู่ในช่องด้านบน ขนาด 13 Modules ส่วนที่ 2 สำหรับ Main Circuit Breaker เป็นช่องใส่ ACB(M1) รุ่น NW50H1 และ Pilot lamp ขนาด 13 Modules และส่วนที่ 3 สำหรับ Digital Meter, Voltmeter, Ammeter, Selector Switch และ บัสบาร์ขนาด 5,000 A ที่ต่อไปยังฟีดเตอร์อื่น ๆ มีขนาด 14 Modules

- ช่องที่ 2 กำหนดความกว้างของช่องอยู่ที่ 900 มม. แบ่งตามความกว้างออกเป็น 2 ส่วน คือ 200 มม. และ 700 มม. โดยช่อง 700 มม. จะแบ่งออกเป็น 5 ช่องย่อยตามแนวความสูง ดังนี้ 7 Modules สำหรับ บัสดักขนาด 2,500 A ที่ขึ้นไปหาฟีดเดอร์ย่อย, 12 Modules สำหรับ ACB(11) รุ่น NW25H1 และ Digital Meter ของ ACB(11), 4 Modules สำหรับ บัสบาร์ขาเข้า ACB(11), 9 Modules สำหรับ MCCB(13) รุ่น NS800H และ Digital Meter ของ MCCB(13) และ 8 Modules สำหรับบัสบาร์ขนาด 5,000 A ที่ต่อไปยังฟีดเดอร์อื่น ๆ รวมถึง บัสบาร์ขาเข้าของ MCCB(13) ในช่อง 200 มม. เป็นช่องสำหรับบัสบาร์ย่อยที่ขึ้นไปหา ACB(11)

- ช่องที่ 3 กำหนดความกว้างของช่องอยู่ที่ 700 มม. ซึ่งจะแบ่งออกเป็น 5 ช่องย่อยตามแนวความสูง ดังนี้ 7 Modules สำหรับ บัสดักขนาด 2,500 A ที่ขึ้นไปหาฟีดเดอร์ย่อย, 12 Modules สำหรับ ACB(12) รุ่น NW25H1 และ Digital Meter ของ ACB(12), 4 Modules สำหรับ บัสบาร์ขาเข้า ACB(12), 9 Modules สำหรับ MCCB(14) รุ่น NS800H และ Digital Meter ของ MCCB(14) และ 8 Modules สำหรับ บัสบาร์ขนาด 5,000 A ที่ต่อไปยังฟีดเดอร์อื่น ๆ รวมถึง บัสบาร์ขาเข้าของ MCCB(14)

- ช่องที่ 4 กำหนดความกว้างของช่องอยู่ที่ 900 มม. แบ่งตามความกว้างออกเป็น 2 ส่วน คือ 200 มม. และ 700 มม. โดยช่อง 700 มม. จะแบ่งออกเป็น 7 ช่องย่อยตามแนวความสูง ดังนี้ 3 Modules เป็นช่องว่าง, 4 Modules สำหรับ Space(17), 4 Modules สำหรับ MCCB(16) รุ่น NSX400H และ Digital Meter ของ MCCB(16) , 4 Modules สำหรับ MCCB(15) รุ่น NSX630H และ Digital Meter ของ MCCB(15), 8 Modules สำหรับ Surge Protection Device, 9 Modules สำหรับ MCCB(18) รุ่น NS1000H และ Digital Meter ของ MCCB(18) และ 8 Modules สำหรับบัสบาร์ขนาด 5,000 A ที่ต่อไปยังฟีดเดอร์อื่น ๆ และบัสบาร์ขาเข้าของ MCCB(18) ส่วนในช่อง 200 มม. เป็นช่องสำหรับบัสบาร์ย่อยที่ขึ้นไปหา ACB(12), MCCB(15), MCCB(16) และ Surge Protection Device

- ช่องที่ 5 กำหนดความกว้างของช่องอยู่ที่ 1600 มม. ซึ่งจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วนย่อยตามแนวความสูง ดังนี้ 13 Modules สำหรับ บัสบาร์เข้า ACB-TIE และ อุปกรณ์ควบคุม, 13 Modules สำหรับ ACB-TIE รุ่น NW50H1-4P, 14 Modules สำหรับ บัสบาร์ขาออก ACB-TIE ไปยัง MDB-2W ส่วนในช่อง 200 มม. เป็นช่องสำหรับบัสบาร์ขนาด 5,000 A ที่ขึ้นไปหา ACB-TIE

- ช่องที่ 6 กำหนดความกว้างของช่องอยู่ที่ 900 มม. ซึ่งจะแบ่งตามความกว้างออกเป็น 2 ส่วน คือ 200 มม. และ 700 มม. โดยช่อง 700 มม. จะแบ่งออกเป็น 8 ช่องย่อยตามแนวความสูง ดังนี้ 4 Modules สำหรับ Space(29), 4 Modules สำหรับ Space(28), 4 Modules สำหรับ MCCB(27) รุ่น NSX400H และ Digital Meter ของ MCCB(27), 4 Modules สำหรับ MCCB(26) รุ่น NSX400H และ Digital Meter ของ MCCB(26), 4 Modules สำหรับ MCCB(25) รุ่น NSX400H และ Digital Meter ของ MCCB(25), 4 Modules สำหรับ MCCB(23) รุ่น NSX400H และ Digital Meter ของ MCCB(23), 8 Modules สำหรับ Surge Protection Device และ 8 Modules สำหรับบัสบาร์ขนาด 5,000 A ที่เชื่อมไปยังเซอร์กิตเบรกเกอร์

หลักของ MDB-2W ส่วนในช่อง 200 มม. เป็นช่องสำหรับบัสบาร์ย่อยที่ขึ้นไปหา MCCB(27), MCCB(26), MCCB(25), MCCB(23) และ Surge Protection Device

- ช่องที่ 7 กำหนดความกว้างของช่องอยู่ที่ 900 มม. แบ่งตามความกว้างออกเป็น 2 ส่วน คือ 200 มม. และ 700 มม. โดยช่อง 700 มม. จะแบ่งออกเป็น 5 ช่องย่อยตามแนวความสูง ดังนี้ 7 Modules สำหรับ บัสตักขนาด 2,500 A ที่ขึ้นไปหาฟีดเดอร์ย่อย, 12 Modules สำหรับ ACB(22) รุ่น NW25H1 และ Digital Meter ของ ACB(22), 4 Modules สำหรับ บัสบาร์ขาเข้า ACB(22), 9 Modules สำหรับ MCCB(210) รุ่น NS1000H และ Digital Meter ของ MCCB(210) และ 8 Modules สำหรับบัสบาร์ขนาด 5,000 A ที่ต่อไปยังฟีดเดอร์อื่น ๆ รวมถึง บัสบาร์ขาเข้าของ MCCB(210) ในช่อง 200 มม. เป็นช่องสำหรับบัสบาร์ย่อยที่ขึ้นไปหา ACB(22)

- ช่องที่ 8 กำหนดความกว้างของช่องอยู่ที่ 900 มม. แบ่งตามความกว้างออกเป็น 2 ส่วน คือ 200 มม. และ 700 มม. โดยช่อง 700 มม. จะแบ่งออกเป็น 5 ช่องย่อยตามแนวความสูง ดังนี้ 7 Modules สำหรับ บัสตักขนาด 2,500 A ที่ขึ้นไปหาฟีดเดอร์ย่อย, 12 Modules สำหรับ ACB(21) รุ่น NW25H1 และ Digital Meter ของ ACB(21), 4 Modules สำหรับ บัสบาร์ขาเข้า ACB(21), 9 Modules สำหรับ MCCB(24) รุ่น NS800H และ Digital Meter ของ MCCB(24) และ 8 Modules สำหรับบัสบาร์ขนาด 5,000 A ที่ต่อไปยังฟีดเดอร์อื่น ๆ รวมถึง บัสบาร์ขาเข้าของ MCCB(24) ในช่อง 200 มม. เป็นช่องสำหรับบัสบาร์ย่อยที่ขึ้นไปหา ACB(21)

- ช่องที่ 9 กำหนดความกว้างของช่องอยู่ที่ 1,200 มม. แบ่งตามความสูงของช่องนี้ออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 สำหรับบัสบาร์ที่เชื่อมจากด้านแรงต่ำของหม้อแปลงไฟฟ้า TR1 อยู่ในช่องด้านบน ขนาด 13 Modules ส่วนที่ 2 สำหรับ Main Circuit Breaker เป็นช่องใส่ ACB(M2) รุ่น NW50H1 และ Pilot lamp ขนาด 13 Modules และส่วนที่ 3 สำหรับ Digital Meter, Voltmeter, Ammeter, Selector Switch และ บัสบาร์ขนาด 5,000 A ที่ต่อไปยังฟีดเดอร์อื่น ๆ มีขนาด 14 Modules

นอกจากแบบ Drawing แล้ว ทางบริษัทผู้ผลิตแผงบริภัณฑ์ ฯ ต้องแนบ ใบเสนอราคา (Quotation) และเอกสารเปรียบเทียบวัสดุ (Material Approval) เพื่อส่งให้ทางโครงการและบริษัทที่ปรึกษา ตรวจสอบก่อนการอนุมัติการสั่งซื้อ

3.2.4 บริษัทผู้รับเหมารายใหญ่ตรวจสอบความถูกต้องและทำการแก้ไขแบบ

การตรวจสอบแบบ Drawing ของแผงบริภัณฑ์ ฯ ต้องทำการตรวจสอบรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. One-line type symbols ตรงกับ Single Line Diagram
2. จำนวนและขนาดของเซอร์กิตเบรกเกอร์ต้องตรงกับแผนภาพไดอะแกรมทางไฟฟ้า

3. ลักษณะโครงสร้างและการจัดวางตรงกับรูปแบบฟอร์มที่กำหนด
4. ระยะความกว้าง ยาว สูงของแผงบริภัณฑ์ ฯ ต้องสอดคล้องกับระยะของห้องไฟฟ้า
5. รายละเอียดทางเทคนิคมีความสอดคล้องกับทางบริษัทที่ปรึกษาที่กำหนด
6. รุ่นและจำนวนของเซอร์กิตเบรกเกอร์และอุปกรณ์อื่น ๆ ตรงกับใบเสนอราคา

เมื่อทำการตรวจเช็คและทำการแก้ไขแล้ว ทางบริษัทผู้รับเหมารายใหญ่ต้องส่งให้บริษัทที่ปรึกษารับทราบและทำการอนุมัติการสั่งซื้อ

3.2.5 บริษัทที่ปรึกษาอนุมัติการสั่งซื้อแผงบริภัณฑ์ ฯ

เมื่อบริษัทที่ปรึกษาอนุมัติการสั่งซื้อแผงบริภัณฑ์ ฯ เรียบร้อยแล้ว ทางบริษัทผู้รับเหมาก็ทำการส่งเอกสารอนุมัติการสั่งซื้อกลับไปยังทางบริษัทผู้ผลิตแผงบริภัณฑ์ ฯ พร้อมกับตารางกำหนดการจ่ายไฟ เพื่อให้ทางบริษัทผู้ผลิตจัดระยะเวลาการผลิตให้เหมาะสมพร้อมกับส่งวิธีการติดตั้งแผงบริภัณฑ์ ฯ ณ แท่นคอนกรีตในห้องไฟฟ้า เพราะเป็นการสั่งซื้อพร้อมการติดตั้งบนแท่นคอนกรีต และ กำหนดวันในการตรวจสอบแผงบริภัณฑ์ ฯ ก่อนการติดตั้ง โดยทางโครงการจะไปตรวจสอบ ณ บริษัทผู้ผลิต



รูปที่ 3.13 การประชุมกับตัวแทนบริษัทผู้ผลิตแผงบริภัณฑ์ ฯ เพื่อสรุปการออกแบบ



รูปที่ 3.14 แบบหน้าผังบริเวณที่ ๓ ของบริษัทผู้ผลิตบริเวณที่ ๓

บทที่ 4

การเปรียบเทียบการออกแบบและลำดับการวางแผนการสั่งซื้อแผงบริษัท ฯ

4.1 การเปรียบเทียบการออกแบบแผงบริษัท ฯ

4.1.1 การคำนวณการออกแบบระบบไฟฟ้าของตัวอย่างอาคารสูง

จากตารางโหลดทั้งตู้ Panel Board, Distribution Board รวมถึง แผงบริษัท ฯ ที่คำนวณได้นั้นพบว่า การคำนวณกระแสโหลดนั้นใช้ค่าปริมาณโหลดรวมที่คิดค่าดีมานต์แฟคเตอร์ เพื่อใช้ในการลดขนาดสายไฟฟ้าลง โดยค่าเฉลี่ยของดีมานต์แฟคเตอร์ คือ 0.84 สำหรับ Panel Board และ 0.65 สำหรับ Distribution Board และ แผงบริษัท ฯ

ระบบไฟฟ้าของอาคารมีการออกแบบขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกิน สายไฟ และ ท่อร้อยสายไฟ มากกว่าค่าขั้นต่ำที่มาตรฐาน วสท. กำหนด โดยที่การคำนวณหาพิกัดกระแสของเซอร์กิตเบรกเกอร์นั้นพบว่า มีการออกแบบให้ใช้พิกัดกระแสเซอร์กิตเบรกเกอร์ใหญ่เกินกว่าความจำเป็นถึง 2 เท่าของขนาดกระแสโหลดเพื่อในอนาคต สำหรับ Distribution Board ทำให้ค่าพิกัดกระแสไม่ตรงกับการคำนวณของโปรแกรมการออกแบบระบบไฟฟ้าในเอ็กซ์เซล ซึ่งค่าเฉลี่ยของพิกัดกระแสของเซอร์กิตเบรกเกอร์เทียบกับขนาดกระแสโหลดเพื่อในอนาคต คือ 1.31 เท่าของขนาดกระแสโหลด

การคำนวณหาขนาดของสายไฟฟ้าและท่อร้อยสายไฟที่ใช้ พบว่า มีการออกแบบให้ใช้ขนาดของท่อร้อยสายไฟใหญ่กว่าการคำนวณในโปรแกรมการออกแบบระบบไฟฟ้ามากกว่า 0.5 - 1 นิ้ว คือ ถ้าคำนวณขนาดท่อร้อยสายไฟได้ 3 นิ้ว ทางผู้ออกแบบจะออกแบบให้ใช้ท่อร้อยสายไฟที่ 3.5 นิ้ว หรือ 4 นิ้ว

ตารางที่ 4.1 ความหมายของสีที่ใช้ในตารางโหลด

สี	ความหมาย
สีแดง	ค่าโหลดที่ใช้มีความคลื่อนไม่ตรงกับค่าโหลดในบริษัทย่อย
สีส้ม	มีการใช้ขนาดของเซอร์กิตเบรกเกอร์, ท่อร้อยสายไฟหรือสายไฟฟ้าเกินความจำเป็น
สีเขียว	มีการใช้ขนาดของเซอร์กิตเบรกเกอร์, ท่อร้อยสายไฟหรือสายไฟฟ้าตรงกับการคำนวณของโปรแกรมการออกแบบระบบไฟฟ้า

4.1.2 โปรแกรมการออกแบบระบบไฟฟ้าในโปรแกรมเอ็กซ์เซล

จากการใช้งานโปรแกรมสำหรับการคำนวณหาขนาดของสายไฟฟ้า รางเคเบิล หรือท่อร้อยสายไฟ เป็นต้น พบว่า โปรแกรมสามารถคำนวณหาขนาดสายไฟฟ้าที่เหมาะสมสำหรับขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์ ยกเว้นในกรณีที่ต้องการใช้สายไฟในขนาดที่เล็กลงแล้วเพิ่มจำนวนสายไฟจาก 1 เส้น เป็น 2 เส้นแทน นั้น โปรแกรมไม่สามารถคำนวณได้ เนื่องจากโปรแกรมจะเทียบขนาดกระแสของเซอร์กิตเบรกเกอร์กับกระแสที่สายไฟทนได้สูงสุดตามมาตรฐานและจะทำการแสดงขนาดของสายไฟ อีกทั้งขนาดของรางเดินสายไฟเป็นขนาดมาตรฐานตามคำแนะนำของ ว.ส.ท. ซึ่งบริษัทผู้ผลิตอาจมีขนาดของรางสายไฟที่หลากหลายกว่า

4.1.3 การออกแบบหน้าแผงบริษัท ฯ

การออกแบบแผงบริษัท ฯ ของผู้จัดทำและบริษัทผู้ผลิตแผงบริษัท ฯ สามารถเปรียบเทียบความแตกต่างของขนาดแผงบริษัท ฯ และการจัดวางอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในแผงบริษัท ฯ ตามตารางที่ 4.2

เนื่องจากแผงบริษัท ฯ ที่ทางบริษัทผู้ผลิตได้ออกแบบมานั้นมีขนาดความยาวของแผงบริษัท ฯ คือ 9,250 มิลลิเมตร และเมื่อรวมระยะความยาวของแผงบริษัท ฯ หม้อแปลงไฟฟ้า ซึ่งทางบริษัทผู้จำหน่ายหม้อแปลงไฟฟ้าได้ออกแบบความยาวของแผงบริษัท ฯ หม้อแปลงไฟฟ้าที่ 2,100 มม. เมื่อรวมพความยาวของแผงบริษัท ฯ ไฟฟ้าทั้งหมดจะได้ 13,450 มม. และเมื่อพิจารณาพื้นที่ในการเข้าปฏิบัติงานตามมาตรฐานของ ว.ส.ท. ที่ต้องมีระยะห่างจากแผงบริษัท ฯ หม้อแปลงไฟฟ้ากับกำแพงคือ 1,000 มม. ดังนั้นจะความยาวของห้องไฟฟ้าที่ต้องออกแบบคือ 15,450 มม. ซึ่งมากกว่าขนาดความยาวห้องของไฟฟ้าที่ทางผู้ออกแบบอาคารได้ออกแบบไว้ถึง 700 มม.

ทางผู้จัดทำจึงเสนอแนวทางการแก้ไขแนวทางการแก้ไข 2 แนวทาง คือ

แนวทางที่ 1 การขยายห้องไฟฟ้าโดยการเลือกลดขนาดของห้องเครื่องกำเนิดไฟฟ้าฉุกเฉิน (Emergency generator room) หรือลดขนาดห้องครัวของร้านอาหารอย่างใดอย่างหนึ่ง

แนวทางที่ 2 แก้ไขแบบแผงบริษัท ฯ โดยการลดขนาดแอมแปร์เฟรมของเซอร์กิตเบรกเกอร์ไทน์ (TIE-Circuit Breaker) ลงเหลือ 4,000 AF

จากการปรึกษากับพนักงานที่ปรึกษา แนวทางที่ 1 ไม่สามารถทำได้เนื่องจากทางผู้ออกแบบอาคารไม่ยินยอมที่จะลดขนาดของห้องครัวและขนาดของห้องเครื่องกำเนิดไฟฟ้าฉุกเฉินถูกออกแบบให้มีขนาดเท่ากับขนาดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพร้อมกับพื้นที่ว่างในการปฏิบัติงานได้ตรงตามมาตรฐานของ วสท. จึงไม่สามารถลดขนาดของห้องเครื่องกำเนิดไฟฟ้าฉุกเฉินได้ ดังนั้นจึงเลือกแนวทางที่ 2 ซึ่งจากขนาดกระแสโหลด

รวมเมื่อคำนวณที่ 125% ของกระแสไหลรวมทั้ง MDB1W และ MDB2W คือ 3,862.86 A และ 3,320.28 A ตามลำดับ และ จากกรณีศึกษาโครงการก่อสร้างที่อยู่อาศัยของบริษัท นั้นทวน จำกัด ที่มีลักษณะการออกแบบระบบไฟฟ้าที่คล้ายกัน เมื่อมีการเปิดใช้งานอาคารและมีผู้พักอาศัยประมาณ 70-80% ได้ทำการวัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลอยู่ในบัสบาร์ภายในแผงบริภัณฑ์ ฯ พบว่า มีขนาดกระแสเพียง 45-55% ของขนาดกระแสไหลที่คำนวณในตารางโหลด

เซอร์กิตเบรกเกอร์ไทน์เป็นเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่ทำงานเพื่อแบ่งจ่ายโหลดไฟฟ้าเมื่อ MDB1W หรือ MDB2W เกิดปัญหา เพื่อให้สามารถจ่ายไฟฟ้าให้โหลดต่อได้โดยให้ MDB ที่ทำงานปกติแบ่งจ่ายไฟฟ้าเพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงเสนอให้ลดขนาดแอมแปร์เฟรมของเซอร์กิตเบรกเกอร์ไทน์จาก 5000 AF เป็น 4000 AF ให้เท่ากับขนาดของแอมแปร์ทริปของเซอร์กิตเบรกเกอร์ไทน์ เพราะเป็นเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่ไม่ได้เป็นเซอร์กิตเบรกเกอร์หลักของแผงบริภัณฑ์ ฯ แต่เซอร์กิตเบรกเกอร์ไทน์ไม่สามารถเพิ่มขนาดของแอมแปร์ทริปได้ เนื่องจากเป็นค่าแอมแปร์ทริปที่สูงสุดที่เซอร์กิตเบรกเกอร์นั้นเลือกใช้ได้ตามขนาดของแอมแปร์เฟรม ทั้งนี้การลดขนาดของแอมแปร์เฟรมของเซอร์กิตเบรกเกอร์ไทน์ จากเดิมใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์อากาศรุ่น NW50H1 4P เปลี่ยนเป็นรุ่น NW40H1 4P ส่งผลให้ขนาดความกว้างของเซอร์กิตเบรกเกอร์ไทน์ลดลงและช่องบัสบาร์แนวตั้งเข้าไทน์ลดลงด้วย ทำให้สามารถลดขนาดของแผงบริภัณฑ์ ฯ ได้ 700 มม. ทำให้ไม่ต้องขยายห้องไฟฟ้า โดยแบบแผงบริภัณฑ์ ฯ ของบริษัทผู้ผลิตบริภัณฑ์ ฯ ฉบับแก้ไขขนาดของแอมแปร์เฟรมของเซอร์กิตเบรกเกอร์ไทน์ เป็นดังรูปที่ 4.2

4.2 การวางแผนการจัดซื้อแผงบริภัณฑ์ ฯ

ลำดับและขั้นตอนในการจัดซื้อแผงบริภัณฑ์ ฯ จะต้องดำเนินการให้ตรงกับตารางกำหนดการจ่ายไฟ เพื่อให้สามารถติดตั้งแผงบริภัณฑ์ ฯ ได้ตรงตามกำหนดการ ซึ่งสามารถเขียนเป็นผังงาน (Flowchart) ได้ตามผังงานขั้นตอนการจัดซื้อและตรวจสอบการออกแบบแผงบริภัณฑ์ ฯ โดยการทำงานตามขั้นตอนการจัดซื้อแผงบริภัณฑ์ ฯ นี้ สามารถช่วยแก้ปัญหาความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในระหว่างการออกแบบให้น้อยลงได้

ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงการเปรียบเทียบแบบหน้าแผงบริษัท ฯ

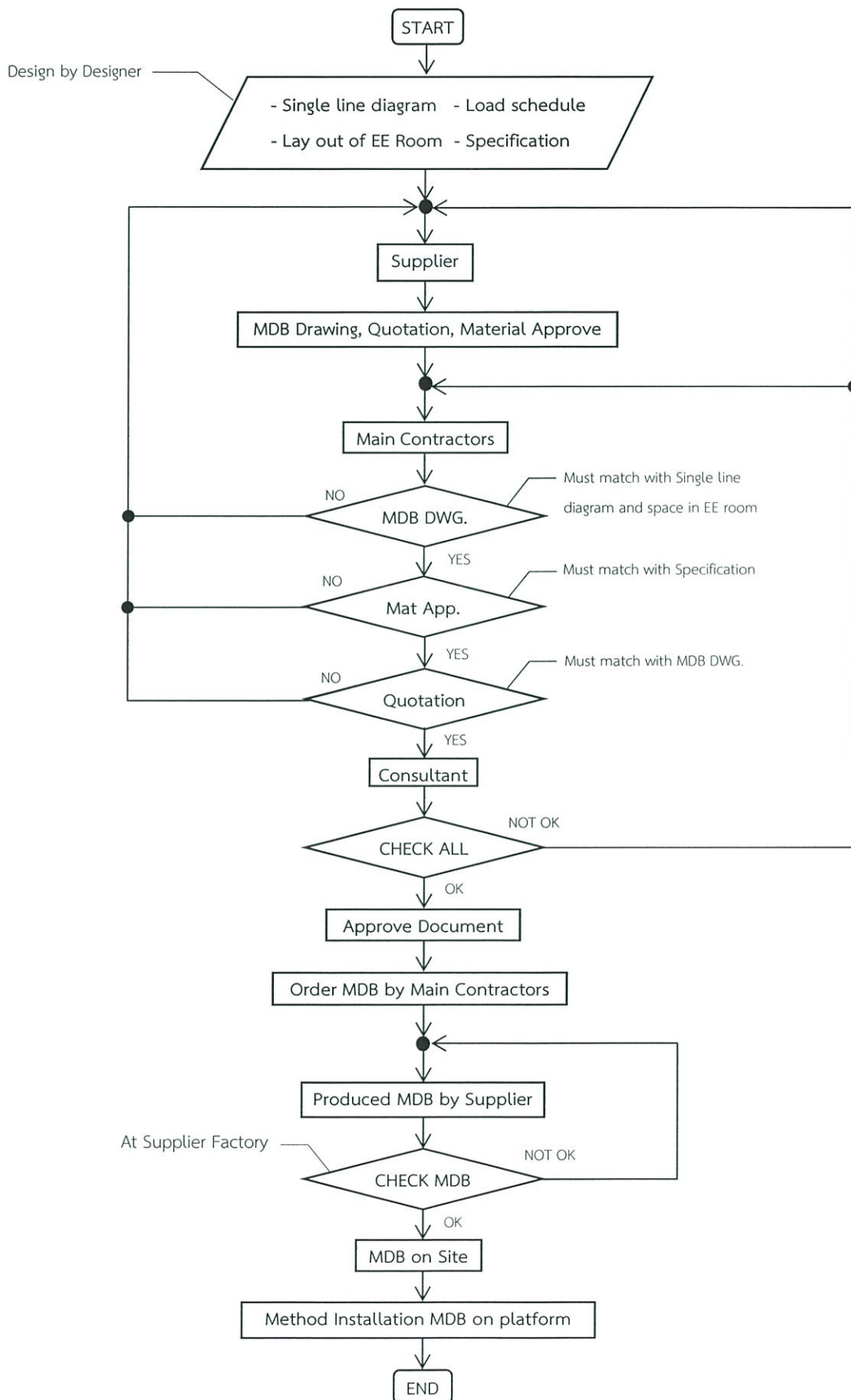
คำอธิบาย	แบบหน้าแผง บริษัท ฯ แบบที่ 1	แบบหน้าแผง บริษัท ฯ แบบที่ 2	แบบหน้าแผง บริษัท ฯ ของ บริษัทผู้ผลิตแผง บริษัท	หมายเหตุ
1. ขนาดของแผง บริษัท (กว้าง x ยาว x สูง), (มม.)	1000 x 8650 x 2275 *ไม่มีช่อง Busbar Vertical ขนาด 400 มม. และ 200 มม.	1000 x 9050 x 2275 *ไม่มีช่อง Busbar Vertical ขนาด 200 มม.	1000 x 9250 x 2275	*แบบที่ 2 และแบบจาก บริษัทผู้ผลิต ฯ มีความยาว แผงบริษัทเกินกำหนดของ ความยาวขนาดห้องไฟฟ้า
2. จำนวนช่องของ แผงบริษัท	9	9	9	*ขนาดของแต่ละช่องย่อย ต่างกัน มีการแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ Circuit Breaker Compartment, Metering & Control Compartment และ Busbars & Cable Compartment
2.1 ช่อง Busbar Verticle	กว้างขนาด 200 มม. จำนวน 4 ช่อง	กว้างขนาด 200 มม. จำนวน 4 ช่อง และ กว้างขนาด 400 มม. จำนวน 1 ช่อง	กว้างขนาด 200 มม. จำนวน 5 ช่อง และ กว้างขนาด 400 มม. จำนวน 1 ช่อง	*ช่อง Busbar Vertical ขนาดกว้าง 200 มม. เป็นช่อง ที่สามารถรับบัสบาร์ขนาด กระแสสูงสุด 3200 A และ ขนาดกว้าง 400 มม. สามารถ รับบัสบาร์ขนาดกระแสสูงสุด 6300 A ดังนั้นการเพิ่มหรือ ลดช่องบัสบาร์ต้องคำนึงถึง ขนาดกระแสโหลดก่อน
2.2 ขนาดของช่อง TIE	กว้างขนาด 1200 มม. โดยไม่มีช่อง Busbar Vertical * การจัดวางบัสบาร์ผิดไม่ ต้องมีช่องสำหรับบัส บาร์ขนาด 4000 A ก่อนเข้า TIE-ACB และ ออกไปยัง MDB-2W ตาม Single line diagram	กว้างขนาด 1600 มม. แบ่งเป็น 1200 มม. สำหรับ TIE-ACB และ 400 มม. สำหรับ Busbar Vertical ขนาดกระแส 4000 A 4P และ route line ของบัสบาร์ตรงกับ Single line diagram		*ตามคำแนะนำของ บริษัทผู้ผลิตและ Specification ต้องมีช่องแยก ระหว่าง Breaker และ Busbars

ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงการเปรียบเทียบแบบหน้าแผงบริษัท ฯ (ต่อ)

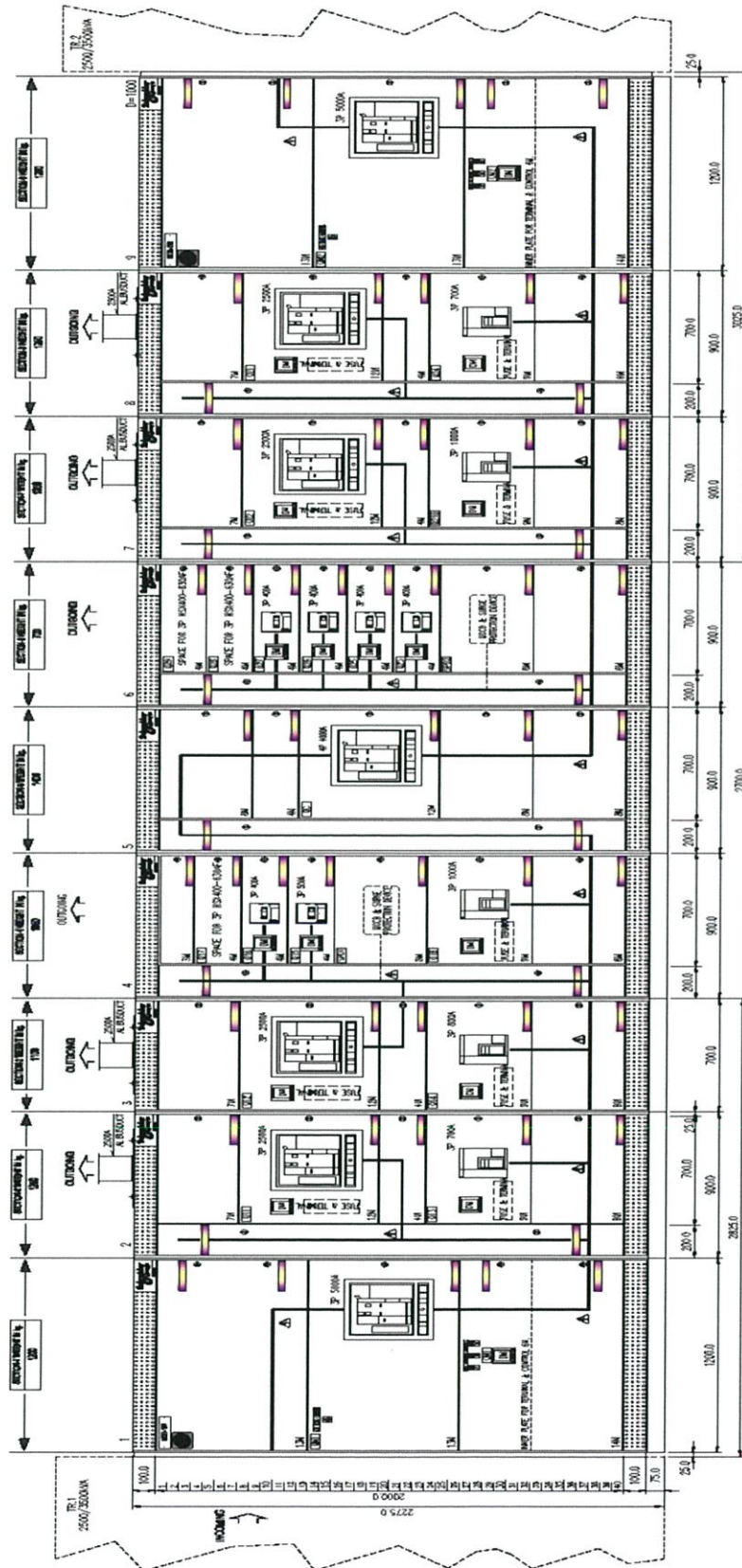
คำอธิบาย	แบบหน้าแผง บริษัท ฯ แบบที่ 1	แบบหน้าแผง บริษัท ฯ แบบที่ 2	แบบหน้าแผง บริษัท ฯ ของ บริษัทผู้ผลิตแผง บริษัท	หมายเหตุ
2.3 ลำดับการจัด วางตาม	MDB-1W และ MDB-2W มีการจัด วางตามลำดับขนาด ของเบรกเกอร์ และ จากเบรกเกอร์เมน ไปยังเบรกเกอร์ย่อย	MDB-1W มีการจัด วางตามลำดับขนาด ของเบรกเกอร์ และ จากเบรกเกอร์เมน ไปยังเบรกเกอร์ย่อย แต่ MDB-2W มีการ สลับเอาเบรกเกอร์ ย่อยต่อกับ MIAN ACB ก่อนแล้วตาม ด้วยเบรกเกอร์เมน	MDB-1W และ MDB- 2W มีการจัดวาง ตามลำดับขนาดของ เบรกเกอร์ และจาก เบรกเกอร์เมนไปยัง เบรกเกอร์ย่อย	*ควรจัดวางเบรกเกอร์จาก MIAN BREAKER ใกล้กับ FEEDER ที่มีขนาดใหญ่ที่สุด ก่อนและเรียงจากโหลตมาก ไปน้อยตามลำดับ
3. อุปกรณ์ไฟฟ้าในแผงบริษัท				
3.1 เซอร์กิตเบรกเกอร์				
• จำนวนเซอร์กิต เบรกเกอร์	ครบตาม Single line diagram			
• รุ่นของเซอร์กิต เบรกเกอร์	ตรงตามใบเสนอ ราคาของ บริษัทผู้ผลิตแผง บริษัท ยกเว้น MCCB ของคาปาซิ เตอร์ ใช้เป็น ACB แทน*	ตรงตามใบเสนอ ราคาของ บริษัทผู้ผลิตแผง บริษัท	ตามใบเสนอราคา	*จากแบบไดอะแกรม พบว่า สัญลักษณ์ของเบรกเกอร์คา ปาซิเตอร์เป็น MCCB ไม่ใช่ ACB
• ตำแหน่งการจัด วางเซอร์กิตเบรก เกอร์	ช่อง Modules สำหรับ ACB และ MCCB ใช้จำนวน Modules เท่ากัน ตามขนาดของเบรกเกอร์ แต่สำหรับ MCCB รุ่น NSX630H และ NSX400H ทิศการวางเบรกเกอร์ในแนวนอน			*ลำดับการวางของเบรกเกอร์ ในแต่ละแบบจะแตกต่างกัน ทิศทางการวางของเบรกเกอร์ เป็นไปตามแบบฟอร์มของ Schneider Specification

ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงการเปรียบเทียบแบบหน้าแผงบริษัท ฯ (ต่อ)

คำอธิบาย	แบบหน้าแผง บริษัท ฯ แบบที่ 1	แบบหน้าแผง บริษัท ฯ แบบที่ 2	แบบหน้าแผง บริษัท ฯ ของ บริษัทผู้ผลิตแผง บริษัท	หมายเหตุ
3.2 Surge Protection Device	ติดตั้งอยู่ในช่องเดียวกับ MIAN ACB ที่ช่องย่อยที่ 3 ของทั้ง MDB-1W และ MDB-2W ทางด้านไฟเข้า MAIN ACB ตามแบบ Single line	ติดตั้งที่ฟีดเดอร์ในช่องย่อยที่ 3 ของทั้ง MDB-1W และ MDB-2W เนื่องจาก Surge Protection จะป้องกันฟีดเดอร์ทั้งหมดตามคำแนะนำของผู้ผลิต	ติดตั้งที่ฟีดเดอร์ในช่องย่อยที่ 3 ของทั้ง MDB-1W และ MDB-2W เนื่องจาก Surge Protection จะป้องกันฟีดเดอร์ทั้งหมดตามคำแนะนำของผู้ผลิต	*SPD ต้องต่อหลังจาก Main ACB เนื่องจากกระแสไฟฟ้าจากฟ้าผ่า ผ่านสายล่อฟ้า ผ่านดินมาทางสาย Ground ผ่านอุปกรณ์ไฟฟ้าครบวงจรที่ line ดังนั้น SPD ติดตั้งเพื่อป้องกันอุปกรณ์ไฟฟ้า
3.3 Metering and Control	Metering and Control ของ Main ACB และ ACB ติดตั้งอยู่ในช่องด้านบนเหนือ Main ACB ส่วน Digital Meter ของ MCCB ติดตั้งอยู่ภายในช่องเดียวกัน	Metering and Control ของ Main ACB ติดตั้งอยู่ในช่องด้านล่างสุดของ Main ACB ส่วน Digital Meter ของ ACB และ MCCB ติดตั้งอยู่ภายในช่องเดียวกัน	Metering and Control ของ Main ACB ติดตั้งอยู่ในช่องด้านล่างสุดของ Main ACB ส่วน Digital Meter ของ ACB และ MCCB ติดตั้งอยู่ภายในช่องเดียวกัน	*Metering and Control ของ Main ACB ทั้ง MDB-1W และ MDB-2W ต้องวางไว้ในช่องด้านล่างสุด เนื่องจาก ช่องด้านบนเป็นช่องสำหรับ Busbar Horizontal ที่ต้องไปเชื่อมกับหม้อแปลงไฟฟ้าด้านแรงดันต่ำ มีพื้นที่ไม่เพียงพอ จึงจำเป็นต้องย้าย Metering and Control มาไว้ด้านล่าง



รูปที่ 4.1 ฝั่งงานขั้นตอนการจัดซื้อและตรวจสอบการออกแบบแผงบริภัณฑ์ ฯ



รูปที่ 4.2 แบบผังบริภัณฑ์ ฯ แบบแก้ไข

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

จากการใช้งานโปรแกรมการคำนวณการออกแบบระบบไฟฟ้าในโปรแกรมเอ็กซ์เซล พบว่าสามารถตรวจสอบการออกแบบระบบไฟฟ้าได้ง่ายและรวดเร็วมากขึ้น ทำให้สามารถแก้ไขตารางโหลดและแผนภาพไดอะแกรมทางไฟฟ้าได้ตามความต้องการของเจ้าของโครงการและสอดคล้องตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้า ซึ่งส่งผลต่อการออกแบบแผงบริษัท ฯ โดยเมื่อพิจารณาจากขนาดกระแสโหลดทั้งหมดของอาคารที่ได้จากการคำนวณในโปรแกรม ทำให้สามารถลดขนาดแอมแปร์เฟรมของโหนดเซอร์กิตเบรกเกอร์ ลงเหลือ 4000 แอมแปร์เฟรม ดังนั้นแบบบริษัท ฯ ที่ทางบริษัทผู้ผลิตแผงบริษัท ฯ ได้ออกแบบไว้จึงมีขนาดของแผงบริษัท ฯ ลดลง เป็น 8550 มิลลิเมตร ทำให้สามารถติดตั้ง โหนดไฟฟ้าได้โดยไม่ต้องทำการขยายห้องไฟฟ้า และเมื่อปฏิบัติตามผังงานขั้นตอนการจัดซื้อและตรวจสอบแบบแผงบริษัท ฯ ที่ผู้จัดทำได้ออกแบบทำให้สามารถตรวจสอบแบบแผงบริษัท ฯ ได้ง่ายมากขึ้นและช่วยลดความผิดพลาดและระยะเวลาการสั่งซื้อแบบแผงบริษัท ฯ ให้รวดเร็วยิ่งขึ้น

5.2 ปัญหาที่พบในการศึกษา

5.2.1 การติดต่อสื่อสารกับบริษัทผู้ผลิตแผงบริษัท ฯ สามารถทำได้ยากและเกิดความล่าช้า ทำให้งานไม่เสร็จไปตามกำหนดการในแผนงาน

5.2.2 มีการเปลี่ยนแปลงแบบแผงบริษัท ฯ ตามความต้องการของผู้ออกแบบและที่ปรึกษา ทำให้ไม่สามารถออกเอกสารอนุมัติได้

5.2.3 แบบไดอะแกรมทางไฟฟ้า ตารางโหลด และแบบแปลนของห้องไฟฟ้า เป็นแบบที่ไม่เสร็จสมบูรณ์มีการแก้ไขเพิ่มเติมตลอดเวลา ทำให้มีปัญหาในการออกแบบแผงบริษัท ฯ

5.3 วิธีการแก้ไขและข้อเสนอแนะ

5.3.1 มีบุคคลตัวแทนที่เป็นสื่อกลางในการติดต่อสื่อสารกับบริษัทผู้ผลิตแผงบริษัท ฯ ทำให้สามารถทำงานได้รวดเร็วขึ้น

5.3.2 ต้องมีการประชุมสรุปแบบกับบริษัทผู้ผลิตแผงบริษัท ฯ ที่ปรึกษา และผู้รับเหมารายใหญ่ เพื่อความเข้าใจแบบแผงบริษัท ฯ ที่ตรงกันจะสามารถทำให้แบบได้รับการอนุมัติได้

5.2.3 ตรวจสอบแบบแบบไดอะแกรมทางไฟฟ้า ตารางโหลด และแบบแปลนของห้องไฟฟ้า ให้เรียบร้อยก่อนการจัดซื้อแผงบริษัท ฯ เพื่อลดระยะเวลาในการแก้ไขแบบ

5.2.4 ควรศึกษาการออกแบบแผงบริษัท ฯ ของแบรนด์อื่น ๆ ว่ามีจุดที่แตกต่างกันอย่างไรและนำมาเปรียบเทียบกัน เนื่องจากในกรณีนี้เป็นการศึกษาจากแบรนด์ของผลิตภัณฑ์เพียงแบรนด์เดียว

5.2.5 พัฒนาโปรแกรมการคำนวณการออกแบบระบบไฟฟ้าให้มีตัวเลือกการลดขนาดของสายไฟฟ้าลงสำหรับผู้ใช้งานโปรแกรมที่ต้องการออกแบบระบบไฟฟ้าให้คุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

เอกสารอ้างอิง

- [1] “Low voltage Catalogue 2015: Compact NS.” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://www.schneider-electric.co.th/documents/download_info/catalog_product/CompactNS_2013_TH_edition.pdf สืบค้น 22 กันยายน 2560
- [2] “Low voltage Catalogue 2015: Compact NSX.” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : [http://www2.schneider-electric.com/resources/sites/SCHNEIDER_ELECTRIC/content/live/FAQS/289000/FA289174/en_US/Compact%20NSX%20\(2015\).pdf](http://www2.schneider-electric.com/resources/sites/SCHNEIDER_ELECTRIC/content/live/FAQS/289000/FA289174/en_US/Compact%20NSX%20(2015).pdf) สืบค้น 22 กันยายน 2560
- [3] “Low voltage electrical distribution: Master pact NT and NW.” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <https://kz.schneider-electric.com/documents/electrical-distribution/en/shared/LVPED508016EN.pdf> สืบค้น 22 กันยายน 2560
- [4] “Main Distribution Board (ชุดประกอบสำเร็จควบคุมไฟฟ้าแรงต่ำ).” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : [http://www.contech.co.th/category/Main%20Distribution%20Board%20\(MDB\).pdf](http://www.contech.co.th/category/Main%20Distribution%20Board%20(MDB).pdf) สืบค้น 11 กันยายน 2560
- [5] “การวัดค่า Apparent Power.” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://4232rt.blogspot.com/> สืบค้น 5 ตุลาคม 2560
- [6] เตชทัต บุรณะอัศวกุล. “องค์ประกอบหลักในการออกแบบและการทดสอบแบบพื้นฐานประจำ (Routine Test) ของตู้สวิตช์บอร์ด ฯ” ใน เตชทัต บุรณะอัศวกุล. การอบรมเชิงวิชาชีพเรื่องการเลือกใช้ การออกแบบ การติดตั้งและการบำรุงรักษาแผงสวิตช์แรงต่ำ (MDB). วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์, 2560.
- [7] ธนวรรณ ช่วยคงมา, อิศรา มุลศรี. “การผลิตตู้แผงจ่ายไฟฟ้าหลัก ณ บริษัท ภัทรเมธากิจ จำกัด.” วิทยานิพนธ์ปริญญาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสยาม, 2556.
- [8] “บทที่ 7 การออกแบบระบบไฟฟ้าและการคำนวณโหลดระบบไฟฟ้า.” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://montri.rmutl.ac.th/assets/ee2017-07.pdf> สืบค้น 6 กันยายน 2560
- [9] “บทที่ 15 หลักการออกแบบระบบไฟฟ้ากำลัง.” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://montri.rmutl.ac.th/assets/ee15.pdf> สืบค้น 7 กันยายน 2560

- [10] “เบรกเกอร์ (Circuit Breaker) คืออะไร ประเภทต่าง ๆ ของเบรกเกอร์.” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <https://www.pmk.co.th/shop/Ccircuit-breaker> สืบค้น 8 ตุลาคม 2560
- [11] “แผงสวิตช์ไฟฟ้าแรงดันต่ำและคอนโทรลเกียร์ (Low-voltage switchgear and Control gear).” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.coe.or.th/coe-2/Download/Articles/EE/EE5.pdf> สืบค้น 7 กันยายน 2560
- [12] “ระบบป้องกันไฟกระชอกชั่วขณะ.” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.solarcenter.solar/images/column_1427790192/Solarcenter_solar%20-%202007%20Surge%20Protection.pdf สืบค้น 3 ตุลาคม 2560
- [13] ลือชัย ทองนิล. การออกแบบและการติดตั้งระบบไฟฟ้าตามมาตรฐานของการไฟฟ้า. พิมพ์ครั้งที่ 25. สำนักพิมพ์ ส.ส.ท., 2554
- [14] วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย. มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2556. พิมพ์ครั้งที่ 2. วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์, 2557
- [15] “อุปกรณ์ตัดตอน.” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <https://www.bloggang.com/m/viewdiaryphp?id=yaovarit&month=07-2013&date=22&group=1&gblog=13> สืบค้น 30 กันยายน 2560

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.

ตารางไหลตของตัวอย่างอาคารสูงฉบับแก้ไข

ภาคผนวก ก.

ตารางโหลดของตัวอย่างอาคารสูงฉบับแก้ไข

ตารางที่ ก.1 ตารางโหลดของตู้โหลดย่อย (Panel Board)

NO.	PANEL BOARD NAME	LOCATION	DESCRIPTION	LOAD IN VA			TOTAL CONNECTED LOAD (VA)	TOTAL DEMAND LOAD (VA)	DEMAND FACTOR	CURRENT LOAD (A)	CURRENT LOAD X 125% (A)	MAIN CIRCUIT BREAKER SWITCH			WIRE SIZE (SQMM)	NOTE	
				A	B	C						AT	AF	OVER DESIGN			
1	EP B/A (B1 FL - B3 FL)	EE ROOM B1 FL WING A'	LIGHTING	4,400.00	4,400.00	4,700.00										3 PHASE, 4 WIRE, SN, 230/400 VOLTS	
			EMERGENCY LIGHT	500.00	0.00	1,000.00											
			BKT SIGN	500.00	0.00	1,000.00	24,650.00	22,185.00	0.90	35.58	44.47	100	112				
			CENTRAL BATTERY	2,500.00	1,250.00	0.00											
			SPARE	0.00	1,000.00	1,000.00											
			TOTAL	7,900.00	9,650.00	7,700.00											
			LIGHTING	4,500.00	5,100.00	4,700.00											
			SHUTTER DOOR	3,000.00	3,000.00	3,000.00	271,300.00	218,400.00	0.80	39.40	49.26	100	102				
			SPARE	1,000.00	1,000.00	2,000.00											
			TOTAL	8,500.00	9,100.00	9,700.00											
3	EP B/A/1	EE ROOM B1 FL	LIGHTING	1,000.00	1,300.00	1,000.00										3 PHASE, 4 WIRE, SN, 230/400 VOLTS	
			FLOWER CHILLER	1,200.00	1,200.00	1,200.00											
			CONDENSING (0.77 MW)	300.00	300.00	300.00											
			CONDENSING (1.13 MW)	700.00	700.00	700.00	21,100.00	19,170.00	0.90	30.74	38.43	100	130				
			ICE CARVING FREEZER	1,800.00	1,800.00	1,800.00											
			SPARE	2,000.00	2,000.00	2,000.00											
			TOTAL	7,000.00	7,500.00	7,000.00											
			LIGHTING	900.00	500.00	0.00											
			KITCHEN CHILLER	1,600.00	1,600.00	1,600.00											
			CONDENSING (1.43 MW)	600.00	600.00	600.00											
4	EP B/A/2	DRY FOOD STORE B1 FL	COUNTER TOP	1,000.00	0.00	0.00										3 PHASE, 4 WIRE, SN, 230/400 VOLTS	
			REFRIGERATOR	1,000.00	0.00	0.00											
			CABINET W/COOLD PAN	1,000.00	0.00	0.00											
			COUNTER TOP FREEZER	0.00	1,000.00	0.00	21,000.00	18,000.00	0.85	30.31	37.89	100	132				
			ICE CUBE MACHINE	0.00	2,000.00	0.00											
			SPARE	1,000.00	2,000.00	5,000.00											
			TOTAL	6,100.00	7,000.00	7,200.00											
			DAIRY CHILLER	1,200.00	1,200.00	1,200.00											
			BUTCHER CHILLER	2,100.00	2,100.00	2,100.00											
			BUTCHER FREEZER	2,400.00	2,400.00	2,400.00											
5	EP B/B/1	EE ROOM B1B FL	SEAFOOD CHILLER	2,500.00	2,500.00	2,500.00										3 PHASE, 4 WIRE, SN, 230/400 VOLTS	
			FRUIT CHILLER	2,150.00	2,150.00	2,150.00											
			GENERAL CHILLER	2,100.00	2,100.00	2,100.00											
			GENERAL FREEZER	2,400.00	2,400.00	2,400.00	84,900.00	76,410.00	0.90	122.54	153.18	250	258				
			POST-PAGE CHALLER	5,900.00	5,900.00	5,900.00											
			GARDE MANGER	2,150.00	2,150.00	2,150.00											
			CHILLER	1,600.00	1,600.00	1,600.00											
			KERY CHILLER	1,600.00	1,600.00	1,600.00											
			KERY FREEZER	1,800.00	1,800.00	1,800.00											
			SPARE	2,000.00	2,000.00	2,000.00											
TOTAL	28,300.00	28,300.00	28,300.00														
6	EP B/B/2	EE ROOM B1B FL	LIGHTING	1,700.00	1,100.00	1,100.00										3 PHASE, 4 WIRE, SN, 230/400 VOLTS	
			KERY CHILLER	1,600.00	1,600.00	1,600.00											
			PASTRY FREEZER	2,600.00	2,600.00	2,600.00											
			ICE FLAKE MACHINE	2,100.00	0.00	0.00											
			COUNTER TOP FREEZER	900.00	1,800.00	0.00	41,500.00	37,350.00	0.90	59.90	74.88	100	107				
			COUNTER TOP REFRIGERATOR	0.00	1,800.00	0.00											
			SPARE	5,000.00	5,000.00	9,000.00											
			TOTAL	13,700.00	13,700.00	14,100.00											

ตารางที่ ก.1 ตารางโหลดของตู้โหลดย่อย (Panel Board) (ต่อ)

NO.	PANELBOARD NAME	LOCATION	DESCRIPTION	LOAD IN VA			TOTAL CONNECTED LOAD (VA)	TOTAL DEMAND LOAD (VA)	DEMAND FACTOR	CURRENT LOAD (A)	CURRENT LOAD X 125% (A)	MAIN CIRCUIT BREAKER SWITCH		WIRE SIZE (SQMM)	NOTE	
				A	B	C						AT	AF			OVER DESIG
7	EPK B1A/3	COMPRESSOR RM. B1B FL.	REMOTE CONDENSING	11,750.00	11,750.00	11,750.00	41,250.00	371,125.00	0.90	59.54	74.42	80	100	1.07	3 PHASE, 4 WIRE, SN. 2304400 VOLTS	
			SPARE	2,000.00	2,000.00	2,000.00										
			TOTAL	13,750.00	13,750.00	13,750.00										
8	PPK B1A/1	EE ROOM B1B FL.	LIGHTING	1,200.00	1,500.00	700.00	51,000.00	462,600.00	0.90	74.19	92.74	100	100	1.08	4-50, 1-10G EECOT IN DIA. 2" IMC 1/2" IMC	3 PHASE, 4 WIRE, SN. 2304400 VOLTS
			EXIT SIGN	0.00	0.00	500.00										
			CENTRAL BATTERY	500.00	0.00	0.00										
			RECEPTACLE	2,800.00	2,000.00	3,000.00										
			SPARE PLUG	9,000.00	6,000.00	9,000.00										
			CHAIN CONVEYOR	800.00	800.00	800.00										
			AIR CURTAIN	0.00	1,000.00	0.00										
			FC-W-81	1,300.00	1,400.00	1,900.00										
			OU-M-W-81	800.00	0.00	0.00										
			ST-FE-W-81	800.00	800.00	0.00										
			SPARE	1,000.00	2,000.00	2,000.00										
			TOTAL	18,200.00	15,300.00	17,900.00										
			LIGHTING	1,000.00	900.00	500.00										
			EXIT SIGN	0.00	0.00	500.00										
			RECEPTACLE	2,000.00	0.00	0.00										
EXTRACTION HOOD	0.00	2,000.00	0.00													
SPARE PLUG	9,000.00	3,000.00	9,000.00													
ELECTRIC DEEP FAT FRYER	12,000.00	12,000.00	12,000.00													
ELECTRIC TILTING FRYER	7,800.00	7,800.00	7,800.00													
BRATT PAN	5,000.00	5,000.00	0.00													
HOT WELL	5,000.00	5,000.00	0.00													
ELECTRIC NOODLE RANGE	3,300.00	3,300.00	3,300.00													
AIR CURTAIN	0.00	1,000.00	0.00													
TRAY SHOE	0.00	0.00	1,000.00													
UNDERCOUNTER GLASS WASHER	2,200.00	2,200.00	2,200.00													
DISH WASHER	3,600.00	3,600.00	3,600.00													
CABINET W/COLD	3,000.00	0.00	0.00													
COFFEE BREWER	0.00	3,500.00	0.00													
BEVERAGE DISPENSER	0.00	0.00	1,100.00													
HOT&COLD WATER DISPENSER	0.00	1,500.00	0.00													
SPARE	0.00	3,000.00	6,000.00													
TOTAL	48,900.00	68,800.00	47,000.00													
RECEPTACLE	1,800.00	800.00	0.00													
FC-W-81	2,200.00	500.00	1,000.00													
OU-M-W-81	0.00	2,000.00	0.00													
ST-FE-W-81	1,400.00	1,400.00	1,400.00													
ST-FE-W-81	2,800.00	2,800.00	2,800.00													
SPARE	4,000.00	5,000.00	6,000.00													
TOTAL	12,200.00	12,500.00	11,200.00													
9	PPK B1A/2	DRY FOOD STORE B1 FL.	RECEPTACLE	1,800.00	800.00	0.00	144,700.00	115,760.00	0.80	208.86	241.07	250	250	0.96	4-18, 1-2.5G EECOT IN DIA. 3 1/2" IMC (4-120,1"X2 1/2" IMC)	3 PHASE, 4 WIRE, SN. 2304400 VOLTS
			FC-W-81	2,200.00	500.00	1,000.00										
			OU-M-W-81	0.00	2,000.00	0.00										
10	PPK B1A/3	DRY FOOD STORE B1 FL.	RECEPTACLE	1,800.00	800.00	0.00	35,900.00	287,700.00	0.80	51.82	64.77	80	100	1.24	4-55, 1-10G EECOT IN DIA. 2" IMC (1 1/2" IMC)	3 PHASE, 4 WIRE, SN. 2304400 VOLTS
			FC-W-81	2,200.00	500.00	1,000.00										
			OU-M-W-81	0.00	2,000.00	0.00										
ST-FE-W-81	1,400.00	1,400.00	1,400.00													
ST-FE-W-81	2,800.00	2,800.00	2,800.00													
SPARE	4,000.00	5,000.00	6,000.00													
TOTAL	12,200.00	12,500.00	11,200.00													

ตารางที่ ก.1 ตารางโหลดของตู้โหลดย่อย (Panel Board) (ต่อ)

NO.	PANELBOARD NAME	LOCATION	DESCRIPTION	LOAD IN V.A.			TOTAL CONNECTED LOAD (VA)	TOTAL DEMAND LOAD (VA)	DEMAND FACTOR	CURRENT LOAD (A)	CURRENT LOAD X 125% (A)	MAIN CIRCUIT BREAKER SWITCH		WIRE SIZE (SQMM)	NOTE
				A	B	C						AT	AF		
11	PPK B1B/1	EE ROOM B1B FL.	LIGHTING	1,300.00	1,300.00	800.00	89,200.00	80,280.00	0.90	128.75	160.94	150	250	4-95, 1-1/0G (ECC) IN DIA. 7.12" (12" IMC)	3 PHASE, 4 WIRE, SN. 2304400 VOLTS
			EXIT SIGN	0.00	0.00	500.00									
			CENTRAL BATTERY	500.00	0.00	0.00									
			RECEPTACLE	3,200.00	1,000.00	2,600.00									
			AIR CURTIAN + INSECT TRAP	0.00	1,000.00	0.00									
			SPARE PLUG	18,000.00	17,000.00	15,000.00									
			FOOD PROCESSOR + POTATO PEELER	0.00	0.00	2,000.00									
			JAKE EXTRACTOR	2,700.00	0.00	0.00									
			PLANETARY MIXER	0.00	0.00	2,800.00									
			INDUCTION UNIT	0.00	5,000.00	0.00									
			PACOTIZING MACHINE	2,500.00	0.00	0.00									
VACUUM	0.00	0.00	1,000.00												
SPARE	1,000.00	4,000.00	6,000.00												
TOTAL	29,200.00	29,300.00	30,700.00												
12	PPK B1B/2	EE ROOM B1B FL.	MEAT BONE SAW + VACUUM	2,700.00	0.00	0.00	80,250.00	72,225.00	0.90	115.83	144.79	150	250	4-95, 1-1/0G (ECC) IN DIA. 7.12" (12" IMC)	3 PHASE, 4 WIRE, SN. 2304400 VOLTS
			MEAT SLICER + MEAT MINCER	2,300.00	0.00	0.00									
			SPARE PLUG	3,000.00	15,000.00	6,000.00									
			SMOKE CABINET	0.00	0.00	2,800.00									
			VACUUM	1,000.00	0.00	0.00									
			EXTRACTION HOOD	0.00	0.00	15,000.00									
			PLANETARY MIXER	4,050.00	4,050.00	6,650.00									
			SORRAL MIXER	2,500.00	2,500.00	2,500.00									
			DOUGH DIVIDER + DOUGH SHEETER	700.00	700.00	700.00									
			ICE CREAM BATH/FREEZER	2,300.00	2,300.00	2,300.00									
			CHILLER/FREEZER	1,900.00	1,900.00	1,900.00									
CHOCOLATE MELTER	2,000.00	0.00	0.00												
SPARE	3,000.00	2,000.00	2,000.00												
TOTAL	25,450.00	28,450.00	24,650.00												
13	PPK B1B/3	EE ROOM B1B FL.	DONUT FRYER	3,500.00	0.00	0.00	42,200.00	38,410.00	0.90	61.92	77.40	80	100	4-95, 1-1/0G (ECC) IN DIA. 7.12" (12" IMC)	3 PHASE, 4 WIRE, SN. 2304400 VOLTS
			ROLL-IN RETARDER/PROVER	1,500.00	0.00	0.00									
			SPARE PLUG	0.00	6,000.00	6,000.00									
			INDUCTION UNIT	5,000.00	0.00	0.00									
			FC-W-B/JAC-W-B1	0.00	2,000.00	1,000.00									
			FC-W-B1	4,000.00	2,600.00	1,400.00									
			OUJW-B1	1,200.00	0.00	0.00									
			AC-W-B1	0.00	1,200.00	1,200.00									
			STF-4EF-W-B1	1,100.00	1,100.00	1,100.00									
			STF-WAF-W-B1	600.00	600.00	600.00									
			SPARE	2,000.00	2,000.00	2,000.00									
TOTAL	15,300.00	14,300.00	13,300.00												

ตารางที่ ก.1 ตารางโหลดของตู้โหลดย่อย (Panel Board) (ต่อ)

NO.	PANELBOARD NAME	LOCATION	DESCRIPTION	LOAD IN VA			TOTAL CONNECTED LOAD (VA)	TOTAL DEMAND LOAD (VA)	DEMAND FACTOR	CURRENT LOAD (A)	CURRENT LOAD X 125% (A)	MAIN CIRCUIT BREAKER SWITCH			NOTE
				A	B	C						AT	AF	OVER DESIGN	
14	PPLIA (B1 FL - B3 FL)	EE ROOM B1A FL	RECEPTACLE	7,800.00	10,600.00	10,400.00	43,900.00	39,510.00	0.90	63.36	79.21	80	100	1.01	4-35, 1-10/G (ECO) IN DIA. 7" IMC (1.77" IMC)
			FCW-B1	1,500.00	800.00	500.00									
			STF-FF-B1	1,200.00	800.00	2,400.00									
			STF-FW-B1	1,000.00	1,000.00	1,000.00									
			FCW-B2	1,100.00	400.00	0.00									
			FCW-B3	400.00	0.00	0.00									
			SPARE	0.00	1,000.00	2,000.00									
			TOTAL	13,000.00	14,600.00	16,300.00									
			LIGHTING			1,000.00									
			DND & BELL & MUR			500.00									
15	PP DX (ROOM TYPE DELUX)	EE PANEL @ WARDROBE	FCU			300.00	5,500.00	4,400.00	0.80	23.91	29.89	30	100	1.00	2-16, 1-4/G (ECO) IN DIA. 1" BMT (2-4, 1-4/G (ECO) IN DIA. 3/4" BMT)
			RECEPTACLE			3,000.00									
			SPARE FOR HOB			500.00									
			TOTAL			5,500.00									
			LIGHTING			1,200.00									
			DND & BELL & MUR			500.00									
			FCU			300.00									
			RECEPTACLE			3,000.00									
			SPARE FOR HOB			500.00									
			TOTAL			5,800.00									
16	PP PX (ROOM TYPE PREMIER)	EE PANEL @ WARDROBE	RECEPTACLE			3,000.00	6,700.00	5,025.00	0.75	29.13	36.41	30	100	0.82	2-16, 1-4/G (ECO) IN DIA. 1" BMT (2-4, 1-4/G (ECO) IN DIA. 3/4" BMT)
			SPARE FOR HOB			500.00									
			TOTAL			5,800.00									
			LIGHTING			1,200.00									
			DND & BELL & MUR			500.00									
			FCU			300.00									
			RECEPTACLE			3,000.00									
			SPARE FOR HOB			500.00									
			TOTAL			5,800.00									
			LIGHTING			1,200.00									
17	PP X (ROOM TYPE JUNIOR SUITE)	EE PANEL @ WARDROBE	RECEPTACLE			3,000.00	6,700.00	5,025.00	0.75	29.13	36.41	30	100	0.82	2-16, 1-4/G (ECO) IN DIA. 1" BMT (2-4, 1-4/G (ECO) IN DIA. 3/4" BMT)
			SPARE FOR HOB			500.00									
			TOTAL			5,800.00									
			LIGHTING			1,200.00									
			DND & BELL & MUR			500.00									
			FCU			300.00									
			RECEPTACLE			3,000.00									
			SPARE FOR HOB			500.00									
			TOTAL			5,800.00									
			LIGHTING			1,200.00									
18	PP FX (ROOM TYPE FAMILY)	EE PANEL @ WARDROBE	RECEPTACLE			3,000.00	11,700.00	9,360.00	0.80	16.89	21.11	30	100	1.42	4-16, 1-4/G (ECO) IN DIA. 1 1/4" BMT (4-16, 1-4/G (ECO) IN DIA. 3/4" BMT)
			SPARE FOR HOB			1,500.00									
			TOTAL			3,900.00									
			LIGHTING			800.00									
			DND & BELL & MUR			900.00									
			FCU			0.00									
			RECEPTACLE			2,900.00									
			SPARE FOR HOB			1,500.00									
			TOTAL			3,900.00									
			LIGHTING			800.00									
19	PP 15X (ROOM TYPE ONE BED SUITE)	EE PANEL @ WARDROBE	RECEPTACLE			3,400.00	12,600.00	10,080.00	0.80	18.19	22.73	30	100	1.32	4-16, 1-4/G (ECO) IN DIA. 1 1/4" BMT (4-16, 1-4/G (ECO) IN DIA. 3/4" BMT)
			SPARE FOR HOB			2,000.00									
			TOTAL			4,200.00									
			LIGHTING			800.00									
			DND & BELL & MUR			800.00									
			FCU			0.00									
			RECEPTACLE			3,400.00									
			SPARE FOR HOB			2,000.00									
			TOTAL			4,200.00									
			LIGHTING			800.00									
20	PP 25X (ROOM TYPE TWO BED SUITE)	EE PANEL @ WARDROBE	RECEPTACLE			2,600.00	15,300.00	12,240.00	0.80	22.08	27.60	40	100	1.45	4-35, 1-4/G (ECO) IN DIA. 1 1/2" BMT (4-35, 1-4/G (ECO) IN DIA. 1")
			SPARE FOR HOB			2,000.00									
			TOTAL			5,100.00									
			LIGHTING			1,000.00									
			DND & BELL & MUR			800.00									
			FCU			0.00									
			RECEPTACLE			2,600.00									
			SPARE FOR HOB			2,000.00									
			TOTAL			5,100.00									
			LIGHTING			1,000.00									

ตารางที่ ก.1 ตารางโหลดของตู้โหลดย่อย (Panel Board) (ต่อ)

NO.	PANELBOARD NAME	LOCATION	DESCRIPTION	LOAD IN VA			TOTAL CONNECTED LOAD (VA)	TOTAL DEMAND LOAD (VA)	DEMAND FACTOR	CURRENT LOAD (A)	CURRENT LOAD X 125% (A)	MAIN CIRCUIT BREAKER SWITCH			WIRE SIZE (SQ.MM)	NOTE
				A	B	C						AT	AF	OVER DESIGN		
21	PP 28X (ROOM TYPE PRESIDENTIAL SUITE)	EE PANEL @ WARDROBE	LIGHTING	2,000.00	2,000.00	0.00	39,400.00	27,580.00	0.70	56.87	71.09	70	100	0.98	4-25, 14-6 ECO3 IN DIA-1 1/2" EMT (1 1/4" EMT)	3 PHASE, 4 WIRE, SN., 230/400 VOLTS (X = 1 UNIT)
			DND & BELL & MUR	0.00	0.00	500.00										
			FCU	2,000.00	0.00	1,200.00										
			RECEPTACLE	3,400.00	7,400.00	4,200.00										
			SPARE FOR HOB	0.00	0.00	7,200.00										
			SPARE	5,000.00	4,000.00	500.00										
			TOTAL	12,400.00	13,400.00	13,600.00										
			LIGHTING	700.00	0.00	0.00										
			RECEPTACLE	0.00	3,400.00	2,000.00										
			LIGHTING & RECEPTACLE	0.00	0.00	1,000.00										
22	PP 18X (ROOM TYPE 1 BED ROOM)	EE PANEL @ WARDROBE	.JB. FOR HOB	7,200.00	0.00	0.00	23,500.00	18,800.00	0.80	33.92	42.40	70	100	1.65	4-25, 14-6 ECO3 IN DIA-1 1/2" EMT (1 1/4" EMT)	3 PHASE, 4 WIRE, SN., 230/400 VOLTS (X = 89 UNIT) #FUTURE FOR CHANGE TO HOTEL OR APARTMENT
			.JB. FOR FCU	300.00	300.00	0.00										
			.JB. FOR WATER HEATER	0.00	2,000.00	0.00										
			CDU - 1BX	0.00	0.00	4,300.00										
			SPARE	0.00	2,000.00	500.00										
			TOTAL	8,200.00	7,500.00	7,800.00										
			LIGHTING	400.00	400.00	0.00										
			RECEPTACLE	1,500.00	3,000.00	1,600.00										
			LIGHTING & RECEPTACLE	0.00	0.00	500.00										
			.JB. FOR HOB	7,200.00	0.00	0.00										
23	PP 28X (ROOM TYPE 2 BED ROOM)	EE PANEL @ WARDROBE	.JB. FOR FCU	300.00	300.00	300.00	38,000.00	30,400.00	0.80	54.85	68.56	70	100	1.02	4-25, 14-6 ECO3 IN DIA-1 1/2" EMT (1 1/4" EMT)	3 PHASE, 4 WIRE, SN., 230/400 VOLTS (X = 38 UNIT)
			.JB. FOR WATER HEATER	0.00	2,000.00	8,000.00										
			CDU - 2BX	2,500.00	2,500.00	2,500.00										
			SPARE	1,000.00	4,000.00	0.00										
			TOTAL	12,300.00	12,200.00	12,900.00										
			LIGHTING	400.00	800.00	0.00										
			RECEPTACLE	3,000.00	2,000.00	3,600.00										
			LIGHTING & RECEPTACLE	0.00	0.00	500.00										
			.JB. FOR HOB	7,200.00	0.00	0.00										
			.JB. FOR FCU	600.00	0.00	600.00										
24	PP 38X (ROOM TYPE 3 BED ROOM)	EE PANEL @ WARDROBE	.JB. FOR WATER HEATER	2,000.00	11,500.00	8,000.00	52,700.00	41,160.00	0.80	76.07	95.08	100	100	1.05	4-50, 1-10/G ECO3 IN DIA 2" IMC	3 PHASE, 4 WIRE, SN., 230/400 VOLTS (X = 38 UNIT)
			CDU - 3BX	3,500.00	3,500.00	3,500.00										
			SPARE	1,000.00	0.00	1,000.00										
			TOTAL	17,000.00	17,800.00	17,200.00										
			STF-EF-W-81	5,700.00	5,700.00	5,700.00										
			STF-EF-W-82	5,700.00	5,700.00	5,700.00										
			STF-EF-W-83	5,700.00	5,700.00	5,700.00										
			SPARE	2,000.00	2,000.00	2,000.00										
			TOTAL	19,100.00	19,100.00	19,100.00										
			STF-EF-W-81	5,700.00	5,700.00	5,700.00										
26	EDB - EX - CP1	FAN RM. 81 FL	STF-EF-W-82	5,700.00	5,700.00	5,700.00	57,300.00	45,840.00	0.80	82.71	103.38	100	100	0.97	L2PH-3-25, 1-16M, 1-10/G XLPE IN DIA 2" IMC (1 1/4" IMC)	3 PHASE, 4 WIRE, SN., 230/400 VOLTS
			STF-EF-W-83	5,700.00	5,700.00	5,700.00										
			SPARE	2,000.00	2,000.00	2,000.00										
			TOTAL	19,100.00	19,100.00	19,100.00										
			STF-EF-W-81	5,700.00	5,700.00	5,700.00										
27	EDB - EX - CP2	FAN RM. 81 FL	STF-EF-W-82	5,700.00	5,700.00	5,700.00	57,300.00	45,840.00	0.80	82.71	103.38	100	100	0.97	L2PH-3-25, 1-16M, 1-10/G XLPE IN DIA 2" IMC (1 1/4" IMC)	3 PHASE, 4 WIRE, SN., 230/400 VOLTS
			STF-EF-W-83	5,700.00	5,700.00	5,700.00										
			SPARE	2,000.00	2,000.00	2,000.00										
			TOTAL	19,100.00	19,100.00	19,100.00										
			STF-EF-W-81	5,700.00	5,700.00	5,700.00										

ตารางที่ ก.2 ตารางโหลดของตู้จ่ายไฟฟ้า (Distribution Board)

NO.	DISTRIBUTION BOARD NAME	LOCATION	DESCRIPTION	LOAD IN VA			TOTAL CONNECTED LOAD (VA)	TOTAL DEMAND LOAD (VA)	DEMAND FACTOR	CURRENT LOAD (A)	CURRENT LOAD X 125% (A)	MAIN CIRCUIT BREAKER SWITCH OVER DESIGN		WIRE SIZE (SQ.MM)	NOTE
				A	B	C						AT	AF		
1	EDB 81A	EE ROOM 81 FL	EPK81A/1	7,000.00	7,300.00	7,000.00	93,800.00	74,880.00	0.80	108.08	135.10	150	250	1.11	3 PHASE, 4 WIRE, SN, 230/400 VOLTS
			EPK81A/2	6,100.00	7,700.00	7,200.00									
			EP81A	8,500.00	9,100.00	9,700.00									
			SPARE	8,000.00	8,000.00	8,000.00									
			TOTAL	29,600.00	32,100.00	31,900.00									
			EPK81B/1	28,300.00	28,300.00	28,300.00									
			EPK81B/2	13,700.00	13,700.00	14,100.00									
2	EDB 81B	EE ROOM 81 FL	EPK81B/3	13,750.00	13,750.00	13,750.00	352,450.00	281,960.00	0.80	406.97	508.72	500	630	0.98	3 PHASE, 4 WIRE, SN, 230/400 VOLTS
			EDB 1B	58,600.00	59,400.00	57,800.00									
			SPARE	3,000.00	3,000.00	3,000.00									
			TOTAL	117,350.00	118,150.00	116,850.00									
			LP81A	2,600.00	2,600.00	2,600.00									
			PP 81A	13,000.00	14,600.00	16,300.00									
			PPK81A/1	18,200.00	15,300.00	17,900.00									
3	SDB 81A	EE ROOM 81 FL	PPK 81A/2	48,800.00	48,800.00	47,000.00	696,510.00	348,275.00	0.50	502.69	623.36	700	800	1.11	3 PHASE, 4 WIRE, SN, 230/400 VOLTS
			PPK 81A/3	12,200.00	12,500.00	11,200.00									
			CDN A	110,000.00	110,000.00	110,000.00									
			Comb. Over (37 KW)	14,000.00	14,000.00	14,000.00									
			SPARE	8,000.00	8,000.00	8,000.00									
			TOTAL	232,200.00	232,250.00	232,100.00									
			PPK 81B/1	29,200.00	29,300.00	30,700.00									
			PPK 81B/2	25,450.00	28,450.00	26,350.00									
			PPK 81B/3	15,300.00	14,300.00	13,300.00									
			SDB 1B	29,200.00	28,800.00	26,000.00									
CDN B	110,000.00	110,000.00	110,000.00												
4	SDB 81B	EE ROOM 81 FL	4-Deck Electric Brake Over (11.2 KW)	23,000.00	23,000.00	23,000.00	767,350.00	383,675.00	0.50	553.79	692.23	700	800	1.01	3 PHASE, 4 WIRE, SN, 230/400 VOLTS
			Electric Rack Rearing Over (92.5 KW)	16,000.00	16,000.00	16,000.00									
			SPARE	8,000.00	8,000.00	8,000.00									
			TOTAL	256,150.00	277,850.00	255,350.00									
			PP FX (4 UNIT)	15,600.00	15,600.00	15,600.00									
			PP DX (3 UNIT)	11,000.00	0.00	5,500.00									
			PP PK (1 UNIT)	6,000.00	6,000.00	6,000.00									
			SPARE	0.00	1,000.00	1,000.00									
			TOTAL	26,600.00	22,600.00	22,100.00									
			PP JK (3 UNIT)	13,400.00	6,700.00	0.00									
PP PK (5 UNIT)	0.00	11,600.00	17,600.00												
PP DX (4 UNIT)	11,000.00	5,500.00	5,500.00												
5	DB 5A (HOTEL, 12 UNIT)	EE ROOM 8th FL	LP 5 A	4,600.00	6,600.00	4,800.00	86,900.00	56,485.00	0.65	81.53	101.91	200	230	1.56	3 PHASE, 4 WIRE, SN, 230/400 VOLTS
			TOTAL	29,000.00	30,200.00	27,700.00									
			PP JK (4 UNIT)	13,400.00	13,400.00	0.00									
			PP PK (5 UNIT)	0.00	5,800.00	17,400.00									
			PP DX (4 UNIT)	11,000.00	5,500.00	5,500.00									
			SPARE	1,000.00	1,000.00	1,000.00									
			TOTAL	1,000.00	1,000.00	1,000.00									
6	DB 6A (HOTEL, 12 UNIT)	EE ROOM 8th FL	PP DX (4 UNIT)	11,000.00	5,500.00	5,500.00	75,000.00	48,750.00	0.65	70.36	87.96	200	230	2.27	3 PHASE, 4 WIRE, SN, 230/400 VOLTS
			SPARE	1,000.00	1,000.00	1,000.00									
			TOTAL	25,400.00	25,700.00	23,900.00									

ตารางที่ ก.2 ตารางโหลดของตู้จ่ายไฟฟ้า (Distribution Board) (ต่อ)

NO.	DISTRIBUTION BOARD NAME	LOCATION	DESCRIPTION	LOAD IN VA			TOTAL CONNECTED LOAD (VA)	TOTAL DEMAND LOAD (VA)	DEMAND FACTOR	CURRENT LOAD (A)	CURRENT LOAD X 125% (A)	MAIN CIRCUIT BREAKER SWITCH OVER DESIGN		WIRE SIZE (SQ.MM)	NOTE
				A	B	C						AT	AF		
7	DB 7A (HOTEL, 11 UNIT)	EE ROOM 7th FL	PP 2X (3 UNIT)	13,400.00	6,700.00	0.00	73,200.00	47,580.00	0.65	68.68	85.84	200	253	4-95, 1-1/8" XUF IN RT FLEX 2 1/2"	3 PHASE, 4 WIRE, SN, 230/400 VOLTS
			PP DX (7 UNIT)	5,500.00	16,500.00										
			PP 1SX (1 UNIT)	4,200.00	4,200.00	4,200.00									
			SPARE	1,000.00	0.00	1,000.00									
			TOTAL	24,100.00	27,400.00	21,700.00									
PP 1X (3 UNIT)	13,400.00	6,700.00	0.00												
8	DB 8A (HOTEL, 9 UNIT)	EE ROOM 8th FL	PP DX (5 UNIT)	5,500.00	11,000.00	11,000.00	65,200.00	42,380.00	0.65	61.17	76.44	200	215	4-95, 1-1/8" XUF IN RT FLEX 2 1/2"	3 PHASE, 4 WIRE, SN, 230/400 VOLTS
			PP 1SX (1 UNIT)	4,200.00	4,200.00	4,200.00									
			SPARE	500.00	500.00	4,000.00									
			TOTAL	23,600.00	22,400.00	19,200.00									
			LP 9A	6,000.00	6,000.00	6,000.00									
9	DB 9A (HOTEL PUBLIC)	EE ROOM 9th FL	PP 9A1 (TREATMENT)	25,000.00	25,000.00	25,000.00	120,000.00	84,000.00	0.70	121.24	151.55	200	200	4-95, 1-1/8" XUF IN RT FLEX 2 1/2"	3 PHASE, 4 WIRE, SN, 230/400 VOLTS
			PP 9A2	5,000.00	5,000.00	5,000.00									
			SPARE	4,000.00	4,000.00	4,000.00									
			TOTAL	40,000.00	40,000.00	40,000.00									
			PP 1 SX (1 UNIT)	4,200.00	4,200.00	4,200.00									
10	DB 10A (HOTEL, 4 UNIT)	EE ROOM 10th FL	PP 10A	25,000.00	25,000.00	25,000.00	108,000.00	70,200.00	0.65	101.32	128.66	200	200	4-95, 1-1/8" XUF IN RT FLEX 2 1/2"	3 PHASE, 4 WIRE, SN, 230/400 VOLTS
			PP PX (3 UNIT)	5,800.00	5,800.00	5,800.00									
			SPARE	1,000.00	1,000.00	1,000.00									
			TOTAL	31,800.00	31,800.00	31,800.00									
			PP PX (4 UNIT)	11,600.00	11,600.00	0.00									
11	DB 11A (HOTEL, 3 UNIT)	EE ROOM 11th FL	PP DX (3 UNIT)	5,500.00	11,000.00	11,000.00	89,800.00	58,370.00	0.65	84.25	108.51	200	200	4-95, 1-1/8" XUF IN RT FLEX 2 1/2"	3 PHASE, 4 WIRE, SN, 230/400 VOLTS
			PP PSK (1 UNIT)	12,400.00	13,400.00	13,400.00									
			PP 2X (1 UNIT)	5,700.00	5,700.00	5,700.00									
			SPARE	1,000.00	1,000.00	2,000.00									
			TOTAL	34,600.00	31,700.00	26,600.00									
12	DB 12A (SERVICE APARTMENT, 11 UNIT)	EE ROOM 12th FL	PP 18X (9 UNIT)	73,800.00	67,500.00	70,200.00	287,500.00	201,250.00	0.70	290.48	363.10	400	400	4-240, 1-25/8" XUF IN RT FLEX 4" (RT FLEX 3")	3 PHASE, 4 WIRE, SN, 230/400 VOLTS
			PP 28X (2 UNIT)	26,800.00	24,400.00	25,800.00									
			PP 28X (2 UNIT)	26,800.00	24,400.00	25,800.00									
			SPARE	1,000.00	1,000.00	9,600.00									
			TOTAL	128,200.00	117,300.00	111,400.00									
13	DB 13A (SERVICE APARTMENT, 11 UNIT)	EE ROOM 14th FL	PP 18X (9 UNIT)	73,800.00	67,500.00	70,200.00	287,500.00	201,250.00	0.70	290.48	363.10	400	400	4-240, 1-25/8" XUF IN RT FLEX 4" (RT FLEX 3")	3 PHASE, 4 WIRE, SN, 230/400 VOLTS
			PP 28X (2 UNIT)	26,800.00	24,400.00	25,800.00									
			PP 18X (6 UNIT)	49,200.00	45,000.00	46,800.00									
			PP 28X (4 UNIT)	51,600.00	48,800.00	51,600.00									
			SPARE	1,000.00	1,000.00	1,000.00									
14	DB 14A (SERVICE APARTMENT, 10 UNIT)	EE ROOM 15th FL	PP 18X (6 UNIT)	49,200.00	45,000.00	46,800.00	207,200.00	207,200.00	0.70	299.07	373.83	400	400	4-240, 1-25/8" XUF IN RT FLEX 4" (RT FLEX 3")	3 PHASE, 4 WIRE, SN, 230/400 VOLTS
			PP 28X (4 UNIT)	51,600.00	48,800.00	51,600.00									
			PP 18X (6 UNIT)	49,200.00	45,000.00	46,800.00									
			PP 28X (4 UNIT)	51,600.00	48,800.00	51,600.00									
			SPARE	1,000.00	1,000.00	1,000.00									
15	DB 15A (SERVICE APARTMENT, 10 UNIT)	EE ROOM 16th FL	PP 18X (6 UNIT)	49,200.00	45,000.00	46,800.00	217,700.00	217,700.00	0.70	299.07	373.83	400	400	4-240, 1-25/8" XUF IN RT FLEX 4" (RT FLEX 3")	3 PHASE, 4 WIRE, SN, 230/400 VOLTS
			PP 28X (4 UNIT)	51,600.00	48,800.00	51,600.00									
			PP 18X (6 UNIT)	49,200.00	45,000.00	46,800.00									
			PP 28X (4 UNIT)	51,600.00	48,800.00	51,600.00									
			SPARE	1,000.00	1,000.00	1,000.00									
16	DB 16A (SERVICE APARTMENT, 8 UNIT)	EE ROOM 17th FL	PP 18X (6 UNIT)	49,200.00	45,000.00	46,800.00	207,200.00	207,200.00	0.70	299.07	373.83	400	400	4-240, 1-25/8" XUF IN RT FLEX 4" (RT FLEX 3")	3 PHASE, 4 WIRE, SN, 230/400 VOLTS
			PP 28X (4 UNIT)	51,600.00	48,800.00	51,600.00									
			PP 18X (6 UNIT)	49,200.00	45,000.00	46,800.00									
			PP 28X (4 UNIT)	51,600.00	48,800.00	51,600.00									
			SPARE	1,000.00	1,000.00	1,000.00									
17	DB 17A (SERVICE APARTMENT, 8 UNIT)	EE ROOM 18th FL	PP 18X (6 UNIT)	49,200.00	45,000.00	46,800.00	234,500.00	164,350.00	0.70	256.93	296.16	350	400	4-240, 1-25/8" XUF IN RT FLEX 4" (RT FLEX 3")	3 PHASE, 4 WIRE, SN, 230/400 VOLTS
			PP 28X (4 UNIT)	51,600.00	48,800.00	51,600.00									
			PP 18X (6 UNIT)	49,200.00	45,000.00	46,800.00									
			PP 28X (4 UNIT)	51,600.00	48,800.00	51,600.00									
			SPARE	1,000.00	1,000.00	1,000.00									

ตารางที่ ก.2 ตารางโหลดของตู้จ่ายไฟฟ้า (Distribution Board) (ต่อ)

NO.	DISTRIBUTION BOARD NAME	LOCATION	DESCRIPTION	LOAD IN VA			TOTAL CONNECTED LOAD (VA)	TOTAL DEMAND LOAD (VA)	DEMAND FACTOR	CURRENT LOAD (A)	CURRENT LOAD X 125% (A)	MAIN CIRCUIT BREAKER SWITCH		WIRE SIZE (SQ.MM.)	NOTE
				A	B	C						AT	AF		
18	DB 19A (SERVICE APARTMENT, 2 UNIT)	EE ROOM 19th FL	PP 18X (1 UNIT)	8,200.00	7,500.00	7,600.00	124,200.00	66,940.00	0.70	125.49	156.86	300	400	1.91	3 PHASE, 4 WIRE, SN., 235/400 VOLTS
			PP 18X (1 UNIT)	10,000.00	10,000.00	10,000.00									
			PP 19A	6,000.00	6,000.00	6,000.00									
			SPARE	6,000.00	6,000.00	6,000.00									
			TOTAL	41,200.00	41,100.00	41,000.00									
19	DB 20A (SERVICE APARTMENT, 4 UNIT)	EE ROOM 20th FL	PP 18X (2 UNIT)	16,400.00	15,000.00	15,600.00	180,000.00	126,630.00	0.70	182.77	228.47	300	400	1.31	3 PHASE, 4 WIRE, SN., 235/400 VOLTS
			PP 19A	8,500.00	8,500.00	8,500.00									
			PP 20A	1,000.00	1,000.00	1,000.00									
			SPARE	1,000.00	1,000.00	1,000.00									
			TOTAL	61,300.00	61,100.00	59,500.00									
20	DB 38 (HOTEL, 8 UNIT)	EE ROOM 3rd FL	PP PX (1 UNIT)	11,600.00	5,800.00	0.00	60,300.00	39,195.00	0.65	56.57	70.72	200	250	2.83	3 PHASE, 4 WIRE, SN., 235/400 VOLTS
			PP DX (1 UNIT)	0.00	5,500.00	11,000.00									
			PP FX (2 UNIT)	7,600.00	7,600.00	7,600.00									
			SPARE	1,000.00	1,000.00	1,000.00									
			TOTAL	20,400.00	20,100.00	19,600.00									
21	DB 48 (HOTEL, 8 UNIT)	EE ROOM 4th FL	PP PX (1 UNIT)	6,700.00	0.00	0.00	65,000.00	40,950.00	0.65	59.11	73.88	200	250	2.71	3 PHASE, 4 WIRE, SN., 235/400 VOLTS
			PP FX (2 UNIT)	5,800.00	0.00	5,800.00									
			PP DX (3 UNIT)	0.00	11,000.00	5,500.00									
			PP LX (2 UNIT)	8,400.00	8,400.00	8,400.00									
			SPARE	1,000.00	1,000.00	1,000.00									
22	DB 58 (HOTEL, 12 UNIT)	EE ROOM 5th FL	PP PX (1 UNIT)	21,900.00	20,400.00	20,700.00	86,100.00	55,945.00	0.65	80.78	100.97	200	250	1.98	3 PHASE, 4 WIRE, SN., 235/400 VOLTS
			PP LX (1 UNIT)	13,400.00	6,700.00	0.00									
			PP PX (5 UNIT)	0.00	11,600.00	17,400.00									
			PP DX (4 UNIT)	11,000.00	5,500.00	5,500.00									
			LP 58	5,000.00	5,000.00	5,000.00									
23	DB 68 (HOTEL, 11 UNIT)	EE ROOM 6th FL	PP PX (1 UNIT)	29,400.00	28,800.00	27,900.00	74,100.00	48,165.00	0.65	69.52	86.90	200	250	2.30	3 PHASE, 4 WIRE, SN., 235/400 VOLTS
			PP LX (1 UNIT)	13,400.00	6,700.00	0.00									
			PP DX (1 UNIT)	5,500.00	5,500.00	11,000.00									
			PP FX (3 UNIT)	0.00	11,600.00	5,800.00									
			PP LX (1 UNIT)	4,200.00	4,200.00	4,200.00									
24	DB 78 (HOTEL, 11 UNIT)	EE ROOM 7th FL	PP PX (1 UNIT)	1,000.00	0.00	1,000.00	71,200.00	47,560.00	0.65	68.68	85.84	200	250	2.33	3 PHASE, 4 WIRE, SN., 235/400 VOLTS
			PP DX (1 UNIT)	13,400.00	6,700.00	0.00									
			PP LX (1 UNIT)	5,500.00	165,000.00	165,000.00									
			PP FX (1 UNIT)	4,200.00	4,200.00	4,200.00									
			SPARE	1,000.00	1,000.00	1,000.00									
25	DB 88 (HOTEL, 9 UNIT)	EE ROOM 8th FL	PP PX (1 UNIT)	24,100.00	27,600.00	21,700.00	66,200.00	43,050.00	0.65	62.11	77.64	200	250	2.58	4 PHASE, 4 WIRE, SN., 235/400 VOLTS
			PP LX (1 UNIT)	13,400.00	6,700.00	0.00									
			PP DX (5 UNIT)	5,500.00	11,000.00	11,000.00									
			PP LX (1 UNIT)	4,200.00	4,200.00	4,200.00									
			SPARE	1,000.00	1,000.00	1,000.00									
26	DB 98 (HOTEL, PUBLIC)	EE ROOM 9th FL	PP 98A (1 UNIT)	1,000.00	1,000.00	4,000.00	111,000.00	72,150.00	0.65	104.14	130.17	200	250	1.54	3 PHASE, 4 WIRE, SN., 235/400 VOLTS
			PP 98B (2 UNIT)	6,000.00	6,000.00	6,000.00									
			PP 98C (POOL BAR)	9,000.00	9,000.00	9,000.00									
			PP 98D (SAUNA)	5,000.00	5,000.00	5,000.00									
			PP-FIT (FITNESS)	9,000.00	9,000.00	9,000.00									

ตารางที่ ก.2 ตารางโหลดของตู้จ่ายไฟฟ้า (Distribution Board) (ต่อ)

NO.	DISTRIBUTION BOARD NAME	LOCATION	DESCRIPTION	LOAD IN V.A.			TOTAL CONNECTED LOAD (VA)	TOTAL DEMAND LOAD (VA)	DEMAND FACTOR	CURRENT LOAD (A)	CURRENT LOAD X 125% (A)	MAIN CIRCUIT BREAKER SWITCH			WIRE SIZE (SQ.MM)	NOTE
				A	B	C						AT	AF	OVER DESIGN		
27	DB 108 (HOTEL, 7 UNIT)	EE ROOM 10th-FL	PP PX (3 UNIT)	11,600.00	5,800.00	0.00	62,100.00	40,495.00	0.65	584.5	73.06	200	250	274	4-95, 1-16G XLPEN RT FLEX 2 1/2"	3 PHASE, 4 WIRE, SN, 230/400 VOLTS
			PP DX (2 UNIT)	5,000.00	5,000.00	0.00										
			PP 15K (1 UNIT)	4,200.00	4,200.00	4,200.00										
			PP 25K (1 UNIT)	5,100.00	5,100.00	5,100.00										
			SPARE	1,000.00	1,000.00	4,000.00										
TOTAL	21,900.00	21,900.00	18,800.00													
28	DB 118 (HOTEL, 9 UNIT)	EE ROOM 11th-FL	PP PX (2 UNIT)	11,600.00	0.00	0.00	74,700.00	48,555.00	0.65	70.08	87.60	200	250	228	4-95, 1-16G XLPEN RT FLEX 2 1/2"	3 PHASE, 4 WIRE, SN, 230/400 VOLTS
			PP DX (2 UNIT)	0.00	11,000.00	0.00										
			PP JK (3 UNIT)	0.00	5,800.00	13,400.00										
			PP 15K (1 UNIT)	4,200.00	4,200.00	4,200.00										
			PP 25K (1 UNIT)	5,100.00	5,100.00	5,100.00										
SPARE	2,000.00	1,000.00	2,000.00													
TOTAL	22,900.00	27,100.00	24,700.00													
29	DB 128 (SERVICE APARTMENT, 11 UNIT)	EE ROOM 12th-FL	PP HBK (9 UNIT)	73,800.00	67,500.00	70,200.00	287,500.00	175,500.00	0.60	248.98	311.23	400	400	129	4-95, 1-16G XLPEN RT FLEX 4" (RT FLEX 3")	3 PHASE, 4 WIRE, SN, 230/400 VOLTS
			PP 2BK (2 UNIT)	25,800.00	24,400.00	25,800.00										
			TOTAL	99,600.00	91,900.00	96,000.00										
			PP HBK (9 UNIT)	73,800.00	67,500.00	70,200.00										
			PP 2BK (2 UNIT)	25,800.00	24,400.00	25,800.00										
30	DB 148 (SERVICE APARTMENT, 11 UNIT)	EE ROOM 14th-FL	PP HBK (9 UNIT)	73,800.00	67,500.00	70,200.00	287,500.00	175,500.00	0.60	248.98	311.23	400	400	129	4-95, 1-16G XLPEN RT FLEX 4" (RT FLEX 3")	3 PHASE, 4 WIRE, SN, 230/400 VOLTS
			PP 2BK (2 UNIT)	25,800.00	24,400.00	25,800.00										
			TOTAL	99,600.00	91,900.00	96,000.00										
			PP HBK (9 UNIT)	73,800.00	67,500.00	70,200.00										
			PP 2BK (2 UNIT)	25,800.00	24,400.00	25,800.00										
31	DB 158 (SERVICE APARTMENT, 10 UNIT)	EE ROOM 15th-FL	PP HBK (6 UNIT)	49,200.00	45,000.00	46,800.00	296,000.00	177,600.00	0.60	256.34	320.43	400	400	125	4-95, 1-16G XLPEN RT FLEX 4" (RT FLEX 3")	3 PHASE, 4 WIRE, SN, 230/400 VOLTS
			PP 2BK (4 UNIT)	51,600.00	48,800.00	51,600.00										
			TOTAL	100,800.00	94,800.00	98,400.00										
			PP HBK (6 UNIT)	49,200.00	45,000.00	46,800.00										
			PP 2BK (4 UNIT)	51,600.00	48,800.00	51,600.00										
32	DB 168 (SERVICE APARTMENT, 10 UNIT)	EE ROOM 16th-FL	PP HBK (6 UNIT)	49,200.00	45,000.00	46,800.00	296,000.00	177,600.00	0.60	256.34	320.43	400	400	125	4-95, 1-16G XLPEN RT FLEX 4" (RT FLEX 3")	3 PHASE, 4 WIRE, SN, 230/400 VOLTS
			PP 2BK (4 UNIT)	51,600.00	48,800.00	51,600.00										
			TOTAL	100,800.00	94,800.00	98,400.00										
			PP HBK (6 UNIT)	49,200.00	45,000.00	46,800.00										
			PP 2BK (4 UNIT)	51,600.00	48,800.00	51,600.00										
33	DB 178 (SERVICE APARTMENT, 10 UNIT)	EE ROOM 17th-FL	PP HBK (6 UNIT)	49,200.00	45,000.00	46,800.00	296,000.00	177,600.00	0.60	256.34	320.43	400	400	125	4-95, 1-16G XLPEN RT FLEX 4" (RT FLEX 3")	3 PHASE, 4 WIRE, SN, 230/400 VOLTS
			PP 2BK (4 UNIT)	51,600.00	48,800.00	51,600.00										
			TOTAL	100,800.00	94,800.00	98,400.00										
			PP HBK (6 UNIT)	49,200.00	45,000.00	46,800.00										
			PP 2BK (4 UNIT)	51,600.00	48,800.00	51,600.00										
34	DB 188 (SERVICE APARTMENT, 8 UNIT)	EE ROOM 18th-FL	PP HBK (5 UNIT)	41,000.00	37,500.00	39,000.00	234,500.00	124,285.00	0.53	179.39	226.24	350	400	156	4-95, 1-16G XLPEN RT FLEX 4" (RT FLEX 3")	3 PHASE, 4 WIRE, SN, 230/400 VOLTS
			PP 2BK (3 UNIT)	38,700.00	36,000.00	38,700.00										
			TOTAL	80,700.00	75,100.00	78,700.00										
			PP HBK (5 UNIT)	41,000.00	37,500.00	39,000.00										
			PP 2BK (3 UNIT)	38,700.00	36,000.00	38,700.00										
35	DB 198 (SERVICE APARTMENT, 4 UNIT)	EE ROOM 19th-FL	PP HBK (2 UNIT)	16,400.00	15,000.00	15,600.00	155,400.00	108,780.00	0.70	157.01	196.26	300	400	153	4-150, 1-25G XLPEN RT FLEX 3"	3 PHASE, 4 WIRE, SN, 230/400 VOLTS
			PP 2BK (2 UNIT)	16,400.00	15,000.00	15,600.00										
			TOTAL	32,800.00	30,000.00	31,200.00										
			PP HBK (2 UNIT)	16,400.00	15,000.00	15,600.00										
			PP 2BK (2 UNIT)	16,400.00	15,000.00	15,600.00										
36	DB 208 (SERVICE APARTMENT, 4 UNIT)	EE ROOM 20th-FL	HEAT PUMP B (3X6.8 KW)	8,500.00	8,500.00	8,500.00	180,900.00	126,630.00	0.70	182.77	228.47	300	400	131	4-150, 1-25G XLPEN RT FLEX 3"	3 PHASE, 4 WIRE, SN, 230/400 VOLTS
			SPARE	1,000.00	1,000.00	1,000.00										
			TOTAL	61,300.00	60,100.00	59,500.00										
			HEAT PUMP B (3X6.8 KW)	8,500.00	8,500.00	8,500.00										
			SPARE	1,000.00	1,000.00	1,000.00										

ตารางที่ ก.4 ตารางโหลดของแผงบริภัณฑ์ไฟฟ้าหลัก

NO.	SWITCH BOARD NAME	LOCATION	DESCRIPTION	LOAD IN VA			TOTAL CONNECTED LOAD (VA)	TOTAL DEMAND LOAD (VA)	DEMAND FACTOR	CURRENT LOAD (A)	CURRENT LOAD X 125% (A)	MAIN CIRCUIT BREAKER SWITCH OVER DESIGN		WIRE SIZE (SQ.MM.)	NOTE												
				A	B	C						AT	AF														
1	MDB 1W (FULLY TYPE TEST)	MDB ROOM 2nd FL	DB LA (3X21 KW)	21,000.00	21,000.00	21,000.00	977,350.00	488,675.00	0.50	705.34	881.68	800.00	0.91	6-240, 1-50G XPE IN 10x10 CM.CT.	3 PHASE, 4 WIRE, SN. 230/400 VOLTS												
			EDB 1A	43,200.00	43,500.00	42,200.00																					
			EDB B1A	29,600.00	32,100.00	31,900.00																					
			EDB B1B	117,350.00	118,150.00	116,950.00																					
			ESN	60,000.00	60,000.00	60,000.00																					
			EDB-6XCP1	19,100.00	19,100.00	19,100.00																					
			EDB-6XCP2	19,100.00	19,100.00	19,100.00																					
			SPARE	15,000.00	15,000.00	15,000.00																					
			TOTAL	599,550.00	627,950.00	625,950.00																					
			EDB F1A-A (01 KW)	10,500.00	10,500.00	10,500.00																					
2	MDB 2W (FULLY TYPE TEST)	MDB ROOM 2nd FL	EDB F1A-B (01 KW)	10,500.00	10,500.00	10,500.00	468,500.00	258,225.00	0.55	372.72	468.89	400.00	0.86	4-240, 1-25G XPE IN 15X10 CM.WW	3 PHASE, 4 WIRE, SN. 230/400 VOLTS												
			DB LB (3X21 KW)	21,000.00	21,000.00	21,000.00																					
			EDB PF-A (3X10 HP)	10,000.00	10,000.00	10,000.00																					
			EDB PF-B (3X10 HP)	10,000.00	10,000.00	10,000.00																					
			STF-SMF-W-8-1.2 (2X20 HP)	13,000.00	13,000.00	13,000.00																					
			STF-SMF-W-8-2.6 (2X20 HP)	13,000.00	13,000.00	13,000.00																					
			STF-SMF-W-17.1-17/4 (4X30 HP)	33,000.00	33,000.00	33,000.00																					
			STF-SMF-W-17.5-17/8 (4X30 HP)	33,000.00	33,000.00	33,000.00																					
			PF-B (15 HP)	1,500.00	1,500.00	1,500.00																					
			SPARE	1,000.00	1,000.00	1,000.00																					
TOTAL	148,500.00	148,500.00	148,500.00																								
3	GCP	GEN ROOM 2nd FL	EMDB 1W	162,891.67	162,891.67	162,891.67	746,900.00	654,885.00	0.85	916.35	1,145.44	1200.00	1.05	3(4-240, 1-95G XPE IN DA 3 1/2" IMC)	3 PHASE, 4 WIRE, SN. 230/400 VOLTS												
			EMDB 2W	66,075.00	66,075.00	66,075.00																					
			TOTAL	228,966.67	228,966.67	228,966.67																					
			BUSDUCT A1 (DM)	338,043.33	338,043.33	338,043.33																					
			BUSDUCT A2 (DM)	358,930.00	358,930.00	358,930.00																					
			EMDB 1W (DM)	162,891.67	162,891.67	162,891.67																					
			SDB B1A (DM)	116,091.67	116,091.67	116,091.67																					
			SDB 1A (DM)	112,000.00	112,000.00	112,000.00																					
			SPARE	10,000.00	10,000.00	10,000.00																					
			TOTAL	1,677,966.67	1,677,966.67	1,677,966.67																					
4	MDB 1W (FULLY TYPE TEST)	MDB ROOM 2nd FL	BUSDUCT B1 (DM)	334,078.33	334,078.33	334,078.33	3,293,870.00	2,141,015.50	0.65	3,090.29	3,862.86	5000.00	1.29	3 x 5000 A, Cu, BUS BAR w/ht 50% N, 25% G	3 PHASE, 4 WIRE, SN. 230/400 VOLTS												
			BUSDUCT B2 (DM)	365,970.00	365,970.00	365,970.00																					
			EMDB 2W (DM)	66,075.00	66,075.00	66,075.00																					
			SDB B1B (DM)	127,891.67	127,891.67	127,891.67																					
			SPARE	30,000.00	30,000.00	30,000.00																					
			TOTAL	943,025.00	943,025.00	943,025.00																					
			5	MDB 2W (FULLY TYPE TEST)	MDB ROOM 2nd FL	BUSDUCT B1 (DM)										334,078.33	334,078.33	334,078.33	2,893,205.00	1,840,288.25	0.65	2,656.22	3,320.28	5000.00	1.51	3 x 5000 A, Cu, BUS BAR w/ht 50% N, 25% G	3 PHASE, 4 WIRE, SN. 230/400 VOLTS
						BUSDUCT B2 (DM)										365,970.00	365,970.00	365,970.00									
						EMDB 2W (DM)										66,075.00	66,075.00	66,075.00									
						SDB B1B (DM)										127,891.67	127,891.67	127,891.67									
SPARE	30,000.00	30,000.00				30,000.00																					
TOTAL	943,025.00	943,025.00				943,025.00																					

ตารางที่ ก.5 การแสดงการคำนวณหาขนาดของหม้อแปลงไฟฟ้า

CALCULATE TRANSFORMER SIZE		TOTAL LOAD	LOAD OF TRANSFORMER (X125% VA)	LOAD OF TRANSFORMER (X125% KVA)	SIZE OF TRANSFORMER (KVA)	QUALITY OF TRANSFORMER
NAME		2,141,015.50	2,676,269.38	2,676.27	2500	1
MDB 1W		1,840,283.25	2,300,354.06	2,300.35	2500	1

ภาคผนวก ข.

มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2556

ภาคผนวก ข.

มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2556

ข.1 ข้อกำหนดทั่วไปสำหรับการติดตั้งทางไฟฟ้า

1.1 ที่ว่างเพื่อปฏิบัติงานสำหรับบริษัทไฟฟ้า

ต้องจัดให้มีที่ว่างและทางเข้าเพียงพอ เพื่อปฏิบัติงานและบำรุงรักษาบริษัทไฟฟ้าได้ โดยสะดวกและปลอดภัย ทั้งนี้ที่ว่างดังกล่าวห้ามใช้สำหรับเก็บของ

ตอน ข. สำหรับระบบแรงต่ำ

1.1.1 ที่ว่างเพื่อปฏิบัติงาน

ที่ว่างเพื่อปฏิบัติงานสำหรับบริษัทไฟฟ้า ที่มีโอกาสตรวจสอบปรับแต่งหรือบำรุงรักษาขณะมีไฟ ต้องมีความกว้างไม่น้อยกว่า 0.75 เมตรและไม่น้อยกว่าขนาดความกว้างของบริษัทไฟฟ้าและความลึกต้องเป็นไปตามที่กำหนดในตาราง ข.1 และที่ว่างเพื่อปฏิบัติงานต้องพอเพียงสำหรับการเปิดประตูตู้หรือฝาตู้ได้อย่างน้อย 90 องศาในทุกกรณี

คอนกรีต อิฐ ผนังกระเบื้อง ให้ถือว่าเป็นส่วนที่ต่อลงดิน

1.1.2 การวัดความลึก

ความลึกให้วัดจากส่วนที่มีไฟฟ้าและเปิดโล่งอยู่ หรือวัดจากด้านหน้าของเครื่องห่อหุ้ม ถ้าส่วนที่มีไฟฟ้าห่อหุ้ม

1.1.3 ทางเข้าที่ว่างเพื่อปฏิบัติงาน

1.1.3.1 ต้องมีทางเข้าขนาดกว้างไม่น้อยกว่า 0.60 เมตร และสูงไม่น้อยกว่า 2.00 เมตร ที่จะเข้าไปถึงที่ว่างเพื่อปฏิบัติงานกับบริษัทไฟฟ้า ได้อย่างน้อยหนึ่งทาง

1.1.3.2 สำหรับแผงสวิตช์และแผงควบคุมที่มีพิกัดกระแสตั้งแต่ 1,200 แอมแปร์ขึ้นไป และกว้างเกิน 1.80 เมตร ต้องมีทางเข้าทั้งสองข้างของแผงที่มีความกว้างไม่น้อยกว่า 0.60 เมตร และความสูงไม่น้อยกว่า 2.00 เมตร

ตาราง ข.1 ความลึก (Depth) ต่ำสุดของที่ว่างเพื่อปฏิบัติงานกับบริษัทไฟฟ้า ระบบแรงต่ำ

แรงดันไฟฟ้าวัดเทียบ กับดิน (โวลต์)	ความลึกต่ำสุด (เมตร)		
	กรณีที่ 1	กรณีที่ 2	กรณีที่ 3
0 - 150	0.90	0.90	0.90
151 - 600	0.90	1.10	1.20

กรณีที่ 1 มีส่วนที่มีไฟฟ้าและเปิดโล่งอยู่ทางด้านหนึ่งของที่ว่างเพื่อปฏิบัติงาน และอีกด้านหนึ่งของที่ว่างเพื่อปฏิบัติงานไม่มีทั้งส่วนที่มีไฟฟ้าและเปิดโล่งและส่วนที่ต่อลงดิน หรือมีส่วนที่มีไฟฟ้าและเปิดโล่งอยู่ทั้งสองด้านของที่ว่างเพื่อปฏิบัติงาน แต่ได้มีการกั้นด้วยวัสดุที่เหมาะสม เช่น ไม้ หรือวัสดุคอนกรีตอื่น

สายไฟฟ้าหุ้มฉนวนหรือบัสบาร์หุ้มฉนวนที่มีแรงดันไฟฟ้าไม่เกิน 300 โวลต์ ให้ถือว่าเป็นส่วนที่ไม่มีไฟฟ้า

กรณีที่ 2 มีส่วนที่มีไฟฟ้าและเปิดโล่งอยู่ทางด้านหนึ่งของที่ว่างเพื่อปฏิบัติงาน และอีกด้านหนึ่งของที่ว่างเพื่อปฏิบัติงานเป็นส่วนที่ต่อลงดิน

กรณีที่ 3 มีส่วนที่มีไฟฟ้าและเปิดโล่งอยู่ทั้งสองด้านของที่ว่างเพื่อปฏิบัติงาน (ไม่มีการกั้นตามกรณีที่ 1) โดยผู้ปฏิบัติงานจะอยู่ระหว่างนั้น

ข้อยกเว้นที่ 1 บริษัทที่เข้าถึงเพื่อปฏิบัติงานได้จากด้านอื่นที่ไม่ใช่ด้านหลัง ไม่ต้องมีที่ว่างเพื่อปฏิบัติงานด้านหลังของบริษัทก็ได้

ข้อยกเว้นที่ 2 ส่วนที่มีไฟฟ้าและเปิดโล่ง มีแรงดันไม่เกิน 30 VAC. หรือ 60 VDC. และสามารถเข้าถึงได้ ที่ว่างเพื่อปฏิบัติงานอาจเล็กกว่าที่กำหนดได้ แต่ต้องได้รับความเห็นชอบจากการไฟฟ้า ก่อน

ข้อยกเว้นที่ 3 บริษัทที่เข้าถึงเพื่อปฏิบัติงานจากด้านอื่นที่ไม่ใช่ด้านหลัง ไม่ต้องมีที่ว่างเพื่อปฏิบัติงานจากด้านหลังของบริษัทก็ได้ ในที่ซึ่งต้องเข้าถึงด้านหลังเพื่อทำงานในส่วนที่ได้ปลดวงจรไฟฟ้าออกแล้ว ต้องมีที่ว่างเพื่อปฏิบัติงานในแนวนอนไม่น้อยกว่า 0.75 เมตร ตลอดแนวของบริษัท

ตาราง ข.2 ขนาดต่ำสุดของสายดินของบริษัทไฟฟ้า

พิกัดหรือขนาดปรับตั้งของเครื่องป้องกันกระแสเกิน (แอมแปร์)	ขนาดต่ำสุดของสายดินของบริษัทไฟฟ้า (ตัวนำทองแดง) (ตร.มม.)
20	2.5
40	4
70	6
100	10
200	16
400	25
500	35
800	50
1,000	70
1,250	95
2,000	120
2,500	185
4,000	240
6,000	400

ข.2 ข้อกำหนดการเดินสายและวัสดุ

1.2.1 จำนวนสายไฟฟ้าสูงสุดในท่อร้อยสาย

ให้คำนวณจากพื้นที่หน้าตัดรวมทั้งฉนวนและเปลือกของสายทุกเส้นในท่อร้อยสายรวมกันคิดเป็นร้อยละเทียบกับพื้นที่หน้าตัดภายในของท่อต้องไม่เกินที่กำหนดในตาราง ข.3

ตาราง ข.3 พื้นที่หน้าตัดสูงสุดรวมของสายไฟทุกเส้นคิดเป็นร้อยละเทียบกับพื้นที่หน้าตัดของท่อ

จำนวนสายในท่อร้อยสาย	1	2	3	4	มากกว่า 4
สายไฟทุกชนิด ยกเว้น สายชนิดมีปลอกตะกั่วหุ้ม	53	31	40	40	40
สายชนิดมีปลอกตะกั่วหุ้ม	55	30	40	38	35

ข.3 ข้อกำหนดสำหรับแผงสวิตช์ (Switchboard) และแผงย่อย (Panelboard)

1.3.1 ทั่วไป

1.3.1.1 ขอบเขต

ให้ใช้กับแผงสวิตช์และแผงย่อย ซึ่งใช้ควบคุมไฟฟ้าแสงสว่างและไฟฟ้ากำลัง รวมทั้งแผงชาร์จไฟเข้าแบตเตอรี่โดยต่อจากวงจรไฟฟ้าแสงสว่างและไฟฟ้ากำลัง ยกเว้น แผงสวิตช์หรือส่วนของแผงสวิตช์ซึ่งใช้ควบคุมวงจรและทำงานโดยไฟจากแบตเตอรี่

1.3.1.2 การติดตั้ง

แผงสวิตช์และแผงย่อย ต้องอยู่ในห้องหรือที่ซึ่งจัดไว้โดยเฉพาะ ห้ามมีท่อลม ท่องานอื่น หรือบริเวณสำหรับงานอื่นซึ่งไม่ใช่เครื่องมือหรือบริเวณที่เกี่ยวกับแผงสวิตช์หรือแผงย่อยนั้น ติดตั้งเหนือหรือใต้สวิตช์ หรืออยู่ในห้อง หรือทางเดินเข้าสู่ห้อง

1.3.1.3 การยึดและการจัดบัสบาร์และตัวนำ

1.3.1.3.1 ตัวนำและบัสบาร์ในแผงสวิตช์หรือแผงย่อย ต้องติดตั้งอย่างมั่นคงในตำแหน่งที่ปลอดภัยจากความเสียหายทางกายภาพ ตัวนำทุกเส้นที่จะต่อเข้ากับอุปกรณ์ซึ่งติดตั้งอยู่ในช่องใดต้องเดินอยู่ในช่องนั้นเท่านั้นนอกจากจะเป็นการเชื่อมต่อระหว่างช่องและสายไฟในวงจรควบคุมบัสบาร์ และขั้วต่อสายต้องมีสิ่งปิดกั้นแยก (barrier) ออกจากส่วนอื่น ๆ ของแผงสวิตช์หรือแผงย่อย

1.3.1.3.2 การจัดวางบัสบาร์และตัวนำ ต้องหลีกเลี่ยงไม่ให้เกิดความร้อนสูงเนื่องจากการเหนี่ยวนำ

1.3.1.3.3 ขั้วต่อสายในแผงสวิตช์หรือแผงย่อย ควรติดตั้งในลักษณะที่สามารถต่อสายไปยัง โหลดได้โดยไม่ต้องข้ามบัสบาร์เส้นไฟ

1.3.1.3.4 การจัดเฟสของแผงสวิตช์และแผงย่อย เมื่อมองจากด้านหน้าให้อยู่ในลักษณะเฟส เป็น 1, 2 และ 3 (หรือ เฟส เอ (A) บี (B) ซี (C)) ตามลำดับ โดยเรียงจากด้านหน้าไปด้านหลังของแผง จากด้านบนลงด้านล่างหรือจากด้านซ้ายมือไปด้านขวามือ การจัดเฟสลักษณะอื่นอนุญาตให้ใช้ได้ เฉพาะการเชื่อมต่อเข้ากับระบบที่มีอยู่แล้ว แต่ต้องทำเครื่องหมายให้เห็นได้ชัดเจน

1.3.1.3.5 แต่ละบัสบาร์จะต้องมีการทำเครื่องหมายแสดงเฟสอย่างใดอย่างหนึ่งดังต่อไปนี้

ก.) เป็นตัวอักษร ได้แก่

- L1 สำหรับ เฟส 1 หรือเฟส A

- L2 สำหรับ เฟส 2 หรือเฟส B

- L3 สำหรับ เฟส 3 หรือเฟส C

- N สำหรับ นิวทรัล

- E หรือ  สำหรับ บัสดิน/ขั้วสายดิน

ข.) เป็นสีได้แก่

- สีน้ำตาล สำหรับ เฟส 1 หรือเฟส A

- สีดำ สำหรับ เฟส 2 หรือเฟส B

- สีเทา สำหรับ เฟส 3 หรือเฟส C

- สีฟ้า สำหรับ นิวทรัล

- สีเขียวหรือสีเขียวแถบเหลือง สำหรับ บัสดิน/ขั้วสายดิน

1.3.2 แผงสวิตช์ (Switchboard)

1.3.2.1 แผงสวิตช์ที่มีส่วนที่มีไฟฟ้าเปิดโล่ง ต้องติดตั้งในสถานที่แห้ง เข้าถึงได้และควบคุม โดยบุคคลที่มีหน้าที่เกี่ยวข้องเท่านั้น เมื่อติดตั้งในสถานที่เปียกหรือนอกอาคาร ต้องมีเครื่องห่อหุ้ม (กล่องหรือตู้) ที่ทนสภาพอากาศ นอกจากแผงสวิตช์จะเป็นชนิดที่ออกแบบไว้สำหรับติดตั้งภายนอก อาคารได้ แผงสวิตช์ซึ่งอยู่ในสถานที่ที่มีวัตถุติดไฟได้ง่ายต้องติดตั้งในตำแหน่งที่แผงสวิตช์จะไม่ทำให้เกิดเพลิงไหม้ต่อวัตถุติดไฟข้างเคียง

1.3.2.2 ส่วนบนของแผงสวิตช์ต้องอยู่ห่างจากเพดานที่ติดไฟได้ไม่น้อยกว่า 0.90 เมตร หากเป็นเพดานไม่ติดไฟ หรือมีแผ่นกันไฟที่ไม่ติดไฟระหว่างแผงสวิตช์กับเพดาน ระยะห่างระหว่างส่วนบนของแผงสวิตช์และเพดานต้องไม่น้อยกว่า 0.60 เมตร

1.3.2.3 สำหรับระบบไฟฟ้ากระแสสลับ โครงของแผงสวิตช์รวมทั้งโครงที่รองรับที่เป็นโลหะ ทั้งของแผงสวิตช์และบริภัณฑ์ไฟฟ้าต้องต่อลงดิน เครื่องมือวัด รีเลย์ มิเตอร์ หรือหม้อแปลงเครื่องวัด ซึ่งติดตั้งในแผงสวิตช์ ต้องต่อลงดินด้วย

ข.4 ห้องหม้อแปลง

1.4 ห้องหม้อแปลงสำหรับหม้อแปลงชนิดฉนวนของเหลวติดไฟได้และฉนวนของเหลวติดไฟยาก

1.4.1 ที่ตั้ง ห้องหม้อแปลงต้องอยู่ในสถานที่ที่สามารถขนย้ายหม้อแปลงทั้งลูกเข้าออกได้ และสามารถระบายอากาศภายนอกได้ หากใช้ท่อลมต้องเป็นชนิดทนไฟ ห้องหม้อแปลงต้องเข้าถึงได้โดยสะดวก สำหรับผู้ที่มีหน้าที่เกี่ยวข้องเพื่อตรวจสอบและบำรุงรักษา

1.4.2 ระยะห่าง ระยะห่างระหว่างหม้อแปลงกับผนังหรือประตูห้องหม้อแปลง ต้องไม่น้อยกว่า 1.0 เมตร ระยะห่างระหว่างหม้อแปลงต้องไม่น้อยกว่า 0.60 เมตร บริเวณที่ตั้งหม้อแปลงต้องมีที่ว่างเหนือ (headroom) หม้อแปลงหรือเครื่องต่อหม้อแปลงไม่น้อยกว่า 0.60 เมตร

1.4.3 การระบายอากาศ ช่องระบายอากาศควรอยู่ห่างจากประตู หน้าต่าง ทางหนีไฟและวัตถุที่ติดไฟได้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ อุณหภูมิภายในห้องหม้อแปลงต้องไม่เกิน 40 °C

1.4.4 ผนังและหลังคาหม้อแปลง ต้องสร้างด้วยวัสดุที่มีความแข็งแรงทางโครงสร้างเพียงพอ กับสภาพการใช้งานและไม่ติดไฟ ผนังของห้องหม้อแปลงต้องสร้างด้วยวัสดุที่มีความหนา ดังนี้

- (1) คอนกรีตเสริมเหล็กมีความหนาไม่น้อยกว่า 125 มม. หรือ
- (2) อิฐ คอนกรีต คอนกรีตบล็อก มีความหนาไม่น้อยกว่า 200 มม.

1.4.5 ประตูห้องหม้อแปลง ต้องทำด้วยเหล็กแผ่นหนาอย่างน้อย 1.6 มม. มีวิธีการป้องกันการผุกร่อน ประตูต้องมีการจับยึดไว้อย่างแน่นหนา ต้องมีประตูฉุกเฉินสำรองไว้สำหรับเป็นทางออก และเป็นชนิดที่เปิดออกภายนอกได้สะดวกและรวดเร็ว









ตารางที่ ข.4 ตารางขนาดกระแสของสายไฟฟ้าที่สัมพันธ์กับลักษณะการติดตั้งและชนิดของสายไฟฟ้า (สำหรับระบบแรงต่ำ)

ลักษณะการติดตั้ง	ตารางขนาดกระแสตามชนิดของสายไฟฟ้า		หมายเหตุ
	สาย มอก.11-2553	สาย XLPE	
กลุ่มที่ 1 & 2	ตารางที่ ก.6.1	ตารางที่ ก.6.5	เดินร้อยท่อ
กลุ่มที่ 3	ตารางที่ ก.6.2	ตารางที่ ก.6.2	เดินเกาะผนัง
กลุ่มที่ 4	ตารางที่ ก.6.3	ตารางที่ ก.6.6	เดินลอยในอากาศ
กลุ่มที่ 5 & 6	ตารางที่ ก.6.4	ตารางที่ ก.6.7	เดินฝังดิน
กลุ่มที่ 7	ตารางที่ ก.6.8 & ก.6.9	ตารางที่ ก.6.10 & ก.6.11	เดินบนรางเคเบิล







ตารางที่ ข.5 ขนาดรางเดินสายโลหะที่แนะนำในการผลิต

ขนาดความสูง x กว้าง (มม.)	ความหนาต่ำสุด (มม.)
50 x 50	1.00
50 x 100	1.00
100 x 100	1.20
100 x 150	1.20
150 x 200 หรือ 100 x 300	1.60
100 x 300 หรือ 150 x 300	1.60

ตารางที่ ข.6.1 ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าทองแดงหุ้มฉนวนพีวีซี มี/ไม่มีเปลือกนอก สำหรับขนาดแรงดัน (U_v/U) ไม่เกิน 0.6/1 กิโลโวลต์ อุณหภูมิตัวนำ 70 °C เดินในช่องเดินสายในอากาศ

ลักษณะการติดตั้ง	กลุ่มที่ 1				กลุ่มที่ 2			
	2		3		2		3	
ลักษณะตัวนำกระแส	แกนเดี่ยว	หลายแกน	แกนเดี่ยว	หลายแกน	แกนเดี่ยว	หลายแกน	แกนเดี่ยว	หลายแกน
รูปแบบการติดตั้ง								
รหัสชนิดเคเบิลที่ใช้ในงาน	60227 IEC01, 60227 IEC02, 60227 IEC05, 60227 IEC06, 60227 IEC10, NYY, NYY-G, VCT, VCT-G, IEC 60502-1 และสายที่มีคุณสมบัติพิเศษต่าง ๆ เช่น สายทนไฟ, สายไร้ฮาโลเจน, สายคว้านน้อย 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	-


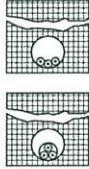
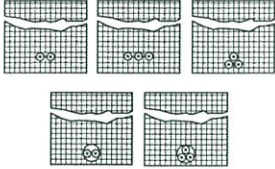
ตารางที่ ข.6.2 ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าตัวนำทองแดง หุ้มฉนวน มีเปลือกนอก สำหรับขนาดแรงดัน (U₀/U) ไม่เกิน 0.6/1 กิโลโวลต์ อุณหภูมิตัวนำ 70 °C หรือ 90 °C อุณหภูมิโดยรอบ 40 °C เดินเกาะผนังใน อากาศ

ลักษณะการติดตั้ง	กลุ่มที่ 3					
	จำนวนตัวนำกระแส	ไม่เกิน 3			ไม่เกิน 3	
ลักษณะสาย	แบน	กลม			กลม	
ลักษณะตัวนำกระแส	หลายแกน	แกนเดี่ยว			แกนเดี่ยว	
ประเภทฉนวน	พีวีซี	พีวีซี	ครอสลิงก์พอลิเอทิลีน	พีวีซี	ครอสลิงก์พอลิเอทิลีน	
อุณหภูมิตัวนำ	70°C	70°C	90°C	70°C	90°C	
รูปแบบการติดตั้ง		 หรือ 			 หรือ 	
รหัสชนิดเคเบิล ที่ใช้งาน	VAF, VAF-G	NY, IEC 60502-1	IEC 60502-1	NY, NY-G 60227 IEC 10, IEC 60502-1	IEC 60502-1	
ขนาดสาย (ตร.มม.)	ขนาดกระแส (แอมแปร์)					
1	14	12	16	12	15	
1.5	17	16	21	15	20	
2.5	23	22	28	21	27	
4	32	29	37	28	36	
6	41	37	49	36	47	
10	56	51	67	50	65	
16	74	69	90	66	87	
25	-	90	118	84	108	
35	-	112	147	104	134	
50	-	145	190	125	163	
70	-	186	244	160	208	
95	-	227	297	194	253	
120	-	264	345	225	293	
150	-	304	397	260	338	
185	-	348	455	297	386	
240	-	411	537	351	455	
300	-	474	620	404	524	
400	-	552	722	-	-	
500	-	629	823	-	-	









ตารางที่ ข.6.3 ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าตัวนำทองแดงแกนเดียวหุ้มฉนวนพีวีซี มอก.11-2553 สำหรับขนาดแรงดัน (U_o/U) ไม่เกิน 450/750 โวลต์ อุณหภูมิตัวนำ 70 °C อุณหภูมิโดยรอบ 40 °C เดินบนฉนวนลูกถ้วยในอากาศ

ลักษณะการติดตั้ง	กลุ่มที่ 4	
รูปแบบการติดตั้ง	 หรือ 	 หรือ 
รหัสชนิดเคเบิลที่ใช้งาน	60227 IEC 01, 60227 IEC 10, NYY	
ขนาดสาย (ตร.มม.)	ขนาดกระแส (แอมแปร์)	
4	30	37
6	39	48
10	56	67
16	78	92
25	113	127
35	141	157
50	171	191
70	221	244
95	271	297
120	315	345
150	365	397
185	418	453
240	495	535
300	573	617
400	692	741





ตารางที่ ข.6.4 ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าตัวนำทองแดงหุ้มฉนวนพีวีซี สำหรับขนาดแรงดัน (U_0/U) ไม่เกิน 0.6/1 กิโลโวลต์ อุณหภูมิตัวนำ 70 °C อุณหภูมิโดยรอบ 30 °C ร้อยต่อฝังดินหรือฝังดินโดยตรง

ลักษณะการติดตั้ง	กลุ่มที่ 5		กลุ่มที่ 6
จำนวนตัวนำกระแส	2	3	ไม่เกิน 3
ลักษณะตัวนำ	แกนเดี่ยว/หลายแกน	แกนเดี่ยว/หลายแกน	แกนเดี่ยว/หลายแกน
รูปแบบการติดตั้ง			
รหัสชนิดเคเบิลที่ใช้งาน	NYY, NYY-G, ตามมาตรฐาน IEC 60502-1		
ขนาดสาย (ตร.มม.)	ขนาดกระแส (แอมแปร์)		
1	17	15	21
1.5	21	19	26
2.5	28	25	35
4	36	33	45
6	46	41	57
10	62	55	76
16	81	72	99
25	106	94	128
35	129	114	154
50	153	136	181
70	190	168	223
95	232	204	267
120	265	234	304
150	303	266	342
185	344	303	386
240	404	361	448
300	462	404	507
400	529	462	577
500	605	527	654

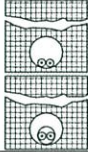
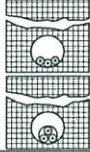
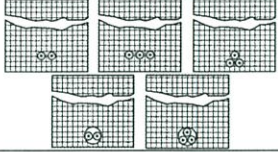
ตารางที่ ข.6.5 ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าทองแดงหุ้มฉนวนคลอสิลิกด์พอลิเอทิลีน มีเปลือกนอก สำหรับขนาดแรงดัน (U_o/U) ไม่เกิน 0.6/1 กิโลโวลต์ อุณหภูมิตัวนำ 90 °C อุณหภูมิโดยรอบ 40 °C เดินร้อยในท่อในอากาศ

ลักษณะการติดตั้ง	กลุ่มที่ 1				กลุ่มที่ 2			
	2		3		2		3	
จำนวนตัวนำกระแส	แกนเดียว	หลายแกน	แกนเดียว	หลายแกน	แกนเดียว	หลายแกน	แกนเดียว	หลายแกน
รูปแบบการติดตั้ง								
รหัสชนิดเคเบิลที่ใช้งาน	IEC 60502-1 และสายที่มีคุณสมบัติพิเศษต่าง ๆ เช่น สายทนไฟ, สายไร้ฮาโลเจน, สายคว้าน้อย เป็นต้น							
ขนาดสาย (ตร.มม.)	ขนาดกระแส (แอมแปร์)							
1	13	13	12	12	15	15	14	14
1.5	17	17	15	15	21	20	18	18
2.5	24	23	21	20	28	27	25	24
4	32	30	28	27	38	36	34	32
6	41	38	36	35	49	46	44	40
10	56	52	49	46	68	63	60	55
16	74	69	66	62	91	83	80	73
25	96	90	86	81	121	108	106	96
35	119	110	106	99	149	133	131	116
50	144	132	128	118	180	159	159	140
70	182	167	163	149	230	201	202	177
95	219	200	197	179	278	241	245	212
120	253	230	227	207	322	278	284	244
150	289	264	259	236	358	304	311	273
185	329	299	295	268	409	349	349	309
240	386	351	346	315	480	418	410	362
300	442	402	396	360	549	484	468	414
400	-	-	-	-	622	-	531	-
500	-	-	-	-	713	-	606	-






ตารางที่ ข.6.6 ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าแกนเดี่ยวตัวนำทองแดงหุ้มฉนวนครอสลิงกต์พอลิเอทิลีน สำหรับขนาดแรงดัน (U_o/U) ไม่เกิน 0.6/1 กิโลโวลต์ อุณหภูมิตัวนำ 70 °C อุณหภูมิโดยรอบ 40 °C เดินบนฉนวน ลุกถ้วยในอากาศ

ลักษณะการติดตั้ง	กลุ่มที่ 4	
รูปแบบการติดตั้ง	 หรือ 	 หรือ 
รหัสชนิดเคเบิลที่ใช้งาน	ตามมาตรฐาน IEC 60502-1	
ขนาดสาย (ตร.มม.)	ขนาดกระแส (แอมแปร์)	
4	47	54
6	60	68
10	82	90
16	110	124
25	147	166
35	183	206
50	224	250
70	289	321
95	354	391
120	413	455
150	480	525
185	551	602
240	654	711
300	758	821
400	917	987
500	1064	1140





ตารางที่ ข.6.7 ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าตัวนำทองแดงหุ้มฉนวนครอสลิงกด์พอลิเอทิลีน มีเปลือกนอก ขนาดแรงดัน (U₀/U) ไม่เกิน 0.6/1 กิโลโวลต์ อุณหภูมิตัวนำ 70 °C อุณหภูมิโดยรอบ 30 °C ร้อยต่อฝังดิน หรือฝังดินโดยตรง

ลักษณะการติดตั้ง	กลุ่มที่ 5		กลุ่มที่ 6
จำนวนตัวนำกระแส	2	3	ไม่เกิน 3
ลักษณะตัวนำ	แกนเดี่ยว/หลายแกน	แกนเดี่ยว/หลายแกน	แกนเดี่ยว/หลายแกน
รูปแบบการติดตั้ง			
รหัสชนิดเคเบิลที่ใช้งาน	IEC 60502-1		
ขนาดสาย (ตร.มม.)	ขนาดกระแส (แอมแปร์)		
1.5	25	22	33
2.5	33	29	43
4	43	38	55
6	54	47	70
10	71	63	92
16	94	83	119
25	124	109	152
35	150	132	184
50	180	159	217
70	223	196	266
95	271	238	318
120	313	275	362
150	355	312	406
185	406	356	459
240	477	418	533
300	543	475	601
400	625	545	684
500	717	623	777

ตารางที่ ข.6.8 ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าตัวนำทองแดงหุ้มฉนวนพีวีซี สำหรับขนาดแรงดัน (U_o/U) ไม่เกิน 0.6/1 กิโลโวลต์ อุณหภูมิตัวนำ 70 °C อุณหภูมิโดยรอบ 40 °C วางบนรางเคเบิลแบบระบายอากาศไม่มีฝาปิด หรือรางเคเบิลแบบบับนไค

ลักษณะการติดตั้ง	กลุ่มที่ 7				
ลักษณะตัวนำกระแส	แกนเดี่ยว				หลายแกน
รูปแบบการติดตั้ง					
รหัสชนิดเคเบิลใช้งาน	60227 IEC 10, NYY, NYY-G และสายที่มีคุณสมบัติพิเศษต่าง ๆ เช่น สายทนไฟ, สายไร้ฮาโลเจน, สายคว้าน้อย เป็นต้น				
SIZE (SQ.MM.)	CURRENT (A)				
1	-	-	-	-	13
1.5	-	-	-	-	16
2.5	-	-	-	-	22
4	-	-	-	-	30
6	-	-	-	-	37
10	-	-	-	-	52
16	-	-	-	-	70
25	99	96	127	113	88
35	124	119	157	141	110
50	151	145	191	171	133
70	196	188	244	221	171
95	239	230	297	271	207
120	279	268	345	315	240
150	324	310	397	365	278
185	371	356	453	418	317
240	441	422	535	495	374
300	511	488	617	573	432
400	599	571	741	692	-
500	686	652	854	800	-





ตารางที่ ข.6.9 ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าตัวนำทองแดงหุ้มฉนวนพีวีซี สำหรับขนาดแรงดัน (U_o/U) ไม่เกิน 0.6/1 กิโลโวลต์ อุณหภูมิตัวนำ 70 °C อุณหภูมิโดยรอบ 40 °C วางบนรางเคเบิลชนิดด้านล่างที่บ มี/ไม่มีฝาปิด

ลักษณะการติดตั้ง	กลุ่มที่ 7			
ลักษณะตัวนำ	แกนเดี่ยว		หลายแกน	
รูปแบบการติดตั้ง				
รหัสชนิดเคเบิลที่ใช้	60227 IEC10, NYY, NYY-G ตามมาตรฐาน IEC 60502-1 และสายที่มีคุณสมบัติพิเศษต่าง ๆ เช่น สายทนไฟ, สายไร้ฮาโลเจน, สายควันท่ำ เป็นต้น			
ขนาดสาย (ตร.มม.)	ขนาดกระแส (แอมแปร์)			
1	-	-	12	10
1.5	-	-	15	13
2.5	-	-	21	17
4	-	-	28	23
6	-	-	36	30
10	-	-	50	40
16	-	-	66	54
25	90	77	84	70
35	112	96	104	86
50	145	117	125	103
70	186	149	160	130
95	227	180	194	156
120	264	208	225	179
150	304	228	260	196
185	348	258	297	222
240	411	301	351	258
300	474	343	404	295
400	552	406	-	-
500	629	464	-	-

ตารางที่ ข.6.10 ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าตัวนำทองแดงหุ้มฉนวนครอสลิงกต์พอลิเอทิลีน มีเปลือกนอกสำหรับขนาดแรงดัน (U_o/U) ไม่เกิน 0.6/1 กิโลโวลต์ อุณหภูมิตัวนำ 90 °C อุณหภูมิโดยรอบ 40 °C วางบนรางเคเบิลแบบระบายอากาศไม่มีฝาปิด หรือรางเคเบิลแบบบับนัได

ลักษณะการติดตั้ง	กลุ่มที่ 7				
ลักษณะตัวนำกระแส	แกนเดี่ยว				หลายแกน
รูปแบบการติดตั้ง					
รหัสชนิดเคเบิลใช้งาน	IEC 60502-1 และสายที่มีคุณสมบัติพิเศษต่าง ๆ เช่น สายทนไฟ, สายไร้ฮาโลเจน, สายควีนน้อย เป็นต้น				
SIZE (SQ.MM.)	CURRENT (A)				
1	-	-	-	-	16
1.5	-	-	-	-	21
2.5	-	-	-	-	29
4	-	-	-	-	38
6	-	-	-	-	49
10	-	-	-	-	68
16	-	-	-	-	91
25	128	123	166	147	116
35	160	154	206	183	144
50	197	188	250	224	175
70	254	244	321	289	224
95	311	298	391	354	271
120	364	349	455	413	315
150	422	404	525	480	363
185	485	464	602	551	415
240	577	552	711	654	490
300	670	640	821	758	565
400	790	749	987	917	-
500	908	861	1140	1064	-



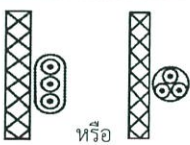
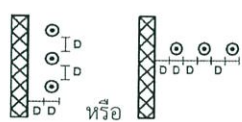
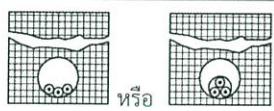
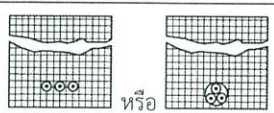
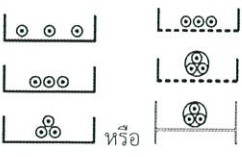
ตารางที่ ข.6.11 ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าตัวนำทองแดงหุ้มฉนวนครอสลิงกด์พอลิเอทิลีน มีเปลือกนอก สำหรับขนาดแรงดัน (U_o/U) ไม่เกิน 0.6/1 กิโลโวลต์ อุณหภูมิตัวนำ 70 °C อุณหภูมิโดยรอบ 40 °C วางบน รางเคเบิลชนิดด้านล่างทึบ มี/ไม่มีฝาปิด

ลักษณะการติดตั้ง	กลุ่มที่ 7			
	แกนเดี่ยว		หลายแกน	
ลักษณะตัวนำ				
รูปแบบการติดตั้ง				
รหัสชนิดเคเบิลที่ใช้งาน	IEC 60502-1 และสายที่มีคุณสมบัติพิเศษต่าง ๆ เช่น สายทนไฟ, สายไร้ฮาโลเจน, สายควีนต้า 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 ข.7 พื้นที่ภาคตัดขวางภายในของท่อร้อยสายไฟฟ้า (ท่อร้อยสายไฟฟ้าที่ผลิตตามมาตรฐาน มอก. 770-2533)

ขนาดท่อ		พื้นที่ภาคตัดขวางภายใน (ตร.มม.)			
		ชนิดของท่อ			
(มม.)	(นิ้ว)	ท่อโลหะบาง	ท่อโลหะปานกลาง	ท่อโลหะหนา	ท่อโลหะอ่อน
9	3/8"	-	-	-	74.84
15	1/2"	195.00	230.00	201.00	204.52
20	3/4"	343.00	390.00	355.00	343.87
25	1"	555.00	637.00	572.00	527.10
32	1 1/4"	967.00	1,091.00	986.00	823.87
40	1 1/2"	1,313.00	1,467.00	1,338.00	1,198.06
50	2"	2,164.00	2,382.00	2,196.00	2,109.03
65	2 1/2"	3,776.00	3,367.00	3,137.00	3,167.09
80	3"	5,706.00	5,175.00	4,837.00	4,560.64
90	3 1/2"	7,447.00	6,907.00	6,458.00	-
100	4"	9,517.00	8,871.00	8,309.00	-
125	5"	-	-	13,041.00	-
150	6"	-	-	18,742.00	-

ตารางที่ ข.8 รูปแบบการติดตั้งอ้างอิง

วิธีการเดินสาย	รูปแบบการติดตั้ง	ลักษณะการติดตั้ง	หมายเหตุ
สายแกนเดี่ยวหรือหลายแกนหุ้มฉนวน มี/ไม่มีเปลือกนอก เดินช่องสายโลหะหรือโลหะ ภายในฝ้าเพดานที่เป็นฉนวนความร้อนหรือผนังกันไฟ	 หรือ	กลุ่มที่ 1	ฝ้าเพดาน หรือผนังกันไฟที่เป็นฉนวนความร้อนคือวัสดุที่มีค่าการนำความร้อน (Thermal conductance) อย่างน้อย 10 W/m ² *K
สายแกนเดี่ยวหรือหลายแกนหุ้มฉนวน มี/ไม่มีเปลือกนอก เดินในช่องเดินสายโลหะหรือโลหะเดินเกาะผนังหรือเพดาน หรือฝังในผนังคอนกรีตหรือที่คล้ายกัน	 หรือ	กลุ่มที่ 2	กรณีฝังในผนังคอนกรีตหรือที่คล้ายกันผนังนั้นจะต้องมีค่าความต้านทานความร้อน (Thermal resistivity) ไม่เกิน 2 K*m/W
สายแกนเดี่ยวหรือหลายแกนหุ้มฉนวนมีเปลือกนอก เดินเกาะผนังหรือเพดานที่ไม่มีสิ่งปิดหุ้มที่คล้ายกัน	 หรือ	กลุ่มที่ 3	
สายเคเบิลแกนเดี่ยวหุ้มฉนวน มี/ไม่มีเปลือกนอก วางเรียงกันแบบมีระยะห่าง เดินบนฉนวนลูกถ้วยในอากาศ	 หรือ	กลุ่มที่ 4	ระยะห่างถึงผนังและระหว่างเคเบิลไม่น้อยกว่าเส้นผ่านศูนย์กลางเคเบิล
สายแกนเดี่ยวหรือหลายแกนหุ้มฉนวนมีเปลือกนอก เดินในท่อโลหะหรือโลหะฝังดิน	 หรือ	กลุ่มที่ 5	
สายแกนเดี่ยว หรือหลายแกนหุ้มฉนวน มีเปลือกนอก ฝังดินโดยตรง	 หรือ	กลุ่มที่ 6	
สายเคเบิลแกนเดี่ยวหรือหลายแกนหุ้มฉนวน มีเปลือกนอก วางบนรางเคเบิลแบบด้านล่างทึบ, รางเคเบิลแบบระบายอากาศ หรือรางเคเบิลแบบบันได	 หรือ	กลุ่มที่ 7	รางเคเบิลแบบระบายอากาศจะต้องมีพื้นที่ระบายอากาศไม่น้อยกว่า ร้อยละ 30 ของพื้นที่ผิวรางเคเบิลทั้งหมด

ตารางที่ ข.9 Continuous current-carrying of copper conductors (IEC 61439-2)

Bus Bar Size (mm.)	Ambient temp, 35°C, Conductor temp rise, 105°C								Ambient temp, 40°C, Conductor temp rise, 105°C							
	บัสบาร์ทาสี (Painted Copper)				บัสบาร์เปลือย (Bare Copper)				บัสบาร์ทาสี (Painted Copper)				บัสบาร์เปลือย (Bare Copper)			
	การจัดวางบัสบาร์ (No. of Conductor)				การจัดวางบัสบาร์ (No. of Conductor)				การจัดวางบัสบาร์ (No. of Conductor)				การจัดวางบัสบาร์ (No. of Conductor)			
	I	II	III	II II	I	II	III	II II	I	II	III	II II	I	II	III	II II
(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	
12 x 2	206	339	382		181	305	362		195	321	362		171	289	343	
12 x 5	340	578	689		297	523	667		322	548	653		281	495	632	
12 x 10	547	1,014	1,474		478	927	1,360		518	961	1,396		453	878	1,288	
15 x 2	248	402	438		215	355	414		235	381	414		203	337	392	
15 x 3	314	530	639		272	473	605		297	502	605		257	448	573	
20 x 2	317	506	525		272	443	500		300	480	497		257	419	473	
20 x 3	397	611	761		342	584	723		376	626	721		324	553	684	
20 x 5	535	939	1,221		459	838	1,157		507	889	1,156		435	794	1,096	
20 x 10	833	1,549	2,213		716	1,383	1,979		789	1,467	2,096		678	1,310	1,874	
25 x 3	481	788	880		411	691	835		456	746	834		389	654	791	
25 x 5	644	1,110	1,407		548	983	1,333		610	1,051	1,332		519	931	1,262	
30 x 3	565	912	994		478	798	946		535	864	942		453	756	896	
30 x 5	750	1,274	1,583		635	1,127	1,502		710	1,207	1,499		602	1,067	1,423	
30 x 10	1,133	2,012	2,800		961	1,777	2,482		1,073	1,906	2,652		910	1,683	2,350	
40 x 3	729	1,160	1,216		614	1,006	1,157		691	1,099	1,151		581	953	1,096	
40 x 5	961	1,596	1,911		808	1,402	1,828		910	1,512	1,810		765	1,328	1,731	
40 x 10	1,425	2,465	3,353	4,326	1,199	2,163	2,968	3,823	1,350	2,334	3,176	4,097	1,135	2,048	2,811	3,621
50 x 5	1,169	1,911	2,230	3,370	978	1,667	2,079	3,219	1,107	1,810	2,112	3,192	926	1,578	1,969	3,049
50 x 10	1,710	2,884	3,890	4,946	1,429	2,532	3,421	4,360	1,620	2,731	3,684	4,684	1,353	2,398	3,239	4,129
60 x 5	1,385	2,230	2,532	3,873	1,154	1,928	2,415	3,706	1,312	2,112	2,398	3,668	1,093	1,826	2,287	3,509
60 x 10	1,979	3,286	4,376	5,516	1,652	2,884	3,856	4,863	1,874	3,112	4,145	5,224	1,564	2,731	3,652	4,605
80 x 5	1,794	2,817	3,068	4,745	1,484	2,431	2,934	4,561	1,699	2,668	2,906	4,494	1,405	2,303	2,779	4,319
80 x 10	2,515	4,041	5,315	6,590	2,079	3,538	4,678	5,785	2,382	3,827	5,034	6,241	1,969	3,351	4,430	5,478
100 x 5	2,180	3,370	3,605	5,533	1,811	2,901	3,437	5,349	2,064	3,192	3,414	5,240	1,715	2,747	3,255	5,066
100 x 10	3,025	4,779	6,237	7,596	2,498	4,158	5,466	6,673	2,874	4,526	5,907	7,193	2,366	3,938	5,177	6,320
120 x 10	3,538	5,500	7,160	8,602	2,918	4,795	6,271	7,545	3,351	5,209	6,781	8,146	2,763	4,542	5,939	7,146
160 x 10	4,527	6,925	8,987	10,597	3,722	6,019	7,847	9,272	4,287	6,558	8,511	10,036	3,525	5,701	7,432	8,781
200 x 10	5,516	8,333	10,781	12,559	4,510	7,227	9,407	10,966	5,224	7,892	10,211	11,894	4,272	6,844	8,908	10,385

ตารางที่ ข.10 สัญลักษณ์ต่าง ๆ ของอุปกรณ์ไฟฟ้า

Symbols	Designation	Symbols	Designation
	Circuit Breaker (Fixed Type)		Busway / Busduct
	Circuit Breaker (Drawout Type)		Capacitor
	Circuit Breaker With Thermal Magnetic Trip Operation		Current Transformer (CT)
	Circuit Breaker With Magnetic Trip Operation		Neutral Current Transformer (NCT)
	Circuit Breaker With Earth Leakage Protection		Digital Meter or Power Meter
	MOV Surge Arrester		Amp Selector Switch
	Isolatable Fuse Carrier		Volt Selector Switch
	Electromagnetic Contactor Contact		Voltmeter
	Power Factor Controller Relay		Ammeter
	Pilot Light Or Illuminating Lamp		Earth / Ground Connection
	Undervoltage Coil Release		Way of Incoming / Outgoing Cable
	Electromagnetic Device Relay		Junction / Connection Point
			Motor Mechanism
			Three Phase Line or Cable
			Shunt Trip Coil Release
			Ground Fault Protection Relay
			Terminal
			Delay Unit Device
			Closing Coil Release

ภาคผนวก ค.

รายละเอียดข้อกำหนดทางเทคนิค

ภาคผนวก ค.

รายละเอียดข้อกำหนดทางเทคนิค

ค. MAIN DISTRIBUTION BOARD

ค.1 ความต้องการทั่วไป

ค.2 ข้อกำหนดนี้ครอบคลุมถึงความต้องการด้านออกแบบ และสร้างแผงบริภัณฑ์ไฟฟ้าแรงต่ำซึ่งประกอบด้วยแผงบริภัณฑ์ไฟฟ้าแรงต่ำซึ่งประกอบด้วยแนวบริภัณฑ์ไฟฟ้าประธานปกติ (Main Distribution Board. MDB) แผงบริภัณฑ์ไฟฟ้าฉุกเฉิน (Emergency Distribution Board. EMD) และ USB Distribution Board

ค.3 ผู้รับจ้างจะต้องจัดหาและติดตั้งแผงบริภัณฑ์ฯ พร้อมอุปกรณ์ต่าง ๆ ไว้ในห้อง และ/หรือสถานที่ที่จัดเตรียมไว้

ค.4 การจัดสร้างแผงบริภัณฑ์ฯ ที่ประกอบในประเทศไทย ผู้ทำต้องมีประสบการณ์ผ่านงานด้านการทำแผงบริภัณฑ์ฯ มาแล้วไม่น้อยกว่า 5 ปี สามารถประกอบได้ หรือเทียบเท่ามาตรฐานตามที่ผู้ว่าจ้างยอมรับผู้ทำต้องมีวิศวกรไฟฟ้าแขนงไฟฟ้ากำลังเป็นผู้ควบคุมรับผิดชอบการผลิตและการติดตั้งบริภัณฑ์ฯ

ค.4.1 การจัดสร้างแผงบริภัณฑ์ฯ ต้องทำด้วยฝีมือช่างที่ดี วัสดุที่ใช้ต้องมีคุณสมบัติเท่ากับหรือดีกว่าคุณสมบัติที่จะกล่าวในข้อกำหนดนี้ อุปกรณ์ที่ใช้ในแผงบริภัณฑ์ฯ ต้องมีคุณสมบัติใช้ได้ตามมาตรฐานนั้น ๆ ที่ระบุให้เลือกใช้ในข้อกำหนดนี้

ค.4.2 สวิตซ์ตัดตอนอัตโนมัติหรือ Molded Case Circuit Breaker ทุกตัวที่ใช้ในแผงบริภัณฑ์ฯ จะต้องผลิตโดยผู้ผลิตรายเดียวกันกับ Main Circuit Breaker ยกเว้น Automatic Transfer Switch (ATS) ให้ใช้จากผู้ผลิตรายอื่น ๆ ได้ แต่ต้องได้รับความยินยอมจากผู้ว่าจ้าง

ค.4.3 ก่อนสั่งซื้อหรือจัดสร้างแผงบริภัณฑ์ฯ ผู้รับจ้างต้องส่ง Shop Drawing และรายละเอียดของวัสดุอุปกรณ์ที่จะใช้ทุกชนิดตามรายการ ให้ผู้ว่าจ้างพิจารณาให้ความยินยอมก่อน

ค.4.4 ขนาดของแผงบริภัณฑ์ฯ ให้ใช้ตามที่กำหนดในแบบ และ/หรือในรายการ ให้ถือเป็นขนาดขั้นต่ำแต่ถ้าหากสวิตซ์ตัดตอน และอุปกรณ์อื่นที่ใช้มีขนาดใหญ่กว่าให้ขยายขนาดแผงบริภัณฑ์ให้ใหญ่ขึ้น โดยถือรวมอยู่ในงานเป็นราคาที่เหมาะสมจะไม่มีเพิ่มราคาจากราคาที่เสนอไว้

ค.5 พิกัดของแผงบริภัณฑ์ฯ

ค.5.1 ถ้ามีได้กำหนดไว้เป็นอย่างอื่น ให้แผงบริภัณฑ์ ฯ ที่กล่าวถึง รวมทั้งวัสดุ อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องมีการออกแบบสร้างตาม NEMA, IEC และมาตรฐานอื่น ๆ ที่ผู้ว่าจ้างกำหนดไว้ แต่ต้องไม่ขัดต่อระเบียบและมาตรฐานการไฟฟ้านครหลวงที่กำหนดไว้ แผงบริภัณฑ์ ฯ ต้องมีคุณสมบัติใช้ได้ตามความต้องการของ IEC โดยมีคุณสมบัติทางเทคนิคอย่างน้อยดังต่อไปนี้

RATED SYSTEM VOLTAGE	:	415/240 VOLT.
SYSTEM WIRING	:	3-PHASE. 4-WIRE. SOLIDLY GROUND.
RATED FREQUENCY	:	50 HZ.
RATED CURRENT	:	ตามระบุในแบบ
RATED SHORT-TIME WITHSTAND	:	ไม่น้อยกว่า RATED SHORTCIRCUIT ระบุในแบบ
RATED PEAK WITHSTAND	:	1,000 VOLT.
CONTROL VOLTAGE	:	220-240 VAC.
TEMPERATURE RISE	:	IEC 60439-1 70°C AT AMBIENT TEMPERATURE 40°C
FINISHING	:	ELECTROGALVANIZED AND EPOXY-POLYESTER POWER PAINT COATING.
TYPICAL FORMS	:	FORM 2B

ค.6 ลักษณะโครงสร้างและการจัดสร้างแผงบริภัณฑ์ฯ

ค.6.1 แผงบริภัณฑ์จะต้องออกแบบและผลิตตามมาตรฐาน IEC 60439-1 โดยมีเอกสารรับรองการทดสอบเฉพาะแบบ (Full Type-test Assembly, TTA) ซึ่งประกอบด้วย การทดสอบดังต่อไปนี้

- การทดสอบขีดจำกัดของอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น (Temperature rise limit)
- การทดสอบค่าความเป็นฉนวนไฟฟ้า (Dielectric properties)
- การทดสอบความทนต่อการเกิดกระแสลัดวงจร (Short-Circuit current withstand strength)

- การทดสอบประสิทธิภาพของวงจรป้องกันทางด้านไฟฟ้า (Effectiveness of the protection)
- การตรวจสอบระยะห่างของตัวนำในอากาศและระยะห่างตามผิวฉนวน (Clearance and creepage distances)
- การตรวจสอบการใช้งานทางกล (Mechanical operation)
- การตรวจสอบระดับการป้องกัน (Degree of protection)

ค.6.2 แผงบริภัณฑ์ที่ใช้เป็นแบบตั้งพื้น (Floor Standing) ชนิด Dead-Front โครงสร้างของแผงบริภัณฑ์ ๓ ต้องเป็นแบบ Modularized design system, Self-Standing Metal Structure โดยโครงสร้างรอบนอกที่เป็นส่วนเสริมความแข็งแรงทำด้วยเหล็กหนาอย่างน้อย 2.0 มม. เชื่อมติดกัน หรือ ยึดติดกันด้วยสลัก และแป้นเกลียวถ้าแผงบริภัณฑ์ ๓ มีหลายส่วน

ค.6.3 ลักษณะของแผงบริภัณฑ์ ๓ ต้องจัดแบ่งออกเป็น ส่วน ๓ (Vertical Section) อย่างสมบูรณ์สามารถแยกจากกันเป็นอิสระได้โดยง่าย แต่แต่ละส่วนต้องมีขนาดอยู่ในช่วงที่กำหนดดังนี้

ความสูง	:	ไม่เกิน 2,275 มม.
ความกว้าง	:	ระหว่าง 700-1,300 มม.
ความลึก	:	ระหว่าง 600-1,000 มม.

ค.6.4 ภายในของแผงบริภัณฑ์ ๓ แต่ละส่วนต้องจัดแบ่งภายในออกเป็นช่อง (Compartment) อย่างน้อย 3 ช่อง ดังนี้

ค.6.5 Circuit Breaker Compartment สำหรับติดตั้งอุปกรณ์ตัดวงจรไฟฟ้าต่าง ๆ

ค.6.6 Metering & Control Compartment สำหรับติดตั้งอุปกรณ์เครื่องวัด ๓ อุปกรณ์ป้องกันรวมทั้ง Terminal Block สำหรับ ต่อสายระบบควบคุมและสัญญาณเตือน โดยปกติช่องนี้ให้จัดไว้ที่ส่วนบนของแผงบริภัณฑ์ ๓

ค.6.7 Busbars & Cable Compartment เป็นช่องสำหรับติดตั้ง Busbars ทั้ง Horizontal และ Vertical Busbars ปกติให้จัดอยู่ในส่วนหลังของแผงบริภัณฑ์ ๓ และจัดเตรียม Cable Ladder สำหรับรองรับสายไฟ

ค.6.8 ฝาด้านหน้าเป็นแผ่นเหล็กพับขึ้นขอบ โดยมีด้านหนึ่งยึดด้วย Removable Pin Hidden Hinges ส่วนอีกด้านหนึ่งให้เป็น Screw Lock หรือ Key Lock เพื่อความสะดวกในการเปิด/ปิด ถอดฝาได้ง่าย บานประตูต้องแข็งแรงไม่บิดงอได้ ฝาสำหรับ Metering and Control Compartment ให้แยกเป็นอีกฝานหนึ่ง

ค.6.9 ฝาปิดด้านหลังทั้งหมด ให้ใช้แบบถอดได้ ยึดด้วยสปริง (Snap-on lid) หรือแบบอื่นที่สามารถถอดฝาเปิด/ปิดได้ง่ายโดยต้องได้รับพิจารณาให้ความยินยอมจากวิศวกรก่อนและให้เจาะรูระบายอากาศ (Drip-proof Louver) โดยมีแผ่นเหล็กชนิดรูพรุน (Perforated Sheet Metal) ติดด้านในที่ฝาปิดช่วงล่างด้านหน้า และที่ฝาปิดช่วงบนด้านหลัง

ค.6.10 ฝาด้านข้างริมนอกทั้ง 2 ด้าน ให้เป็นแผ่นเหล็กเรียบหรือพับขึ้นขอบรูปด้านละ 1 ชั้น ยึดติดกับโครงสร้างแผงบริษัท ฯ ด้วยสกรู หรือสลักและแป้นเกลียว ขนาด และจำนวนที่เหมาะสมให้มีความแข็งแรง แต่ในกรณีที่ต้องใช้แผงบริษัท ฯ หลายส่วน (Vertical Section) เรียงต่อกันให้ใช้ฝากั้นระหว่างส่วน (Sheet Metal Safety Partition) ต้องเป็นแผ่นเหล็กเรียบหนาไม่น้อยกว่า 1.5 มม. โดยมีช่องเจาะทะลุถึงกันเพียงพอตามต้องการ

ค.6.11 ฝาด้านบน ให้เป็นแผ่นเหล็กพับขึ้นขอบ แบ่งอย่างน้อยเป็น 2 ชั้น โดยชั้นหนึ่งเป็นฝาปิดเฉพาะส่วน Cable Compartment ยึดติดกับโครงสร้างแผงบริษัท ฯ ด้วยสกรู หรือสลัก และแป้นเกลียว ขนาดและจำนวนเหมาะสม ให้มีความแข็งแรง

ค.6.12 ส่วนฝาทุกด้านรวมทั้งแผ่นกันช่องต้องเป็นแผ่นเหล็กหนาไม่น้อยกว่า 2 มม. และฝาของแผงบริษัท ฯ ทุกด้านต้องมีสายดินของบริษัท ฯ โดยใช้ทองแดง THW 10 mm² ต่อลงดินที่โครงการของแผงบริษัท ฯ

ค.6.13 การประกอบแผงบริษัท ฯ ต้องคำนึงถึงวิธีการระบายความร้อนที่เกิดขึ้นจากอุปกรณ์ภายในโดยวิธีการไหลเวียนของอากาศตามธรรมชาติ ทั้งนี้ให้เจาะเกร็ดระบายอากาศที่ฝาย่างเพียงพอ พร้อมติดตั้งตะแกรงกันแมลง (Insect Screen)

ค.6.14 การป้องกันสนิมและทาสี ให้เหล็กและแผ่นเหล็กทุกชั้นที่ใช้เป็นเหล็กชุบ (Electrogalvanized Steel) หรือชุบป้องกันสนิมด้วยวิธีอื่นที่เทียบเท่าหรือดีกว่า

ค.6.14.1 กรรมวิธีป้องกันสนิมและการพ่นสีโลหะขึ้นส่วนที่เป็นเหล็กทุกชั้น ต้องผ่านกรรมวิธีป้องกันสนิมแล้วพ่นสีทับตามวิธีข้างล่าง

ค.6.14.2 ชั้นส่วนอะลูมิเนียมและโลหะไม่เป็นสนิมชนิดอื่น ถ้ากำหนดไว้ให้พ่นสีก็ให้ใช้วิธีการเดียวกันกับที่กำหนดแต่ไม่ต้องล้างด้วยน้ำยากันสนิม

ค.6.14.3 วิธีการทำความสะอาดโลหะ

ก. ทำการขัดผิวโลหะให้เรียบและสะอาด

ข. ทำการล้างแผ่นโลหะเพื่อล้างไขมัน หรือน้ำมันออกจากแผ่นโลหะสะอาด (Degreasing)

ค. เฉพาะแผ่นเหล็ก ถ้ามมีร่องรอยของการมีสนิมและไม่ใช้แผ่นเหล็กใหม่ ต้องล้างด้วยน้ำยากันสนิมเพื่อให้สนิมที่เหลืออยู่หลังการขัดหลุดออกทั้งหมดน้ำยาล้างสนิมให้ใช้ของ ICI หรือเทียบเท่า

ค.6.14.4 การเคลือบผิวชั้นแรก ให้ใช้วิธีชุบสังกะสี โดยวิธีชุบด้วยไฟฟ้า หรือ Electrogalvanized

ค.6.14.5 การพ่นสีชั้นนอกให้ใช้สีผงอีพ็อกซี/โพลีเอสเตอร์อย่างดีพ่นให้ทั่วอย่างน้อยความหนาสี 60-80 ไมครอน แล้วอบด้วยความร้อน 180 องศา หรือตามมาตรฐานของผู้ผลิตสี

ค.7 บัสบาร์และการติดตั้งแผงบริภัณฑ์ ฯ

ค.7.1 บัสบาร์ต้องเป็นทองแดงที่มีความบริสุทธิ์ไม่น้อยกว่า 98% ที่ผลิตขึ้นสำหรับใช้กับงานไฟฟ้า โดยเฉพาะ โดยผลิตตามมาตรฐานที่ผู้ว่าจ้างยอมรับ

ค.7.2 ขนาดของบัสบาร์ เส้นศูนย์ให้มีขนาดเท่ากับเส้นเฟส หรือตามที่กำหนด ขนาดของบัสบาร์เส้นดิน (Ground Bus) ให้ใช้ทองแดงที่มีความสามารถรับกระแสได้ไม่น้อยกว่า 25% ของเส้นเฟสแต่ทั้งนี้ Main Busbars ทั้งเส้นเฟสเส้นศูนย์และเส้นดิน ต้องมีขนาดไม่เล็กกว่า 120 ตารางมิลลิเมตร สำหรับแผงสวิตช์ ฯ ที่ใช้ Main Breaker มีขนาดเกิน 800 แอมแปร์

ค.7.3 การติดตั้งเมนบัสบาร์ให้ใช้แบบนอน และฟีดเดอร์บัสบาร์ให้ใช้แบบตั้ง การจัด Busbars ทั้ง Phase-to-Phase และ Phase-to-Ground ต้องจัดให้เป็นส่วนที่เป็นตัวนำไฟฟ้า (Live Part) มีระยะห่างกันได้ไม่น้อยกว่า 50 มิลลิเมตร ในกรณีที่ไม่สามารถจัดระยะตามที่กำหนดนี้ได้ให้หุ้มด้วยฉนวนไฟฟ้าที่ถูกออกแบบให้ใช้หุ้มบัสบาร์โดยเฉพาะ และมีสีของฉนวนตรงตามรหัสสีของบัสบาร์ที่กำหนด ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงความสามารถในการรับกระแสไฟฟ้าของบัสบาร์ที่อาจลดลง

ค.7.4 การจัดเรียงบัสบาร์ในแผงบริภัณฑ์ ฯ ให้จัดเรียงตามเฟสเอ, เฟสบี, และเฟสซี. โดยเมื่อมองเข้ามาด้านหน้าของแผงบริภัณฑ์ ฯ ให้มีลักษณะเรียงจากหน้าไปหลังหรือจากด้านบนลงล่าง หรือจากซ้ายไปขวามือ อย่างไม่อย่างหนึ่ง

ค.7.5 บัสบาร์ที่ติดตั้งตามแนวนอน (รวมทั้ง Neutral Bus และ Ground Bus) ต้องมีความยาวตลอดเท่าความกว้างของแผงบริภัณฑ์ ฯ ทั้งชุด

ค.7.6 บัสบาร์เส้นดินต้องต่อกับโครงการของแผงบริภัณฑ์ทุกส่วน ฯ และต้องมีความต่อเนื่องทางไฟฟ้าที่มั่นคงถาวร บัสบาร์เส้นดิน และเส้นศูนย์ต้องมีพื้นที่และสิ่งอำนวยความสะดวกเตรียมไว้สำหรับต่อสายดินของบริภัณฑ์

ค.7.7 Busbar Holders ต้องเป็นวัสดุประเภท Fiberglass Reinforced Polyester หรือ Epoxy resin แบบสองชั้นประกอบ Busbar โดยยึดด้วย Bolt และ Nut หุ้ม Spacer ที่เป็นฉนวนไฟฟ้า ห้ามใช้วัสดุในตระกูล Bakelite หรือตระกูล Phenolics เป็นหรือแทนฉนวนไฟฟ้าโดยเด็ดขาด

ค.7.8 Busbar และ Holders ต้องมีข้อมูลทางเทคนิคและผลการคำนวณเพื่อแสดงว่าสามารถทนต่อแรงใด ๆ ที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าลัดวงจรได้ไม่น้อยกว่า 50 KA. โดยไม่เกิดความเสียหายใด ๆ รวมทั้ง Bolt และ Nuts ต้องทนต่อแรงเหล่านั้นได้ด้วยเช่นกัน

ค.8 สายไฟฟ้าสำหรับภายในแผงบริภัณฑ์ ฯ

ค.8.1 สายไฟฟ้าสำหรับระบบควบคุมและเครื่องวัด ซึ่งเดินเชื่อมระหว่างอุปกรณ์ไฟฟ้า กับอุปกรณ์ไฟฟ้า และอุปกรณ์ไฟฟ้า กับ Terminal Block ให้ใช้สายชนิด Flexible Annealed ให้ใช้ชนิดทนแรงดันไฟฟ้าได้ 750 โวลต์ฉนวนทนความร้อนได้ 70 องศาเซลเซียส สายไฟฟ้าหลายเส้นที่เดินไปด้วยกันให้สีต่างกัน เพื่อความสะดวกในการบำรุงรักษาโยกย้ายต้องระบุไว้ในแบบ (As Built Drawing) ขนาดของสายไฟฟ้าต้องสามารถนำกระแสไฟฟ้าได้ตามต้องการ แต่ไม่เล็กกว่ากำหนดดังนี้

CURRENT CIRCUIT	:	4	ตารางมิลลิเมตร
VOLTAGE CIRCUIT	:	2.5	ตารางมิลลิเมตร
CONTROL CIRCUIT	:	1.5	ตารางมิลลิเมตร
GROUND สำหรับงานประตุ	:	10	ตารางมิลลิเมตร

ค.8.2 การต่อวงจรเพื่อการกำลัง การต่อวงจรเพื่อการกำลังในแผงจ่ายไฟ เช่น ระหว่างบัสบาร์กับสวิตช์ตัดตอนเป็นต้น ให้ต่อด้วยสายไฟฟ้าหุ้มฉนวนชนิดทนแรงดันได้ 750 โวลต์ และทนความร้อนได้ ไม่น้อยกว่า 75 องศาเซลเซียส หรือต่อด้วยบัสบาร์ทองแดงหุ้มฉนวนแบบหดตัวด้วยความร้อน (Heat Shrinkable Tubing) ซึ่งมีคุณสมบัติไม่ต่ำกว่าฉนวนของสายไฟฟ้า ขนาดของสายไฟฟ้าหรือบัสบาร์ต้องโตพอที่จะรับกระแสไฟฟ้าได้ไม่น้อยกว่าขนาดเฟรม (Frame Size) ที่ 40 องศาเซลเซียส ของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต่อเข้าหา หรือขนาดตามที่กำหนดในแบบ

ค.8.3 การเดินสายไฟฟ้าภายในบริภัณฑ์ ฯ ให้เดินท่อร้อยสายหรือรางพลาสติกช่วงที่ต่อเข้าอุปกรณ์ให้ร้อยในท่อพลาสติกก่อน การต่อสายไฟฟ้าเข้าอุปกรณ์ให้ต่อผ่านขั้วต่อสายชนิดสองด้านห้ามต่อกับอุปกรณ์ถ้ามีสายไฟฟ้าส่วนที่ต้องเดินอยู่ภายนอกให้ใช้สายไฟฟ้าชนิดหลายแกนมีฉนวน และเปลือกนอก

ค.8.4 สายไฟฟ้าทุกเส้นที่ปลายทั้ง 2 ด้าน ต้องมีหมายเลขกำกับ (Wire Mark) เป็นแบบปลอกสวมยากแก่การลอกหลุดหาย

ค.8.5 ขั้วต่อสาย (Terminal) ให้ใช้แบบใช้เครื่องมือกลบีบ ขั้วต่อสายไฟฟ้าเป็นชนิดที่ใช้กับสายทองแดง

ค.8.6 สลักเกลียว แบนเกลียวและแหวน (Bolted Nut & Washer) สำหรับต่อบัสบาร์ให้ใช้ชนิด High-Tensile, Electro-Galvanized or Chrome-Plated ให้ใช้จำนวนสลักและแบนเกลียวให้เพียงพอแล้วขันด้วย Torque wrench ให้เพียงพอตามที่กำหนดไว้

ค.8.7 การต่อสายไฟเข้ากับบัสบาร์ต้องต่อผ่านขั้วสาย การต่อขั้วสายกับบัสบาร์หรือต่อบัสบาร์กับบัสบาร์ ให้ใช้สลักและแบนเกลียวพร้อมแหวนสปริง ก่อนต่อต้องทำความสะอาดบริเวณผิวสัมผัสด้วยแปลงโลหะ

ค.9 Mimic Bus และ Nameplate

แผงบริษัทฯ ต้องมีข้อมูลขั้นตอนแสดงไว้ เพื่อความสะดวกในการใช้งานและบำรุงรักษาอย่างน้อย ดังนี้

ค.9.1 ที่หน้าแผงบริษัทฯ ต้องมี Mimic Bus เพื่อการแสดงการจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าและออกทำด้วยแผ่นพลาสติกสำหรับแผงบริษัทฯ ระบบไฟฟ้าปกติ และสีแดงสำหรับแผงบริษัทฯ ระบบไฟฟ้าฉุกเฉินหรือสีที่ผู้ว่าจ้างเห็นชอบมีความหนาไม่น้อยกว่า 3 มิลลิเมตร และกว้างไม่น้อยกว่า 10 มิลลิเมตร ยึดแน่นกับแผงบริษัทฯ ด้วยกาวอย่างแน่นหนา

ค.9.2 ให้มี Nameplate เพื่อแสดงว่าอุปกรณ์ตัดวงจรไฟฟ้าใด จ่ายหรือควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าใดหรือกลุ่มใดเป็นแผ่นพลาสติกพื้นสีเช่นเดียวกับ Mimic Bus แกะเป็นอักษรสีขาวโดยความสูงของอักษรต้องไม่น้อยกว่า 20 มิลลิเมตร

ค.9.3 ป้ายแสดงชื่อและสถานที่ติดต่อของผู้ผลิต เป็นป้ายที่ทนทานไม่ลบเลือนได้ง่ายติดไว้ที่แผงบริษัทฯ ด้านนอกตรงที่ ใด หนึ่งเห็นได้ง่ายหลังการติดตั้งแล้ว

ค.10 การติดตั้ง

ค.10.1 แผงบริษัทฯ ที่ติดตั้งในสถานที่ใช้งานจริง ต้องยึดติดกับฐานที่ตั้งด้วยน็อตจำนวนไม่น้อยกว่า 4 จุด ตามมุมทั้งสี่อย่างแน่นหนา

ค.10.2 ในกรณีที่เป็นพื้นคอนกรีต น็อตที่ใช้ต้องเป็นแบบ Expansion bolt

ค.11 การทดสอบ

ค.11.1 การทดสอบประจำโรงงานผู้ผลิต (Routine Test) ตามมาตรฐาน IEC 439-1 จะต้องทำการทดสอบ ดังต่อไปนี้

- ตรวจสอบการทำงานตามวงจรควบคุมทางด้านไฟฟ้า (Wiring, Electrical Operation)
- ตรวจสอบค่าความเป็นฉนวนไฟฟ้า (Dielectric test)
- ตรวจสอบการป้องกันทางด้านไฟฟ้า (Protective measures)
- ตรวจสอบค่าความต้านทานฉนวนไฟฟ้า (Insulation resistance)

ค.11.2 นอกจากการทดสอบที่โรงงานผู้ผลิตตามความเห็นชอบของผู้ว่าจ้าง เมื่อมีการติดตั้งในสถานที่ใช้งานแล้ว ต้องตรวจสอบอย่างน้อยดังนี้

- ตรวจสอบค่าความเป็นฉนวนไฟฟ้าของอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในแผงสวิตช์ ฯ ทั้งหมด
- ตรวจสอบค่าความเป็นฉนวนไฟฟ้าของสายป้อน (Feeder) ต่าง ๆ ที่ออกจากแผงบริภัณฑ์ ฯ
- ตรวจสอบระบบการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ เพื่อทดสอบความถูกต้อง
- ในขั้นตอนการตรวจสอบจะต้องให้ผู้ควบคุมงานร่วมตรวจสอบที่โรงงานและเห็นชอบพร้อมอนุมัติผลการตรวจสอบ

ค.12 เครื่องมือบำรุงรักษา

ค.12.1 ที่ข้างแผงบริภัณฑ์ ฯ แต่ละชุด ให้ติดตั้งเครื่องมือสำหรับเปิดบานประตูด้านหน้า 1 (หนึ่ง) อัน โดยมีประกบติดรัดไว้กับแผงบริภัณฑ์ ฯ ให้สูงประมาณ 1.80 ม.

ค.12.2 ให้จัดชุดเครื่องมือบำรุงรักษา ประกอบด้วยเครื่องเปิดบานประตูด้านหน้า (หนึ่ง) อัน ไชคอง สำหรับถอดสกรูยึดแผ่นโลหะ 1 (หนึ่ง) อัน Torque Wrench ขนาดที่เหมาะสม 1 (หนึ่ง) อัน พร้อมหัวสำหรับขันสลักและแป้นเกลียวที่ใช้ยึดบัสบาร์และสวิตช์ตัดตอน ฯ ครบทุกขนาดที่ต้องใช้ 1 (หนึ่ง) ชุด และกล่องโลหะ สำหรับใส่เครื่องมือทั้งหมด ชุดเครื่องมือบำรุงรักษา นี้ ให้จัดให้ตามจำนวนที่กำหนดในรายการ

ค.13 AIR CIRCUIT BREAKER (ใช้สำหรับที่มี RATE CURRENT \geq 1,000 A)

ค.13.1 ข้อกำหนดทั่วไป (General)

- Air Circuit Breaker ที่นำมาใช้ทั้งหมดต้องผลิตและทดสอบตามมาตรฐาน IEC 947-1 และ IEC 947-2, และเป็นเบรกเกอร์ Category B

- การติดตั้งสามารถติดตั้งได้ทั้งแบบ Draw out ตามที่แบบกำหนด

ค.13.2 โครงสร้างและส่วนประกอบ (Construction)

- Main Contacts ต้องเป็นแบบ Free maintenance ภายใต้การใช้งานปกติ และต้องมีเครื่องหมายแสดงถึงความเสียหายของหน้าคอนแทค โดยสามารถมองเห็นด้วยตาเปล่าได้ (Visual wear indicator) เมื่อถอด Arc Chutes ออกแล้ว

- Arc Shuts หรือชุดดับอาร์ค ต้องสามารถถอด-ประกอบที่หน้างานได้สะดวกและที่ Arc Shuts ต้องประกอบด้วยตะแกรงโลหะสานละเอียด (Metal Filters) ที่ทำจาก Stainless Steel เพื่อลดความเสียหายภายนอกเมื่อเกิด Fault

- กรณีที่เป็นชนิด Draw Out Type ในการเลื่อนเบรกเกอร์เข้า-ออก จะต้องมี 3 ตำแหน่ง คือ Connect-Test-Disconnect โดยแต่ละตำแหน่งจะต้องมีปุ่มกด เพื่อปลดในการเปลี่ยนตำแหน่งดังกล่าว (Release Button) ที่ด้านหน้าของเบรกเกอร์

- Air Circuit Breaker ต้องเป็นชนิดฉนวน 2 ชั้น (Double Insulation)
- Rate current 100% continuous
- อุปกรณ์ช่วยเพิ่มเติม (Electrical Auxiliaries)
- Under voltage release ต้องเป็นชนิดหน่วงเวลาได้ (Time Delay) โดยปรับได้ตั้งแต่ 0.5 - 3 วินาที

- Under voltage, Shunt Trip, Closing Coil, Motor operated, Auxiliary Contact สามารถใช้ร่วมกันได้ทุกรุ่น (Common Auxiliaries) คือตั้งแต่ 800 – 6300 A เพื่อความสะดวกในเรื่อง Spare part

- Built in ground fault
- Phase protection w/shunt trip
- Closing coil motor operated
- Aux contact

หมายเหตุ

- ACB ทุกขนาดไม่มีชุด Under Voltage แต่เฉพาะ ACB ที่คุมแผง MDB จะพ่วงการทำงานกับชุด Phase Protection และ Shunt Trip และจะไม่ Trip ในกรณีเกิดไฟฟ้าดับปกติและให้ ACB ชุดดังกล่าวนี้มี Motor Operated เพิ่มเติม

ค.13.3 ทริปยูนิต (Trip Units)

ค.13.3.1 ข้อกำหนดทั่วไปของทริปยูนิต (General)

- CT ที่ทำหน้าที่ในการตรวจวัดระดับกระแสไฟ ภายในตัวเบรกเกอร์ ต้องเป็นแบบ Air CT เพื่อให้ความแม่นยำ (accuracy) ในการวัดค่ากระแส
- ทริปยูนิตต้องวัดค่ากระแสในแบบ true RMS
- ทริปยูนิตต้องประกอบด้วย thermal memory เพื่อเก็บสะสมค่าอุณหภูมิเดิมที่เพิ่มขึ้นไว้ในหน่วยความจำในกรณีทริปเพื่อองจากโอเวอร์โหลดหลายครั้งติด ๆ กัน

ค.13.3.2 ฟังก์ชันการป้องกันกระแสเกิน (Overcurrent protection) TRIP UNIT ของ Main Circuit Breaker จะต้องเป็น Solid State Type ประกอบด้วยการทำงานดังต่อไปนี้

- Long time protection (LT) สามารถปรับตั้งกระแสตั้งแต่ 0.4 – 1 ของ Rated Current (In) และปรับค่านองเวลา long time delay ได้
- Short time protection (ST) สามารถปรับตั้งค่าได้ตั้งแต่ 1.5 – 10 เท่าและสามารถปรับนองเวลาได้ตั้งแต่ 0.1 – 0.4 วินาที
- Instantaneous Trip (INST) ปรับค่ากระแส pick-up ได้และสามารถ OFF ได้
- Ground Fault Protection สามารถปรับตั้งนองเวลาตั้งแต่ 0.1 – 0.4 วินาที
- มี LED แสดงผลของชนิด Fault (LT, ST, GF)
- ค่ากระแส pick-up และการนองเวลาที่ใช้ปรับตั้ง จะต้องสามารถแสดงที่หน้าจอแสดงผลในหน่วย แอมแปร์และวินาที เพื่อต่อการอ่านค่า

ค.13.3.3 ฟังก์ชันพื้นฐานการวัดค่าทางไฟฟ้า (Basic Measurements Function)

- Bar graph แบบ LED หรือ LCD (ต้องมี backlight) แสดงค่ากระแส 3 เฟสพร้อม ๆ กัน
- มี maxi meter เก็บค่ากระแส RMS สูงสุดของแต่ละเฟส ไว้ในหน่วยความจำภายในและสามารถแสดงค่าทางจอแสดงผลของ trip unit ได้

ค.14 MOLDED CASE CIRCUIT BREAKER

ค.14.1 Molded Case Circuit Breaker ที่นำมาใช้ทั้งหมดต้องผลิตตามมาตรฐาน IEC 947-2 CAT A

ค.14.2 Drives เป็นชนิด Toggle Operating Mechanism ทำงานด้วยระบบ Trip Free มี Trip Indication แสดงที่ Handle Position

ค.14.3 TRIP UNIT ของ MCCB ขนาด 100 AF ถึง 250 AF จะต้องเป็น THERMAL MEGNETIC TRIP สามารถปรับค่ากระแส THERMAL ได้ตั้งแต่ 0.8 – 1.0 ของ Rated Current (In)

ค.14.4 TRIP UNIT ของ MCCB ขนาดตั้งแต่ 400 AF ขึ้นไป จะต้องเป็น ELECTRONIC TRIP สามารถปรับค่ากระแส OVERLOAD CUREENT ได้ระหว่าง 0.4 – 1.0 ของ Rated Current (In) และสามารถปรับค่ากระแส SHORT CIRCUIT CURRENT ได้ระหว่าง 2 – 10 เท่า

ค.14.5 TRIP UNIT ของ MCCB ขนาดตั้งแต่ 400 AF ขึ้นไป เมื่อ Load current มีค่าตั้งแต่ 95% ขึ้นไปจะมี LED แสดงเป็นสัญญาณสว่างตลอดเวลา และถ้ามีค่าตั้งแต่ 105% ขึ้นไปจะมี LED แสดงเป็นสัญญาณกระพริบตลอดเวลา

ค.14.6 MCCB ขนาดตั้งแต่ 100 – 630 AF

ค.14.7 ค่า Service breaking capacity (Ics) ต้องมีค่าเท่ากับ Ultimate breaking capacity (Icu) คือ $Ics = 100\% Icu$

ค.14.8 เพื่อความปลอดภัย MCCB ทุกตัวต้องเป็นฉนวน 2 ชั้น (Double Insulation) Rate current 100% continuous

ค.14.9 CIRCUIT BREAKER ที่มีขนาดมากกว่า 225 A ให้ใช้ TERMINAL เป็น BUS BAR CONNECTION TYPE ขนาดเล็กกว่าให้ใช้ FEEDER

ค.14.10 ขนาดของ MINIATURE CB ที่ระบุในแบบ PANEL SCHEDULE ขนาด 100 AF สามารถใช้อุปกรณ์ที่ 63 AF แทนได้ แต่ค่า KAIC เป็นไปตามที่ระบุ

ค.15 METERING (กรณีระบุในแบบให้ใช้ METERING ชนิดเข็ม)

ค.15.1 CURRENT TRANSFORMER (CT) ผลิตขึ้นตามมาตรฐาน IEC หรือ UL โดยมี SECONDARY CURRENT 5 A และ ACCURACY ตาม IEC STANDARD CLASS 1 หรือดีกว่า ตามกำหนดในแบบนั้น ๆ โดยสามารถทนแรงดันไฟฟ้าได้ไม่น้อยกว่า 700 โวลต์ และค่า TERMINAL CLASS B (130°C) หรือดีกว่า

ค.15.2 AMMETER ผลิตขึ้นตามมาตรฐาน IEC หรือ UL ต้องเป็นแบบ SWITHBOARD MOUNTED ขนาดหน้าปัดไม่เล็กกว่า 96 × 96 มม. สเกลชนิด WIDE ANGEL (240 องศา) สเกลอ่านได้ตามขนาด PRIMARY CURRENT RATING เป็นแบบใช้ต่อกับ CURRENT TRANSFORMER ชนิด 5 A SECONDARY RATED CURRENT, ACCURACY CLASS 1.5 หรือดีกว่า

ค.15.3 AMMETER SELECTOR SWITCH (AS) เป็นชนิดที่เลือกได้ 4 ตำแหน่ง เพื่อวัดกระแสไฟฟ้าได้ทั้ง 3 เฟส และมีจังหวะปิด โดยทนกระแสไฟฟ้าได้ไม่ต่ำกว่า 10 แอมแปร์

ค.15.4 VOLTMETER ผลิตขึ้นตามมาตรฐาน IEC หรือ UL ต้องเป็นแบบ SWITCHBOARD MOUNTED ขนาดหน้าปัดไม่เล็กกว่า 96 × 96 มม. สเกลชนิด WIDE ANGLE (240 องศา) สามารถต่อใช้งาน ได้โดยตรง มีสเกลอ่านได้ 0 – 500 V หรือตามแบบ มีค่า ACCURACY CLASS 1.5 หรือดีกว่า

ค.15.5 VOLTMETER SELECTOR SWITCH (VS) เป็นชนิดเลือกได้ 7 ตำแหน่ง สำหรับไฟ 3 เฟส 4 สาย เพื่อวัดได้ทั้ง 3 เฟส และกับเส้นศูนย์ ทั้งมีจังหวะปิดด้วย

ค.15.6 KILOWATTHOUR METER (KWH) เป็นชนิดต่อตรง หรือใช้กับ CT แบบธรรมดาหรือ MAXIMUM DEMAND TYPE ตามที่กำหนดใช้กับระบบไฟฟ้า 380/220 V, 3 PHASE, 4 WIRE หรือตามที่กำหนด ACCURACY CLASS 2.5% หรือดีกว่า และผ่านการสอบเทียบโดยการไฟฟ้า ฯ หรือหน่วยงานที่ เชี่ยวชาญได้

ค.15.7 ฟิวส์ สำหรับควบคุมและป้องกันเครื่องวัดต่าง ๆ ให้ใช้ฟิวส์ชนิด CARTRIDGE ตามมาตรฐาน DIN หรือเทียบเท่า ซึ่งสามารถป้องกันกระแสไฟลัดวงจรได้ไม่น้อยกว่า 100 KA ที่ 500 V

ค.15.8 INDICATOR LAMPS ใช้ชนิดที่ผลิตตามมาตรฐาน VDE หรือเทียบเท่ามีเลนส์ด้านหน้าใช้ สำหรับแรงเคลื่อน 220 โวลต์ และใช้เป็นไฟ LED

ค.15.9 CONTROL WIRING สายคอนโทรลใช้ชนิดทนแรงดันไฟฟ้าได้ไม่น้อยกว่า 600 โวลต์ ฉนวน ทนความร้อนได้ 70 องศาเซลเซียส สายที่ต้องมีการเคลื่อนไหวให้ใช้สายชนิดอ่อน สายให้แยกใช้หลายสี เพื่อ สะดวกในการบำรุงรักษาเดินในรางพลาสติก สายให้ต่อผ่านขั้วต่อสายชนิด 2 ด้าน (TERMINAL RAIL) ไม่ให้ต่อ ตรงระหว่างอุปกรณ์จุดที่ต่อเข้าอุปกรณ์ให้ใช้หางปลาขนาดที่เหมาะสม

ค.15.10 MIMIC DIAGRAM ต้องทำด้วยแผ่นพลาสติกสีดำประกอปกันเป็น SCHEMATICAL FORM

ค.15.11 Nameplate ทั้งหมดต้องเป็นไปดั่งแสดงไว้ในแบบ, Nameplate ต้องทำด้วยพลาสติกสอง ชั้น โดยชั้นนอกเป็นสีดำและชั้นในเป็นสีขาว การแกะสลักตัวหนังสือทั้งหมดกระทำบนแผ่นพลาสติกสีดำ เพื่อ ว่าเมื่อประกอปกันแล้วตัวหนังสือ จะปรากฏเป็นสีขาว ตัวหนังสือทั้งหมดเป็นไปดั่งแสดงไว้

ค.16 AUTOMATIC CAPACITOR BANK

ค.16.1 เครื่องแก้เพาเวอร์แฟคเตอร์ (AUTOMATIC CAPACITOR BANK) สำหรับปรับค่าเพาเวอร์ แฟคเตอร์อย่างอัตโนมัติ

ค.16.2 พิกัดของ AUTOMATIC CAPACITOR BANK ต้องมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

- TYPE INDOOR (NONFLAMMABLE DRY TYPE POLYPROPYLENE FILM OR METALLIZED POLY PROPYLENE IMPREGNATED WITH NON-PCB LIQUID, SELF HEALING)

- NUMBER OF PHASE 3 เฟส 220/380 V
- RATED VOLTAGE 525 V (หรือตามมาตรฐานผู้ผลิต)
- RATED FREQUENCY 50 Hz
- RATED OUTPUT ตามที่ระบุไว้ในแบบ
- SWITCHING STEPS CYCLIC OPERATION (12 STEPS)
- POWER LOSS ไม่เกิน 0.5 W/KVAR
- OPERATING -25/+55 Degree C

ค.16.3 CAPACITOR BANK ต้องเป็นชนิดประกอบด้วย CAPACITOR ย่อยหลาย ๆ ตัวยึดรวมกันเข้า บนแผ่นโลหะพร้อมด้วยอุปกรณ์ควบคุม และประกอบกันเป็นชุดติดตั้งภายในตู้เหล็กกันสนิมมีการระบาย อากาศอย่างดี (แผ่นเหล็กเจาะรูพรุน) และการต่อลงดินเป็นอย่างดี อุปกรณ์ควบคุมประกอบด้วย

- FUSE PROTECTION ทุก STEP ของ CAPACITOR BANK ขนาด FUSE และ CONTACTOR ต้องมีขนาดไม่น้อยกว่า 1.6 เท่าของ CAPACITOR และมีพิกัดกระแสลัดวงจรไม่น้อยกว่าจุดที่ติดตั้ง และมีชุด ลดกระแสฟุ้งเข้า (ชนิด RESISTANCE) ที่ FUSE แต่ละชุดจะมีระบบอัตโนมัติที่จะตัดทั้ง 3 FUSE เมื่อเกิด FUSE เสียหายเพียง 1 ชุด

- CONTACTOR ต้องเป็นชนิด HEAVY DUTY TYPE และมีชุดลดกระแสฟุ้งเข้า (ชนิด RESISTANCE)

- DISCHARGE RESISTANCE (หรือเป็นแบบ BUILT IN ใน CAPACITOR)
- KVAR CONTROLLER เป็นแบบ ELECTRONIC CONTROL 220 V., CYCLIC OPERATION.
- POWER FACTOR METER.
- INDICATING LAMP
- AUTOMATIC AND MANUAL SWITCH
- TARGET P.F. ADJUSTABLE
- STARTING CURRENT SETTING (C/K)
- มี DETUNE REACTOR 7%

ค.16.4 อุปกรณ์ควบคุมต้องติดตั้งอยู่บนส่วนบนของแต่ละ UNIT, CAPACITOR BANK ต้องเป็นแบบ ที่สามารถตัดแปลงและต่อเติมได้โดยไม่มีผลต่อการทำงานของตัวอื่น ๆ AUTOMATIC CAPACITOR BANK ต้องประกอบสำเร็จและทดสอบคุณสมบัติ และการทำงานมาแล้วจากโรงงานก่อนนำมาติดตั้งเข้ากับระบบการ

ติดตั้ง ผู้รับจ้างต้องติดตั้ง AUTOMATIC CAPACITOR BANK ตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต และติดตั้งไว้ในแบบทุกประการ ผู้รับจ้างต้องทำการทดสอบการใช้งานของเครื่อง AUTOMATIC CAPACITOR BANK ทั้งระบบตามหลักวิชาการ โดยมีผู้ว่าจ้างร่วมในการทดสอบด้วย

ค.17 อุปกรณ์ป้องกันไฟกระชาก (SURGE PROTECTIVE DEVICE)

ค.17.1 SPD (Surge Current Protection for MDB) เป็น Surge Arrester สำหรับป้องกันในระบบ Power Supply เพื่อป้องกันความเสียหายของระบบ Power Supply และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ภายใน อันเนื่องมาจาก Current และ Switching Surge โดยมีคุณสมบัติทางเทคนิคเป็นชุด Surge Current Arrester class B + C ชนิด Combine บรรจุอยู่ในกล่องเดียวกัน ติดตั้งใกล้กับอุปกรณ์ที่ต้องการป้องกันด้าน Power Line โดยสามารถป้องกันกระแสฟ้าผ่าที่รูปคลื่น 10/350 μ s. และในแต่ละ class ของการป้องกัน B และ C จะต้องทำงานเป็นลำดับขั้น เพื่อการป้องกันที่มีประสิทธิภาพ ตามมาตรฐาน DIN VDE 0675-6-11 A1 หรือ IEC 61643-3 ปี 2005 – 03 โดยถูกทดสอบด้วย Surge Current ที่รูปคลื่น 10/350 μ s. โดยสถาบันทดสอบที่เชื่อถือได้ในต่างประเทศ โดยมีรายละเอียดทางเทคนิคดังนี้

ค.17.1.1 สมบัติของ SPD class B+C

- Rated voltage 50/60 Hz. 230/400 V.
- Max. operating voltage 50/60 Hz. 350 V.
- Protection voltage level ≤ 2.5 kV.
- Response time ≤ 50 ns.
- Nominal impulse discharge current at 10/350 μ s. ≤ 50 kA.
- For lighting current, equipotential bonding and equipment protection against

line-induced overvoltage

- Max. Permissible line resp. Backup fuse $\leq 125-160$ A.
- Base on isolating spark gap technology หรือเทียบเท่า
- Single pole device or multipage
- Protection level IP20
- Mounting 35 mm. DIN-Rail
- มี Indicator สำหรับแสดงสถานะของ SPD
- มี SURGE COUNTER ที่ SENSITIVITY ที่ 250 A.

การติดตั้ง ให้ติดตั้ง Surge Current Arrester ระหว่าง L-PE และ N-PE ที่ตำแหน่งแผงเมนไฟฟ้า Main Distribution Board (MDB) โดยต่อแบบขนานในทางไฟฟ้า

ค.17.2 SPD (Surge Current Protection for DB, SDB) เป็น Surge Arrester สำหรับป้องกันในระบบ Power Supply เพื่อป้องกันความเสียหายของระบบ Power Supply และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ภายใน อันเนื่องมาจาก Current และ Switching Surge โดยมีคุณสมบัติทางเทคนิคเป็นชุด Surge Current Arrester class C+D ชนิด Combine บรรจุอยู่ในกล่องเดียวกัน ติดตั้งใกล้กับอุปกรณ์ที่ต้องการป้องกันด้าน Power Line โดยสามารถป้องกันกระแสฟ้าผ่าที่รูปคลื่น 8/20 μ s. และในแต่ละ class ของการป้องกัน C และ D จะต้องทำงานเป็นลำดับต้น เพื่อการป้องกันที่มีประสิทธิภาพตามมาตรฐาน DIN VDE 0675-6-11 A1 หรือ IEC 61643-3 ปี 2005-03 โดยถูกทดสอบด้วย Surge Current ที่รูปคลื่น 8/20 μ s. โดยสถาบันทดสอบที่เชื่อถือได้ในต่างประเทศ โดยมีรายละเอียดทางเทคนิคดังนี้

ข.17.2.1 สมบัติของ SPD class C+D

- Rated voltage 50/60 Hz. 230/400 V.
- Max. operating voltage 50/60 Hz. 275 V.
- Protection voltage level ≤ 1.0 kV.
- Response time ≤ 25 ns.
- Nominal impulse discharge current at 10/350 μ s. ≤ 40 kA.
- For lightning current, equipotential bonding and equipment protection against

line-induced overvoltage

- Max. Permissible line resp. Backup fuse ≤ 100 A.
- Base on isolating spark gap technology หรือเทียบเท่า
- Single pole device or multipage
- Protection level IP20
- Mounting 35 mm. DIN-Rail
- มี Indicator สำหรับแสดงสถานะของ SPD

การติดตั้ง ให้ติดตั้ง Surge Current Arrester ระหว่าง L-PE และ N-PE ที่ตำแหน่งแผง Distribution Board (DB) โดยต่อแบบขนานในทางไฟฟ้า

ค.18 อุปกรณ์ Digital Meter

รายละเอียดข้อกำหนดของ Digital Meter นี้ให้ใช้กับ Main ของตู้ MDB, EMDB และตู้ DB, EDB และตู้ AMCC รวมถึง Office, Retail, Restaurant

หากมิได้กำหนดเป็นอย่างอื่น Digital Meter ในส่วนของ MDB, EMDB, DB, ACSWB ให้เชื่อมเข้ากับระบบ BAS ส่วน Digital มิเตอร์ของร้านค้า, ร้านอาหาร และร้านค้าขนาดใหญ่ (Anchor) ให้เข้ากับระบบ Retail management system

คุณสมบัติทั่วไป (Digital Metering System)

เครื่องวัดต้องเป็นแบบ 3 เฟส 4 สายเพื่อใช้ติดตั้งในส่วน MDB และ EMDB โดยสามารถวัดค่าทางไฟฟ้าและมีการแสดงผลเป็นแบบดิจิทัลในลักษณะ LCD ซึ่งต้องเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้ตามมาตรฐาน UL LISTED (หรือเทียบเท่า) พร้อมสามารถติดต่อสื่อสารโดยใช้ Protocol ที่เป็นมาตรฐานโดยทั่วไปได้

ค.18.1 Digital Meter สำหรับ Main ของตู้ MDB & EMDB และ MCB ของตู้ DB & EDB และตู้ อุปกรณ์ของระบบเครื่องกล

คุณสมบัติทั่วไป (Digital Metering System)

อุปกรณ์เครื่องวัดมีขนาดมาตรฐานที่ 96 x 96 mm สามารถวัดค่าต่าง ๆ ทางไฟฟ้าเป็นแบบดิจิทัลได้ 5 บรรทัดพร้อมบาร์กราฟของกระแส จอแสดงผลแบบ backlit LCD ซึ่งสามารถมองเห็นได้ชัดเจน

1. คุณสมบัติทางเทคนิค

1.1 เครื่องวัดจะต้องสามารถเลือกใช้งานกับระบบไฟฟ้าเป็นระบบ 3 เฟส 3 สาย, 3 เฟส 4 สาย หรือระบบ 1 เฟส 2 สาย ได้โดยการปรับตั้งได้จากตัวเครื่องวัด พร้อมทั้งอุปกรณ์เครื่องวัดต้องสามารถทำการตรวจสอบการเข้าสายของ V และ CT ภายในตัวเครื่องวัดเอง

1.2 เครื่องวัดจะต้องสามารถวัดค่าทางไฟฟ้าได้ดังนี้ คือ กระแสต่อเฟส, กระแสรวม, แรงดันต่อเฟส, แรงดันเฟสต่อนิวตรอน, กิโลวัตต์ (+,-), กิโลวาร์ (+,-), เพาเวอร์แฟคเตอร์, ความถี่, ชั่วโมงการทำงาน, กิโลวัตต์ชั่วโมง (+,-), กิโลวาร์ชั่วโมง (+,-), กิโลโวลต์แอมป์ชั่วโมง, ฮาร์มอนิกของกระแสต่อเฟส, ฮาร์มอนิกของแรงดันแต่ละเฟส, ฮาร์มอนิกของกระแสและฮาร์มอนิกของแรงดันเป็น THD ถึง 51 ลำดับและฮาร์มอนิกวัดแยกแต่ละลำดับไม่น้อยกว่าลำดับที่ 25

1.3 เครื่องวัดจะต้องสามารถบันทึกค่าเฉลี่ยสูงสุดในช่วงเวลา 5 – 60 นาทีของกิโลวัตต์ (Demand) ได้

1.4 เครื่องวัดจะต้องสามารถติดต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ และ PLC ได้โดยใช้พอร์ต RS-485 เพื่อทำการเก็บหรือประมวลผลของข้อมูลได้ โดยผ่านโปรแกรมช่วยต่าง ๆ เช่น โปรแกรมของผู้ผลิต, โปรแกรม SCADA ที่เป็นมาตรฐานที่ใช้งานโดยทั่วไป ๆ

1.5 เครื่องวัดจะต้องมีโปรโตคอลที่ใช้ในการติดต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ คือ MODBUS PROROCAL โดยจะต้องมีความสามารถส่งข้อมูลได้ถึง 38,400 Kbps (RS-485) หรือมากกว่า

1.6 เครื่องวัดต้องสามารถเพิ่ม RELAY OUTPUT, PULSE OUTPUT, ANALOG OUTPUT และโปรโตคอล PROFIBUS DP ได้ในกรณีต้องการเพิ่มความสามารถของมิเตอร์ในอนาคต (เป็น OPTION Plug-in module)

1.7 เครื่องวัดจะต้องมีหน่วยความจำ MEMORY อย่างน้อย 512 Kbyte เพื่อให้ตัวมิเตอร์สามารถเก็บค่าทางไฟฟ้าที่ตัวมิเตอร์ได้

1.8 ความสามารถในการวัดจะต้องวัดค่าได้ ดังนี้

1.8.1 การวัดค่าแรงดัน (Direct) : 5 – 700 VAC หรือมีช่วงวัดที่กว้างกว่า

1.8.2 ต่อผ่าน PT:

Primary PT : Up to 500 kV

Secondary PT : 60,100,110,115,120,173 and 190 VAC

1.8.3 การวัดค่าความถี่

ความถี่ที่วัดได้ : 50/60 Hz หรือมีช่วงวัดที่กว้างกว่า

1.8.4 ต่อผ่าน CT

Primary CT : 5 – 10000 A

Secondary CT : 1 A หรือ 5 A (PROGRAMMABLE)

1.8.5 สภาวะแวดล้อม

ทนการทดสอบแรงดันได้ : ไม่น้อยกว่า 2.5 kV

ระดับการป้องกัน (ด้านหน้า) : IP 52 หรือเทียบเท่า

อุณหภูมิใช้งาน : - 10 ถึง 55 °C หรือดีกว่า

ความชื้นสัมพัทธ์ : 95%

1.8.6 ความเที่ยงตรงในการวัด

กระแสและแรงดันแต่ละเฟส : ± 0.2%

POWER : ± 0.5%

ACTIVE ENERGY : Class 0.5S IEC 62053-22

REACTIVE ENERGY : Class 2 IEC 62053-23

FREQUENCY

: $\pm 0.1\%$

- 1.9 ผู้จัดจำหน่ายต้องได้รับการแต่งตั้งจากผู้ผลิตหรือตัวแทนนำเข้าอย่างเป็นทางการเท่านั้น

ประวัติผู้เขียน



- ชื่อ - นามสกุล : นางสาวนารีรัตน์ พรสุวรรณ
- วันเดือนปีเกิด : 1 ตุลาคม พ.ศ. 2538
- ภูมิลำเนา : 90/77 หมู่ 5 ซอยมังกรนาคตี ตำบลแพรกษาใหม่ อำเภอเมืองสมุทรปราการ
จังหวัดสมุทรปราการ 10280
- เบอร์โทรศัพท์ติดต่อ : 095-118-0454
- อีเมลติดต่อ : fern39566@gmail.com
- ประวัติการศึกษา : ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนเซนต์ราฟาแอล จังหวัดสมุทรปราการ
: ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนสมุทรปราการ จังหวัดสมุทรปราการ
: ระดับปริญญาตรี ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า หลักสูตรวิศวกรรมพลังงานไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- ประวัติการทำงาน : 3 มิถุนายน – 28 กรกฎาคม 2560 นักศึกษาฝึกงาน แผนก Maintenance
โรงงานสปริงเล็กเวลโกรว์ บริษัท NHK Spring (ประเทศไทย) จำกัด
: 7 สิงหาคม – 15 ธันวาคม 2560 นักศึกษาสหกิจศึกษา
แผนก Mechanical & Electrical บริษัท นันทวัน จำกัด