โปรแกรมการจำลองการออกแบบระบบไฟฟ้าในอาคารชุด

(Program Simulation Electrical Power Design for Condominium)

จัดทำโดย

นายณัฐวุฒิ วิมุตตะสูงวิริยะ

นายปริญญา ตรีเนตร

นายรัตศักดิ์ ธวัชสุวรรณ

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.พิพัฒน์ เลาหสงคราม

วัน เดือน ปี -5 ต.ค. 2541

เลขทะเบียน 038513

เลขเรียกหนังสือ T 40038 ค43ป ป

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาการวัดและควบคุมทางอุตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2540

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

038513

โปรแกรมการจำลองการออกแบบระบบไฟฟ้าภายในอาคารชุด

Program Simulation Electrical Power Design for Condominium

นายณัฐวุฒิ วิมุตตะสูงวิริยะ

นายปริญญา ตรีเนตร

นายรัตศักดิ์ ธวัชสุวรรณ

โครงงานนี้ได้รับการตรวจสอบแล้ว

(รศ.พิพัฒน์ เลาหสงคราม)

อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	โปรแกรมการจำลองการออกแบบระบบไฟฟ้าในอาคารชุด
นักศึกษา	นายณัฐวุฒิ วิมุตตะสูงวิริยะ นายปริญญา ตรีเนตร นายรัตศักดิ์ ธวัชสุวรรณ
อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	รศ.พิพัฒน์ เลาหสงคราม
ภาควิชา	เทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม
พ.ศ.	2540

บทคัดย่อ

ในรายงานฉบับนี้เป็นการจำลองการออกแบบระบบเดินไฟในอาคารชุดโดยใช้ Program ภาษา Basic เป็นตัวช่วยในการออกแบบ ซึ่งจะเป็นตัวคำนวณ เก็บค่า และแสดงผลออกมาในรูปของ One-line Diagram เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบระบบที่แท้จริง หรือ เพื่อใช้ในการศึกษาเพื่อให้เกิดทักษะในการออกแบบระบบที่แท้จริงต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis title	Program Simulation Electrical Power Design for Condominuim
Student	Mr.Nattawoot Vimuttasoungviriya
	Mr.Parinya Threenate
	Mr.Rattasak Tawatsuwurn
Thesis Advisor	Mr.Pipat Laohasongkram
Level of study	Bachelor of Engineering in Industrial Instrumentation Technology
Department	Industrial Instrumentation Technology
Year	1997

ABSTRACT

This thesis present a program simulation electrical design for condominium. By use Visual Basic 4 program is development. This program can calculate parameter of plan electrical power design , and show One-line Diagram, load schedule, Riser Diagram. For guide real electrical power design plan.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.2 ขอบเขตความสามารถของโปรแกรม	2
1.3 วิธีการดำเนินงาน	2
บทที่ 2 วันไลน์ไดอะแกรม	3
2.1 สัญลักษณ์ของวันไลน์ไดอะแกรมของช่วงไฟสูง	3
2.2 ระบบจ่ายไฟพื้นฐานที่ใช้	6
2.3 ข้อมูลในการเตรียมการที่จะเขียนวันไลน์ไดอะแกรม	16
2.4 ชนิดของวันไลน์ไดอะแกรมที่ใช้กันในอาคารที่ทำการ	26
2.5 ข้อแนะนำในการเขียนวันไลน์ไดอะแกรมด้านอินพุตที่เข้าสู่ระบบในประเทศไทย	42
Flow Chart แสดงผลการทำงานโดยรวมของโปรแกรม	48
คู่มือการใช้โปรแกรม	55
สรุปผลการทำงาน	64
ภาคผนวก	65
หนังสืออ้างอิง	92

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพประกอบ

		หน้า
รูปที่ 1	แสดงลักษณะของวงจรและการป้องกัน	3
รูปที่ 2	(ก) และ (ข) แสดงลักษณะของวงจรและการป้องกัน	4
รูปที่ 3	แสดงลักษณะวันไลน์ไดอะแกรมลักษณะหนึ่ง	5
รูปที่ 4	แสดงลักษณะของหม้อแปลงที่มีอินพุตสองชุด และระบบเครื่องมือวัดทางด้านแรงต่ำ	5
รูปที่ 5	แสดงลักษณะของหม้อแปลงที่มีอินพุตสองชุด และระบบเครื่องมือวัดทางด้านแรงต่ำ	6
รูปที่ 6	แสดงลักษณะของหม้อแปลงที่มีอินพุตสองชุด และระบบเครื่องมือวัดทางด้านแรงสูง	6
รูปที่ 7	แสดงลักษณะการกระจายของระบบสายป้อนแบบราก(Simple radial system)	7
รูปที่ 8	แสดงระบบไฟฟ้าแบบสายป้อนแบบรากอีกวงจรหนึ่ง	8
รูปที่ 9	แสดงลักษณะการกระจายระบบชุดสายที่มีการเลือกทางด้านปฐมภูมิ	8
รูปที่ 10	แสดงลักษณะการกระจายระบบชุดสายที่มีการเลือกทาง ด้านปฐมภูมิอีกวงจรหนึ่ง	9
รูปที่ 11	แสดงลักษณะการกระจายระบบชุดสายที่มีการเลือกทางด้านทุติยภูมิ	10
รูปที่ 12	แสดงการพัฒนาระบบชุดสายป้อนที่มีการเลือกทางด้นทุติยภูมิ	11
รูปที่ 13	แสดงลักษณะของระบบการเลือกสายป้อนทางด้านทุติยภูมิ	11
รูปที่ 14	แสดงลักษณะการกระจายแบบระบบเนตเวอร์ค(Simple spot network circuit)	12
รูปที่ 15	แสดงลักษณะการกระจายระบบแบบระบบวงจรทางด้านทุติยภูมิ (Secondary network circuit)	12
รูปที่ 16	แสดงการพัฒนาการกระจายของระบบโดยจะกลายเป็นระบบวงจร แบบมีการเลือกชุดสายป้อนได้ ทั้งทางปฐมภูมิและทุติยภูมิ	13
รูปที่ 17	แสดงระบบไฟฟ้าที่มีการเลือกชุดสายป้อนทั้งทางด้านปฐมภูมิและทุติยภูมิ	14
รูปที่ 18	แสดงระบบที่มีชุดทางด้านปฐมภูมิเป็นแบบลูป (Looped primary circuit)	15
รูปที่ 19	แสดงระบบที่มีชุดทางด้านปฐมภูมิเป็นแบบลูป (Looped primary circuit)	16
รูปที่ 20	แสดงสัญลักษณ์ของหม้อแปลง	17
รูปที่ 21	แสดงสัญลักษณ์ที่นิยมใช้ของเซอร์กิตเบรกเกอร์	23
รูปที่ 22	แสดงลักษณะของฟิวส์	25
รูปที่ 23	แสดงชนิดและลักษณะของโหลด	25
รูปที่ 24	แสดงถึงอุปกรณ์เครื่องมือวัดของหม้อแปลง	26
รูปที่ 25	แสดงบล็อคไดอะแกรมของอาคารที่ทำการ	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพประกอบ(ต่อ)

		หน้า
รูปที่ 26	แสดงเมเทิลคลาดขนาด 15 KV ของระบบสวิตช์เกียร์ในช่องทางเข้าของระบบไฟฟ้า	28
รูปที่ 27	แสดงการต่อสายเข้ากับพ๊อตเฮด	29
รูปที่ 28	แสดงรีเลย์ป้องกันทางด้านปฐมภูมิและมิเตอร์	30
รูปที่ 29	แสดงบล็อคไดอะแกรมของสายป้อนทางด้านปฐมภูมิและการจ่ายระบบไฟฟ้า	31
รูปที่ 30	แสดงแผนภาพของสถานีย่อย	31
รูปที่ 31	แสดงสวิตช์ปลดวงจรแบบอากาศชนิด 2 ตำแหน่ง (Air interrupter 2 position)	32
รูปที่ 32	สวิตช์ปลดวงจรชนิดอากาศและทนต่อกระแสลัดวงจรได้สูงและสามารถทำหน้าที่เป็นตัวเลือกระบบสายป้อนได้	32
รูปที่ 33	แสดงลักษณะของสถานีไฟฟ้าย่อย 2 ชุดประกอบไปด้วยหม้อแปลง 1000 KVA	33
รูปที่ 34	แสดงสถานีย่อยที่ถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วนแต่ละส่วนถูกต่อถึงกันด้วยบัสดัก(Bus duct)เพื่อทำหน้าที่เป็นบัสไทร์	33
รูปที่ 35	แสดงอุปกรณ์เครื่องมือวัดในสถานีย่อย	33
รูปที่ 36	แสดงชนิดของสัญลักษณ์ของ ABC พร้อมทั้งแสดงสัญลักษณ์ของ Series ชนิด Trip	35
รูปที่ 37	แสดงแผนภาพของวงจรย่อยแสงสว่าง	37
รูปที่ 38	แสดงวันไลน์ไดอะแกรมของ MCC LM 1 และ LM 2	38
รูปที่ 39	แสดงตัวอย่างภาพตัดด้านหน้าของ MCC	39
รูปที่ 40	แสดงการใช้ปลั๊กสวิตช์เข้ากับปลั๊กอินบัสดัก	40
รูปที่ 41	แสดงแผนภาพของการจะใช้ปลั๊กกิ้งในบัสดักเพื่อจะนำไปใช้งาน	40
รูปที่ 42	แสดงวันไลน์ไดอะแกรมของสถานีย่อยและชุดสตาร์ตมอเตอร์สำหรับคอมเพรสเซอร์ชองแอร์	41
รูปที่ 43	แสดงด้านหน้าและวันไลน์ไดอะแกรมของสถานีย่อยและชุดสตาร์ตมอเตอร์แรงสูง	41
รูปที่ 44	แสดงสัญลักษณ์ของอุปกรณ์ที่ใช้เขียนวันไลน์ไดอะแกรมของอาคารที่ทำการ	42
รูปที่ 45	แสดงสัญลักษณ์วันไลน์ไดอะแกรม	43
รูปที่ 46	แสดงหน้าต่างแรกเมื่อเข้าโปรแกรม	55
รูปที่ 47	แสดงหน้าต่างของการออกแบบในแต่ละชั้น	56
รูปที่ 48	แสดงการใส่ค่าและการเลือกต่างๆ	57
รูปที่ 49	แสดงการใส่ค่าและการเลือกต่างๆ	57
รูปที่ 50	แสดงการเลือกชนิดของสายและคุณสมบัติของสาย	58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพประกอบ(ต่อ)

		หน้า
รูปที่ 51	แสดงการเลือกชนิดของ circuit breaker และคุณสมบัติต่าง ๆของสาย	58
รูปที่ 52	แสดงค่าต่าง ๆที่ได้มาจากการคำนวณ และการเลือกมาข้างต้น	59
รูปที่ 53	แสดงค่าต่าง ๆที่เป็นข้อมูลเพิ่มเติมในการออกแบบ	60
รูปที่ 54	แสดงค่าต่าง ๆที่เป็นข้อมูลเพิ่มเติมในการออกแบบ	60
รูปที่ 55	แสดงค่าต่าง ๆที่เป็นข้อมูลเพิ่มเติมในการออกแบบ	61
รูปที่ 56	แสดงวันไลน์ไดอะแกรมในแต่ละชั้น	62
รูปที่ 57	แสดง LOAD SCHEDULE ในแต่ละชั้น	62
รูปที่ 58	แสดง PRICE ESTIMATE ของทั้งอาคาร	63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 แสดงสัญลักษณ์การระบายความร้อนของหม้อแปลงตาม มาตราฐานของประเทศสหรัฐอเมริกา 18

ตารางที่ 2 แสดงสัญลักษณ์การระบายความร้อนตามมาตราฐาน DIN 18

ตารางที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างพิกัดของหม้อแปลงกับ เปอร์เซ็นต์อิมพิแดนซ์ 20

ตารางที่ 4 แสดงขนาดกระแสลัดวงจรและระยะเวลาที่หม้อแปลงสามารถทนได้ 21

ตารางที่ 5 แสดงการต่อโหลดเกินพิกัดของหม้อแปลง 22

ตารางที่ 6 แสดงข้อมูลพิกัดของเซอร์กิตเบรกเกอร์ชนิดอากาศ 24

ตารางที่ 7 แสดงรายการแผงย่อยสำหรับศูนย์กลางกำลังหมายเลข 1 36

ตารางที่ 8 แสดงรายการแผงย่อยแสงสว่าง 37

ตารางที่ 9 44

ตารางที่ 10 การเลือกเพาเวอร์ฟิวส์ ผลิตภัณฑ์มาตราฐาน ANSI 46

ตารางที่ 11 การเลือก HRC ฟิวส์ ผลิตภัณฑ์ของ SIBA HV และเป็นไปตาม มาตราฐานของ IEC 46

ตารางที่ 12 การปรับแท็ปของหม้อแปลง 47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ในปัจจุบัน Computer ได้มีส่วนเข้ามาเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของเราเป็นอย่างมากไม่ว่าเราจะทำอะไรก็ตาม เนื่องจากความสะดวกสบายในการใช้ Computer ไม่มีความยุ่งยากและให้ความรวดเร็วในการใช้สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานได้หลายรูปแบบด้วยเหตุนี้เราจึงนำเอา Computer มาเป็นตัวช่วยในการออกแบบระบบไฟฟ้าเพื่อให้เกิดความรวดเร็วและมองภาพพจน์ได้

ในที่นี้เราใช้โปรแกรมภาษา Visual Basic เข้ามาช่วยในการเขียนโปรแกรมเนื่องจาก Visual Basic สามารถ Support program Window 95 ซึ่งเป็นที่นิยมอยู่ในขณะนี้ข้อดีของโปรแกรมภาษา Visual Basic คือ

1. Support for Window 95
2. สามารถมองเห็นภาพพจน์ในการเขียน
3. ในกรณีที่ผู้ใช้มีความรู้ภาษา Basic อยู่แล้วสามารถ Apply จากภาษา Basic มาเป็น Visual Basic ได้ง่าย
4. มีโครงสร้างข้อมูลที่ง่ายต่อการเขียนและความเข้าใจ

ข้อแตกต่างระหว่าง Visual Basic กับภาษาอื่น

1. Visual Basic สามารถสร้างยูสเซอร์อินเตอร์เฟซด้วยการวาด ทำให้มันสามารถทำงานได้อย่างสมบูรณ์แบบ โดยปราศจาก บัก (BUG) ซึ่งใช้เวลาในการสร้างเพียงไม่กี่นาทีส่วนการสร้างยูสเซอร์อินเตอร์เฟซของโปรแกรมภาษาอื่นดูจะเป็นการยากกว่า
2. การทำให้ยูสเซอร์อินเตอร์เฟซทำงานใน Visual Basic จะสามารถทำได้ง่าย ซึ่งแตกต่างกับภาษาอื่นที่จะต้องบอกยูสเซอร์อินเตอร์เฟซอย่างจำเพาะเจาะจงเพื่อให้มันทำงานตรง ตามการกระทำที่เกิดขึ้น แต่กับ Visual Basic ทุก Object ของยูสเซอร์อินเตอร์เฟซรู้การทำงานทุกอย่างอยู่แล้วไม่ว่าจะ พิมพ์ คริก หรือกด ด้วยการทำงานโดยอัตโนมัติ
3. การแสดงผลบนยูสเซอร์อินเตอร์เฟซ สำหรับ Visual Basic ทำได้โดยการเปลี่ยนแปลพร็อพเพอร์ตี้ของ Object ที่อยู่บนยูสเซอร์อินเตอร์เฟซ แล้ว Object ก็จะดูแลการแสดงข้อมูลบนจอภาพเอง

1.1 วัตถุประสงค์ของ

1.1. เพื่อให้การออกแบบระบบไฟฟ้าภายในอาคารชุดทำได้ง่ายขึ้น

1.2. ใช้ในการตรวจสอบการคำนวณการออกแบบระบบไฟฟ้าของนักศึกษาในวิชาการออกแบบระบบไฟฟ้าว่ามีความถูกต้องหรือไม่โดยเปรียบเทียบผลการคำนวณจาก Program

1.3. เป็นการเริ่มต้นการพัฒนา Program ให้ใช้งานได้ดียิ่งขึ้นในโอกาสต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 ขอบเขตความสามารถของ Program

1.2.1 คำนวณขนาด LOAD ของห้องชุดแล้วเปรียบเทียบหาพิกัดของ CIRCUIT BREAKER METER วัดรอง , สายป้อนย่อย , สายป้อน , TRANFORMER ได้

1.2.2 แสดงผลออกมาในรูปของ One-line Diagram , Load shedule และ Riser Diagram ได้

1.2.3 สามารถทำการประมาณราคาได้

1.3 วิธีการดำเนินงาน

1.3.1 ศึกษารายละเอียดและวิธีการคำนวณโหลดตามข้อกำหนดกฎการเดินสายและติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้า พ.ศ. 2538 ของการไฟฟ้านครหลวง

1.3.2 ศึกษารายละเอียดและวิธีการเขียน One-line Diagram , Load schedule และ Riser Diagram ตามหลักการและเทคนิคการออกแบบระบบไฟฟ้ากำลัง

1.3.3 ศึกษาวิธีการเขียนโปรแกรมภาษา Visual Basic

1.3.4 ศึกษาและทดลองเขียนโปรแกรมเพื่อทำการคำนวณให้ได้ตามทฤษฎี

1.3.5 หาข้อมูลเกี่ยวกับ Spec ต่างๆของอุปกรณ์ที่จะใช้ทุกตัว

1.3.6 ศึกษาและพัฒนาโปรแกรมเพื่อให้สามารถคำนวณ ออกแบบ และเขียน One-lin Diagram , Load schedule , Riser Diagram ได้

1.3.7ทดสอบผลที่คำนวณได้โดยใช้โปรแกรม กับที่คำนวณโดยวิธีอื่นตามสภาวะเงื่อนไขเดียวกันว่าตรงกันหรือไม่

1.3.8 สรุปผลของโครงการทั้งหมด ข้อเสนอแนะและปัญหาในการทำโครงงาน พิมพ์รายงาน แก้ไข และเสนอแนะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

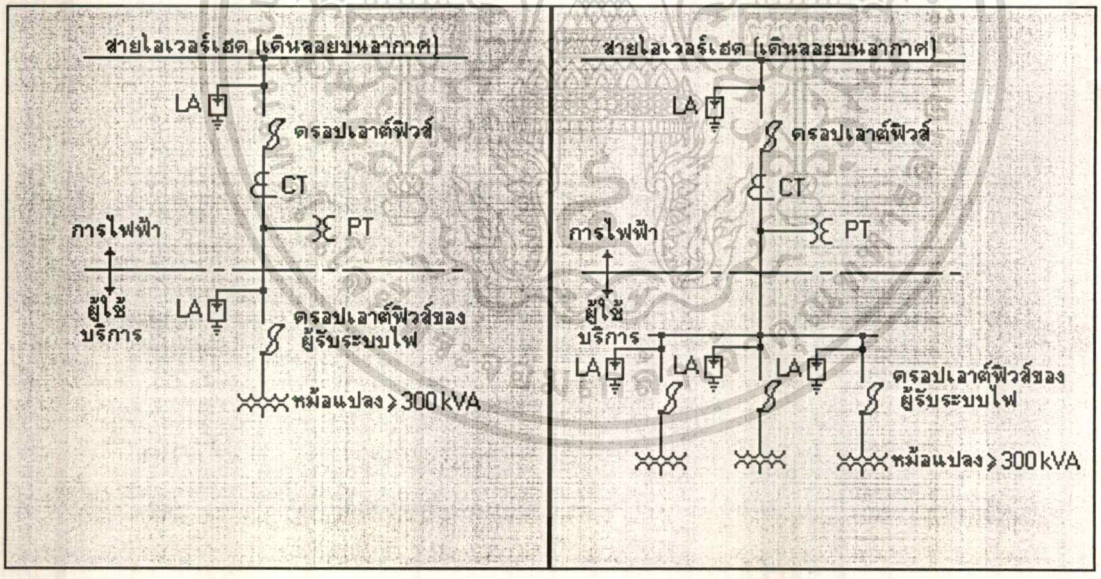
บทที่ 2
วันไลน์ไดอะแกรม

2.1 ลักษณะของวันไลน์ไดอะแกรมของช่วงไฟแรงสูง

ลักษณะของวันไลน์ไดอะแกรมของช่วงไฟแรงสูงหรือช่วงที่เข้าสู่ระบบจะสามารถพิจารณาได้จากรายละเอียดดังต่อไปนี้คือ

2.1.1. วงจรและการป้องกัน ในรายละเอียดของหัวข้อนี้พิจารณาช่วงตั้งแต่จุดสุดท้ายของแหล่งจ่ายไฟฟ้า (การไฟฟ้านครหลวงหรือการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค) จนถึงจุดเริ่มต้นของผู้ใช้ไฟซึ่งก็จะเป็นการพิจารณาในช่วงแรงสูงนั้นเอง ลักษณ์ของวงจรในช่วงดังกล่าวอาจจะมีหลายลักษณะ แต่ลักษณะของวงจรที่นิยมใช้กันจะมีสองลักษณะด้วยกันดังแสดงไว้ในรูปที่ 1

ในรูปที่ 1 (ก)และรูปที่ 1 (ข)เป็นระบบง่ายๆที่ใช้กันทั่วไป แต่ในรูปที่ 1 (ข)จะมีหม้อแปลงมากกว่าหนึ่งลูก โดยหม้อแปลงแต่ละตัวจะมีอุปกรณ์ป้องกันของแต่ละตัวแยกกันไปเป็นอิสระ และในกรณีที่สายแรงสูงยาวเกิน 40 เมตร ควรที่จะทำการติดตั้งกับดักล่อฟ้าก่อนที่จะเข้าหม้อแปลงแต่ละตัวด้วยทั้งสองระบบจะเป็นลักษณะของสายส่งแรงสูงที่เดินลอยบนอากาศ โดยหม้อแปลงอาจติดตั้งบนเสา(pole) คานรองรับ (plat from) หรือวางบนพื้น (open yard) ก็ได้



(ก) (ข)

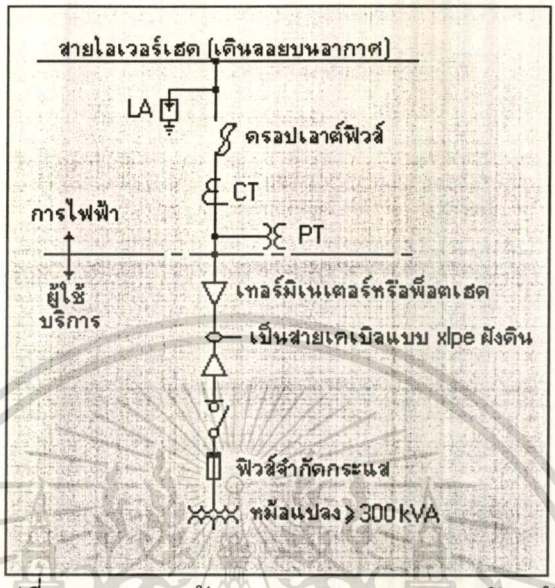
รูปที่ 1 แสดงลักษณะของวงจรและการป้องกัน

2.1.2. ระบบเดินลอยบนอากาศและฝังใต้พื้นดิน(OH line and undergrounding cable) ในรูปที่ 2 (ก) เป็นระบบง่ายๆและไม่คำนึงถึงระยะระหว่างแหล่งจ่ายไฟ และตำแหน่งของหม้อแปลง ส่วนในรูปที่ 2 (ข)เป็นระบบที่เพิ่มเติมขึ้นเพื่อเป็นประโยชน์ในกรณีของความเชื่อถือต่อระบบ ทั้งนี้เพราะสายป้อนมี 2 ชุด และนอกจากนี้การซ่อมแซมหรือเพิ่มเติมระบบก็สามารถทำได้ตลอดเวลาโดย

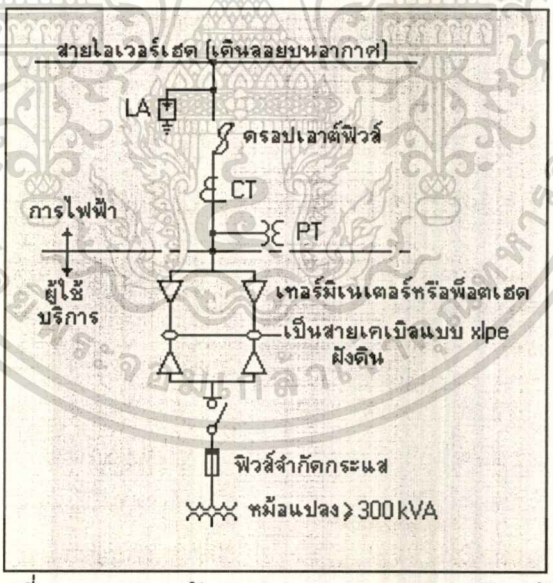
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่โหลดยังจะสามารถทำงานได้

ในรูปที่ 3 (ก) ใช้ในกรณีที่ต้องการจะซอมแซมระบบ และเพื่อหลีกเลี่ยงกระแสผิดปกติ ส่วนในรูปที่ 3 (ข) จะคล้ายกับรูปที่ 3 (ก) เพียงแต่มีหม้อแปลง 2 ลูก



รูปที่ 2 (ก) แสดงลักษณะของวงจรและการป้องกัน



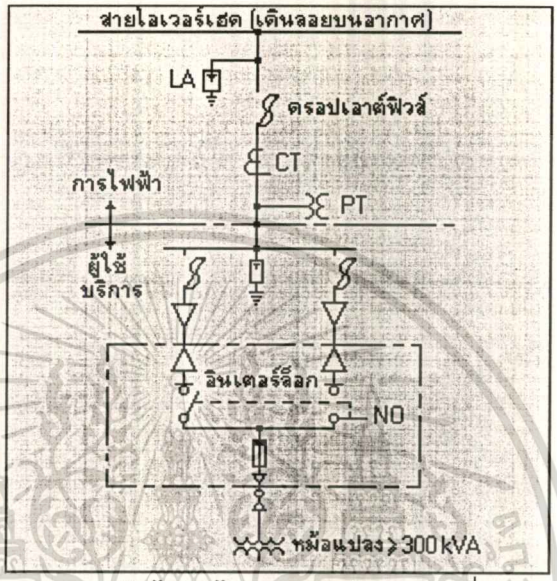
รูปที่ 2 (ข) แสดงลักษณะของวงจรและการป้องกัน

2.1.3.ระบบฝังดินทั้งหมด ในระบบแบบนี้ควรจะมีชุดแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้ามากกว่า 2 ชุด เสมอ ซึ่งจะสามารถพิจารณาได้จากรูปที่ 4 จนถึงรูปที่ 6

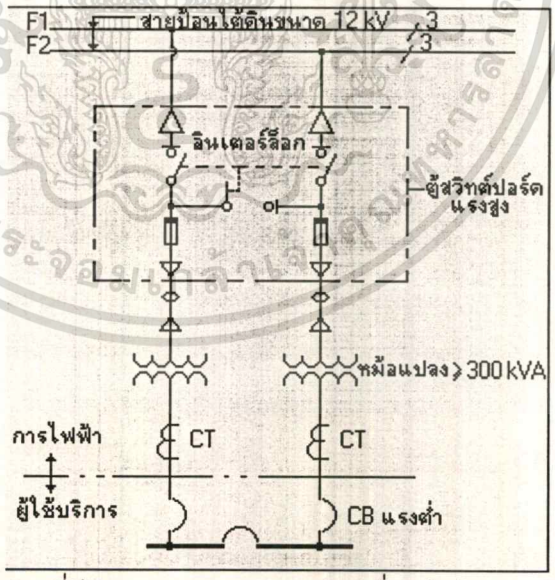
2.1.4. ศูนย์การค้า (shopping center) และที่อยู่อาศัยในเขตนครหลวงลักษณะของอาคารต่อไปนี้คือ ศูนย์การค้า อาคารพานิชย์ อาคารที่อยู่อาศัยหลายๆห้อง เช่น แฟลต คอนโดมิเนียม อพาร์เมนต์ โหลดของอาคารต่างๆเหล่านี้จะเป็นลักษณะของโหลดทั้งหมดซึ่งถูกแบ่งออกอย่างน้อยสองส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยส่วนแรกจะหมายถึงโหลดที่จ่ายให้แก่ส่วนกลางหรือส่วนรวม เช่น ลิฟต์ บันไดเลื่อน ระบบสุขาภิบาลอันได้แก่ ระบบดับเพลิง สระว่ายน้ำ ลานจอดรถ ระบบแอร์จ่ายจากส่วนกลางไฟตามทางเดิน และระบบอื่นๆ ส่วนที่ 2 จะหมายถึงโหลดส่วนตัวหรือโหลดของแต่ละเจ้าของ เช่นโหลดของห้องแต่ละห้อง หรือที่ทำการแต่ละห้อง เป็นต้นในกรณีนี้จะพิจารณาถึงโรงแรม โรงภาพยนต์ ซูปเปอร์มาร์เก็ตนั้นจะพิจารณาให้โหลดของอาคารเหล่านี้เป็นโหลดส่วนตัวหรือแต่ละเจ้าของ

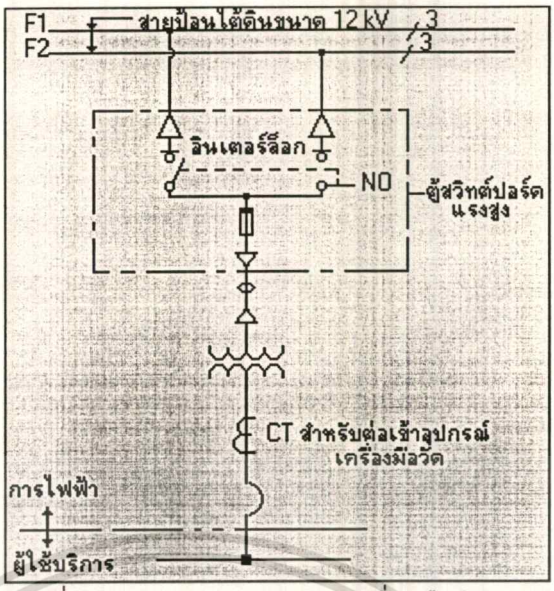


รูปที่ 3 แสดงลักษณะของวันไลน์ไดอะแกรมลักษณะหนึ่ง

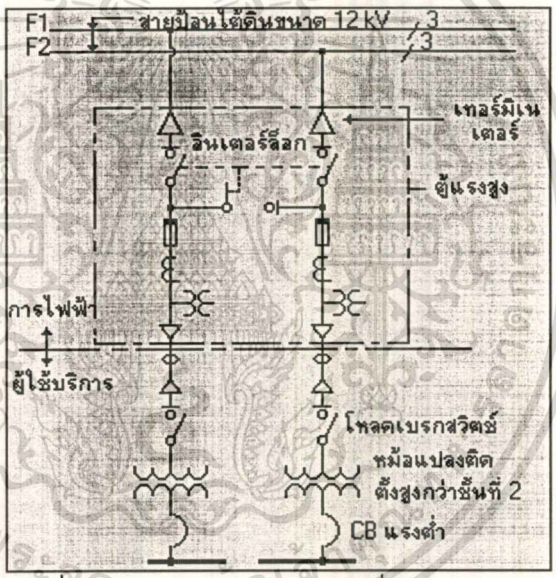


รูปที่ 4 แสดงลักษณะของหม้อแปลงที่มีอินพุต 2 ชุดและระบบเครื่องมือวัดทางด้านแรงต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5 แสดงลักษณะของหม้อแปลงที่มีอินพุต 2 ชุดและระบบเครื่องมือวัดทางด้านแรงต่ำ



รูปที่ 6 แสดงลักษณะของหม้อแปลงที่มีอินพุต 2 ชุดและระบบเครื่องมือวัดทางด้านแรงสูง

ระบบจ่ายไฟพื้นฐานที่จะเลือกใช้ก่อนที่ผู้ออกแบบจะเขียนวันไลน์ไดอะแกรมได้ สิ่งที่ต้องคำนึงถึงก่อนอื่นคือแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า ซึ่งแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าอาจมาจากระบบไฟฟ้า ของรัฐหรือมาจากการผลิต ขึ้นมาได้เองดังนั้นจึงสามารถที่จะจำแนกระบบของแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าออกได้เป็นระบบต่าง ๆ ดังนี้คือ

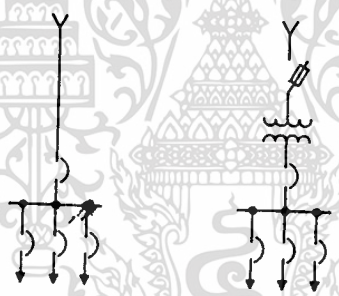
2.2 ระบบจ่ายไฟพื้นฐานที่จะเลือกใช้

2.2.1 สายป้อนแบบราก รูปแบบการกระจายของระบบนี้เป็นแบบที่ใช้กับอาคารขนาดเล็ก ซึ่งถือว่ามีราคาถูก ประหยัด และง่ายที่สุด โดยทั่วไปตัวอาคารที่ใช้จะมีระดับแรงดันไฟฟ้า 380/220 v ซึ่งเป็นระดับขณะใช้งาน(utilization voltage) โดยลักษณะของระบบนี้จะมีการจ่ายแรงดันไฟฟ้าระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงดันไฟฟ้าต่ำ ผ่านอุปกรณ์ป้องกันในแผงสวิตช์(switchboard หรือ main panel board) หลังจากนั้นระบบการจ่ายกำลังไฟฟ้าก็จะถูกจ่ายต่อไปยังโหลดหรือส่วนของแผงสวิตช์ย่อย ตู้แจกจ่ายระบบไฟฟ้า(distribution cabinets) หรือแผงย่อยต่อไป แต่ถ้าในระบบที่จ่ายมาในลักษณะเป็นแรงดันไฟฟ้าขนาดกลาง ก็ต้องมีหม้อแปลงตัวหนึ่งหรือมากกว่านี้มาต่อร่วมกันในวงจรเพื่อจะได้ลดระดับแรงดันไฟฟ้ามายังแรงดันไฟฟ้าต่ำอีกทีหนึ่งอุปกรณ์ป้องกันในกรณีนี้อาจจะได้แก่ ฟิวส์สวิตช์ หรือเซอร์กิตเบรกเกอร์ โดยจะใช้ในระบบแรงดันไฟฟ้าขนาดกลางและขนาดแรงดันไฟฟ้าต่ำ

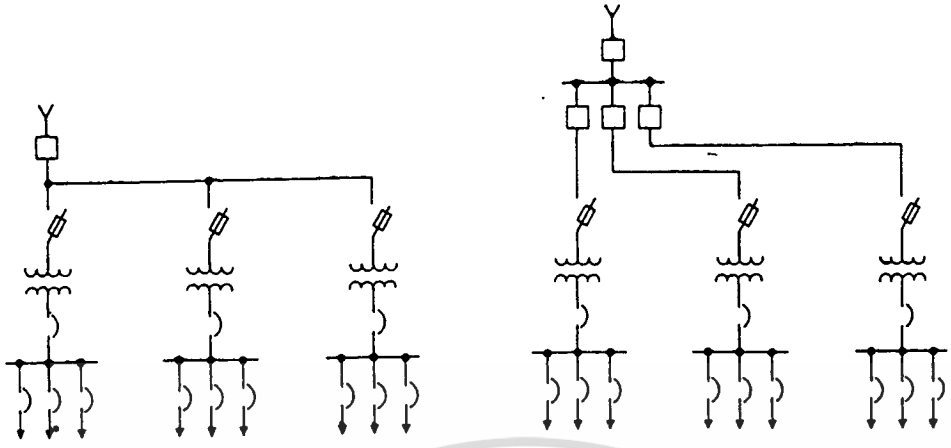
ในรูปที่ 7 เป็นการแสดงให้เห็นลักษณะการต่อระบบในแบบสายป้อนแบบรากอย่างง่ายๆ 2 วงจร และเป็นแบบที่นิยมใช้กันมากที่สุด โดยในวงจรแรกจะมีการทำงานเป็นแบบปกติทั่วไปคือการจ่ายโหลดนั้นมีการส่งผ่านมาในทางเดียวจากแหล่งจ่ายโดยตรง สำหรับในกรณีที่แรงดันไฟฟ้าที่จ่ายมาเป็นแรงดันไฟฟ้าขนาดกลาง ก็จะมีการนำเอาหม้อแปลงเข้ามาช่วยในการลดค่าแรงดันไฟฟ้าให้มาสู่ค่าที่จะใช้งานและผ่านไปยังบัสตัวเมน(main bus) เพื่อจ่ายไปยังโหลดอีกทีหนึ่ง ในกรณีที่เกิดการผิดปกติขึ้นในวงจรอุปกรณ์ป้องกันที่อยู่ใกล้จุดผิดปกติมากที่สุด ก็จะทำการเปิดวงจรออกโดยจะเป็นการทำงานร่วมกันตามลำดับ(selectively coordinated)



รูปที่ 7 แสดงลักษณะการกระจายของระบบสายป้อนแบบราก(simple radial system)

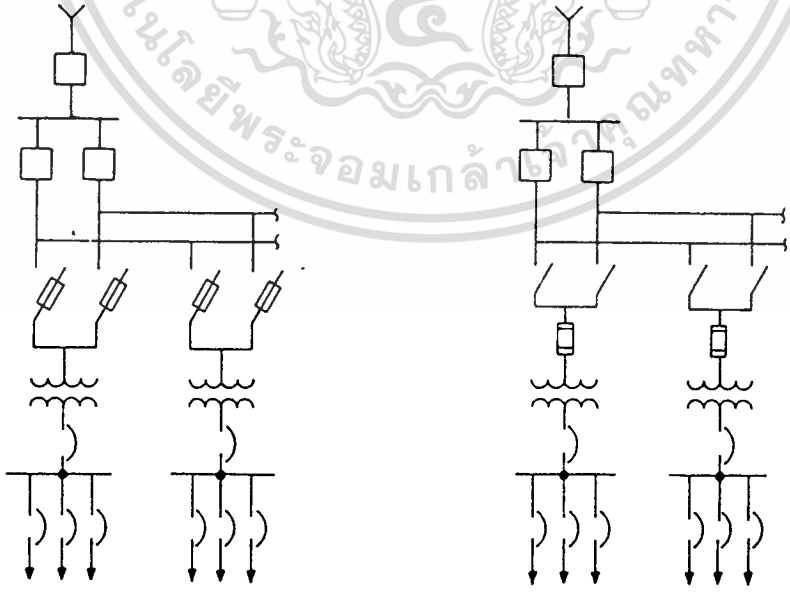
ความต่อเนื่องในการจ่ายกำลังไฟฟ้าในตัวอาคารพาณิชย์นั่นเป็นสิ่งสำคัญมาก แต่พบว่าในกรณีที่เกิดความผิดปกติที่จุดใกล้กับบริเวณที่ติดตั้งหม้อแปลงอุปกรณ์ป้องกันตัวที่อยู่ใกล้ก็จะทำการตัดวงจรออกทำให้บัสตัวเมนไม่มีกำลังไฟฟ้าไปจ่ายให้กับโหลด ทำให้เกิดปัญหาขาดความต่อเนื่องของการทำงานได้ จึงต้องมีการขยายส่วนของแหล่งจ่ายของระบบออกไปอีกโดยการเพิ่มระบบซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสายป้อนแบบราก(radial feeder) ที่สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น แต่ก็มีข้อเสียหลายประการดังแสดงในรูปที่ 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 8 แสดงระบบไฟฟ้าแบบสายป้อนแบบรากอีกวงจรหนึ่ง

2.2.2 ชุดสายป้อนที่มีการเลือกทางด้านปฐมภูมิ ลักษณะของระบบแสดงไว้ใน รูปที่ 9 โดยส่วนของระบบที่จำลองเพิ่มเติม ได้แก่ วงจรเลือกทางด้านปฐมภูมิ(primary feeder circuit) และสวิตช์ตัดแยกขณะมีกระแส โดยจะเป็นตัวเลือกที่จะเชื่อมต่อกับสถานีย่อยโท(secondary substation) และหม้อแปลงซึ่งต่ออยู่กับชุดสายป้อนด้านปฐมภูมิ โดยชุมสายป้อนทางด้านปฐมภูมิแต่ละส่วนจะมี ขนาดเพียงพอหรือมากพอที่จะรับโหลดรวมของอาคารได้ โดยการทำงานนั้นจะต้องทำงานให้สอดคล้องสลับกันระหว่างฟิวส์ในแต่ละส่วนนั่นเอง



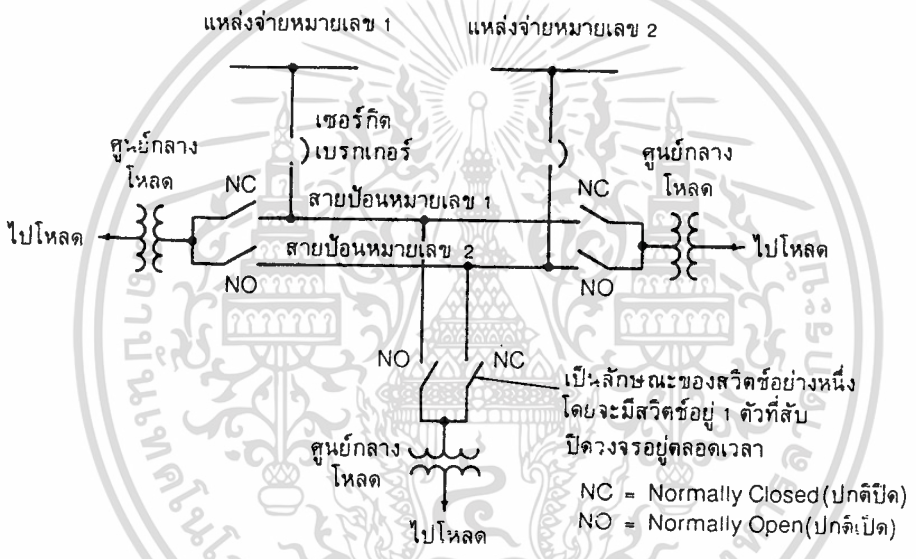
รูปที่ 9 แสดงลักษณะการกระจายระบบแบบชุดสายป้อนที่มีการเลือกทางด้านปฐมภูมิ

ในสภาพปกติสวิตช์จะถูกปิดวงจรอยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสมโดยให้โหลดในแต่ละชุดสายป้อนทางด้านปฐมภูมิมีค่าเท่ากัน คือเท่ากับโหลดของอาคารและเมื่อเกิดการผิดปกติขึ้นในส่วนชุดสายป้อน

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทางด้านปฐมภูมิซึ่งจะเป็นเพียงการเกิดผิดปกติเพียงครึ่งหนึ่งของระบบ การสวิตช์จะเกิดขึ้นทำให้ชุดสายป้อนทางด้านปฐมภูมิในอีกส่วนหนึ่งเข้าทำงานแทนทันที และแม้แต่ในกรณีเกิดการผิดปกติทางด้านชุดสายป้อนทางด้านทุติยภูมิ(secondary feeder)ก็จะตัดตอนแยกระบบเฉพาะในส่วนที่เกิดการผิดปกติเท่านั้นระบบส่วนอื่นยังจ่ายไฟฟ้าได้ตามปกติยกเว้นกรณีที่หม้อแปลงเกิดเสียหาย

ในรูปที่ 10 เป็นลักษณะการกระจายแบบชุดสายป้อนที่มีการเลือกทางด้านปฐมภูมิ (primary selective system) อีกแบบหนึ่ง แต่ในรูปที่ 10 นี้จะเป็นการเลือกรับไฟจากแหล่งจ่ายซึ่งมีอยู่ด้วยกันสองชุดโดยระบบนี้คือ ถึงแม้ว่าสายเมนที่ป้อนสายใดสายหนึ่งในจำนวนสองสายเมนจะเกิดปัญหา แต่โหลดก็ยังสามารถรับผลังงานจากสายเมนที่เหลือได้



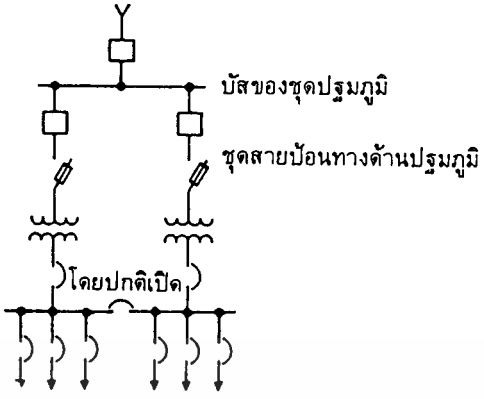
รูปที่ 10 แสดงลักษณะการกระจายแบบระบบชุดสายป้อนที่มีการเลือกทางด้านปฐมภูมิอีกวิธีหนึ่ง

แต่ระบบที่มีการเลือกทางด้านปฐมภูมินี้จะมีข้อเสียคือเสียค่าใช้จ่ายสูงขึ้น เพราะว่าต้องมีการเพิ่มระบบสายป้อนและอุปกรณ์สวิตซึ่งต่างๆเข้าไปในวงจร และระบบนี้จะมีราคาสูงกว่าแบบสายป้อนแบบรากประมาณ 20%-30%

2.2.3 ชุดสายป้อนที่มีการเลือกทางด้านทุติยภูมิ ในสภาพปกติการกระจายของโหลดในลักษณะนี้แสดงในรูปที่ 11 จะทำงานเหมือนกับการแยกระบบสายป้อนแบบรากออกจากกันโดยที่

เซอร์กิตเบรกเกอร์ทำหน้าที่ยึดบัสทั้ง 2 ด้านของระบบหรือสวิตช์ในแต่ละสถานีย่อยโทจะเปิดวงจรอยู่(normally open, NO)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



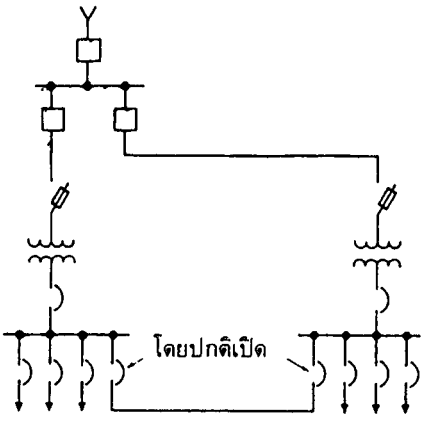
รูปที่ 11 แสดงลักษณะการกระจายแบบชุดที่มีการเลือกทางด้านทุติยภูมิ (secondary selective system)

โหลดรวมของอาคารทั้งหมดจะได้รับจากทางสถานีย่อยโท ซึ่งจะถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วนๆละเท่าๆกันระหว่างกึ่งกลางของบัส(bus sections) ซึ่งหากเกิดการผิดปกติขึ้นในส่วนของชุดสายป้อนทางด้านปฐมภูมิหรือในส่วนของหม้อแปลงซึ่งเป็นส่วนของระบบ ย่อมจะเกิดผลต่อโหลดในส่วนนั้นโดยตรงแล้ว การทำงานของอุปกรณ์ป้องกันจะเริ่มขึ้นในทันที คือ สวิตช์ที่ทำหน้าที่ป้องกัน (secondary switch) หรือเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่ตั้งอยู่ในส่วนที่เกิดการผิดปกติจะถูกเปิดเผื่อตัดส่วนนั้นออกไป และขณะเดียวกันจะทำการสับสวิตช์ของอุปกรณ์ป้องกันที่บัสไทร์แทน นั้นหมายความว่าการทำงานของหม้อแปลง สวิตช์ของอุปกรณ์ป้องกันทั้งสองตัว และที่ทำหน้าที่ยึดระบบในแต่ละสถานีย่อยจะทำงานในระบบอินเตอร์ล็อค(Interlock)คือ อุปกรณ์ทั้ง 3 ไม่สามารถปิดได้ในเวลาพร้อมกันได้ ซึ่งเป็นการลดค่าอินเตอร์รับติ้งคิวตี้ แต่ในกรณีที่เกิดการผิดปกติขึ้นที่ชุดสายป้อนทางด้านปฐมภูมิพร้อมๆกันทั้ง 2 ส่วนแล้วโหลดทั้งหมดจะถูกตัดออกไปเช่นกัน

การคิดราคาของการติดตั้งก็จะต้องคิดเผื่อในส่วนของหม้อแปลง และชุดสายป้อนทางด้านปฐมภูมิที่จะถูกนำมาใช้ในกรณีฉุกเฉินคือขนาดของหม้อแปลง และชุดสายป้อนทางด้านปฐมภูมิขณะใช้งานจะต้องสามารถทำงานได้ทั้งในสภาวะปกติและสภาวะฉุกเฉิน ดังนั้นจึงทำให้การติดตั้งในระบบมีราคาสูงกว่าใน 2 แบบแรกที่กล่าวมา แต่จะจ่ายโหลดได้มีประสิทธิภาพมากกว่า

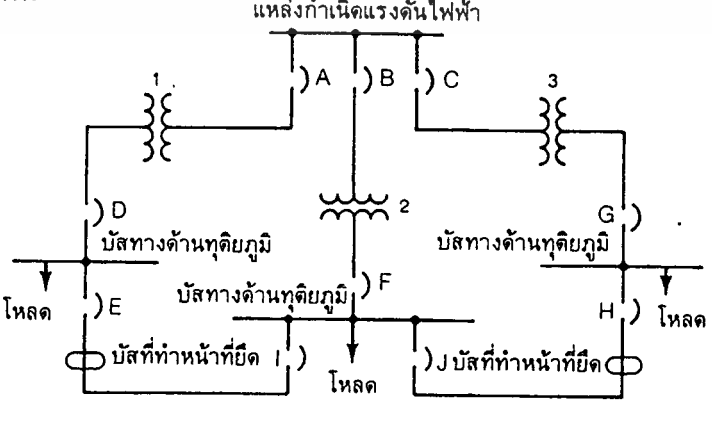
การพัฒนาของระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าแบบนี้แสดงไว้ในรูปที่ 12 ซึ่งเป็นระบบที่มีการจ่ายผ่านหม้อแปลงในแต่ละสถานีไฟฟ้าย่อยซึ่งอยู่แยกห่างออกจากกันได้ แต่ยังคงทำงานในการตัดตอนด้วยระบบการอินเตอร์ล็อคของเบรคเกอร์แรงต่ำที่ทำหน้าที่เป็นไทร์เบรคเกอร์ 2 ตัวเหมือนเดิม แต่ยังคงพบกับปัญหายุ่งยากบ้างเกี่ยวกับระยะทางที่แยกห่างจากกันของทั้ง 2 สถานีไฟฟ้าย่อยนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 12 แสดงการพัฒนาระบบชุดสายป้อนที่มีการเลือกทางด้านทุติยภูมิ

ในรูปที่ 13 จะสังเกตุเห็นว่าทางด้านแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าจะเป็นแบบระบบทางด้านปฐมภูมิที่เป็นแบบราก แต่ทางด้านโหลดจะถูกต่อดเข้าด้วยกันโดยบัสไทร์(busses tie) ระบบนี้จะคล้ายๆกับระบบสายป้อนแบบรากอย่างง่ายๆแต่จะมีข้อเสียคือมีแหล่งจ่ายเพียงชุดเดียว ส่วนข้อดีของระบบสายป้อนแบบรากอย่างง่ายๆคือมีความเชื่อถือในระบบได้มากกว่า เช่น จะสังเกตุเห็นได้ว่าใช้บัสทำหน้าที่ยึดด้านทุติยภูมิ(secondary bus ties) คือจะสามารถแยกทุกสายป้อนแบบรากออกจากกันได้ โดยระบบยังทำงานได้โดยใช้บัสทางด้านทุติยภูมิและการปิดวงจรของบัสไทร์เบรกเกอร์ เช่น ถ้าหม้อแปลงตัวที่หนึ่งหยุดจ่ายผลังงานอันเนื่องจากจะบำรุงรักษาหรือถ้าเกิดการผิดปกติขึ้นบนสายป้อน โดยC.B.A&Dสามารถที่จะตัดเอาชุดของหม้อแปลงหนึ่งออกจากวงจรได้ แต่ถ้าบัสไทร์เบรกเกอร์ E&I ถูกสับให้ปิดวงจรโหลดเดิมที่รับผลังงานจากหม้อแปลงตัวที่ 1 ก็ยังทำงานได้โดยในขณะนี้รับผลังงานจากหม้อแปลงลูกที่ 2 แทน หรือในกรณีโหลดจากหม้อแปลงลูกที่ 1 ขยายมากขึ้นอาจจะให้หม้อแปลงลูกที่ 2 และลูกที่ 3 ช่วยจ่ายโหลดให้ ดังนั้นบางทีในการออกแบบที่ใช้แบบระบบที่มีการเลือกสายป้อนทางด้านทุติยภูมิ จะสามารถออกแบบให้หม้อแปลงแต่ละตัวจ่ายโหลดเพียงครึ่งเดียว ส่วนที่เหลือจะรับมาจากหม้อแปลงตัวอื่นโดยใช้บัสทางด้านทุติยภูมิ อนึ่งลักษณะการเปิดวงจรหรือทริป(Trip) ของ C.B ตัวที่ A หรือตัวที่ D หรือทั้ง A และ D กับ C.B. E&I จะเป็นลักษณะบัสที่ทำหน้าที่ยึดทางด้านทุติยภูมิคือในสภาวะปกติ C.B ตัวที่หนึ่งจะเปิด ส่วนอีกตัวหนึ่งจะปิด ซึ่งเป็นการป้องกันไว้เพื่อไม่ให้ C.B.ปิดลงพร้อมกัน

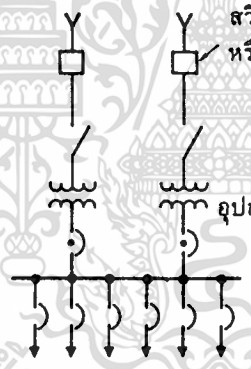


รูปที่ 13 แสดงลักษณะของระบบการเลือกสายป้อนทางด้านทุติยภูมิ

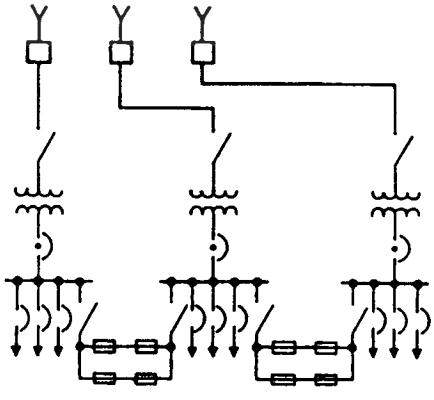
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4. ระบบวงจรทางด้านทุติยภูมิ ในอาคารทั่วๆไปได้มีการกระจายโหลดในระดับแรงดันไฟฟ้าที่ใช้งาน โดยจะนำมาจากแหล่งจ่ายไฟทางด้านทุติยภูมิ(utility secondary network) ซึ่งมีระบบเป็นลักษณะการกระจายหรือแบบสปอตเนตเวอร์ค(spot network) สำหรับอาคารที่มีความต้องการในระดับ 750 KVA หรือสูงกว่านี้ จะนิยมใช้แบบสปอตเนตเวอร์ค และรูปแบบของวงจรจะมีความแตกต่างกันตามลักษณะการต่อของสถานีย่อยโทกับวงจรแรงดันไฟฟ้าต่ำ

ในรูปที่14 เป็นระบบสปอตเนตเวอร์คอย่างง่ายที่ประกอบด้วยหม้อแปลง ซึ่งแยกกันอยู่ 2 ด้านของแต่ละวงจรที่มีการเลือกทางด้านทุติยภูมิแล้วต่อเข้ากับบัสแรงต่ำผ่านอุปกรณ์ป้องกันโดยการทำงานจะเป็นแบบขนาน ระบบป้องกันจะนำเซอร์กิตเบรกเกอร์แบบอากาศเข้ามาใช้โดยการได้รับการควบคุมจากรีเลย์ซึ่งจะกำหนดให้เซอร์กิตเบรกเกอร์ทำการเปิดวงจร(โดยถือหลักการของทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า) เมื่อเกิดการไหลของกำลังไฟฟ้าจากแรงดันไฟฟ้าต่ำกับมายังหม้อแปลงในทำนองเดียวกันในสภาพปกติจะมีการไหลจากหม้อแปลงไปยังแรงดันไฟฟ้าต่ำ โดยเซอร์กิตเบรกเกอร์จะยังคงปิดวงจรอยู่



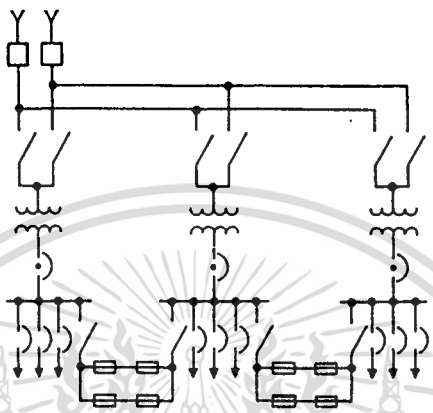
รูปที่ 14 แสดงลักษณะการกระจายแบบระบบสปอตเนตเวอร์ค(simple spot-network circuit)



รูปที่ 15 แสดงลักษณะการกระจายระบบแบบระบบวงจรทางด้านทุติยภูมิ
(secondary network circuit)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูปที่ 15 เป็นระบบแบบวงจรทางด้านทุติยภูมิแบบหนึ่ง โดยมีหม้อแปลงแต่ละตัวแต่ละสถานีย่อยต่อเข้ากับเซอร์กิตเบรกเกอร์แรงต่ำที่ทำหน้าที่เป็นไทร์เบรกเกอร์ ในลักษณะของการต่อกันเช่นนี้ในสภาพการทำงานปกติสถานีย่อยจะรับโหลดเท่า ๆกัน และกระแสที่ไหลผ่านไทร์เบรกเกอร์จะมีค่าน้อยลง แต่ในกรณีที่เกิดการผิดปกติขึ้นที่สายป้อนทางด้านปฐมภูมิ อุปกรณ์ป้องกันในส่วนนั้นจะทำการเปิดวงจร แต่การจ่ายไฟฟ้าจะยังคงดำเนินต่อไปโดยหม้อแปลงตัวที่อยู่ใกล้จุดที่เกิดการผิดปกติจะเป็นตัวจ่ายกำลังไฟฟ้า



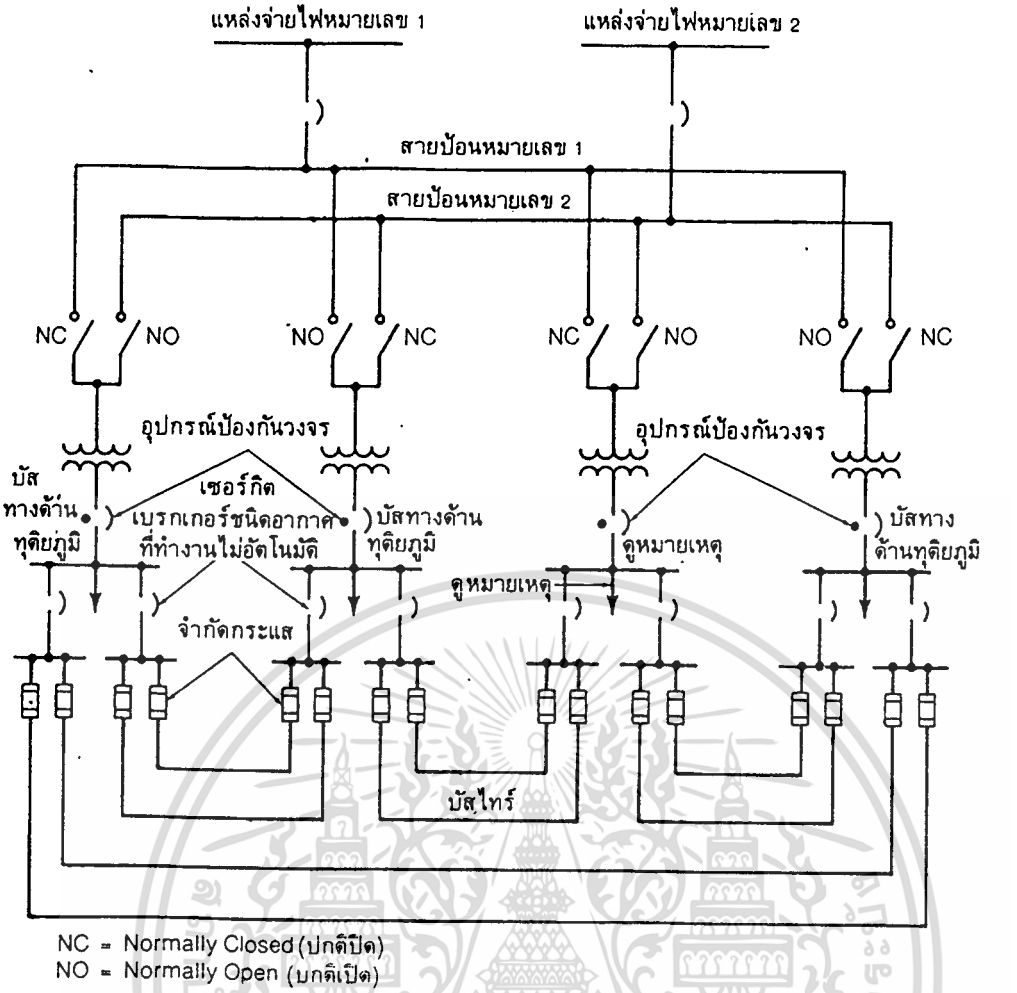
รูปที่ 16 แสดงการพัฒนาการกระจายของระบบ โดยจะกลายเป็นระบบวงจรแบบมีการเลือกชุดสายป้อนได้ทั้งทางปฐมภูมิและทุติยภูมิ(primary selective secondary network)

สำหรับในรูปที่ 16 เป็นแบบที่มีแหล่งจ่ายสายป้อนทางด้านปฐมภูมิอยู่ 3 วงจร หม้อแปลง 3 ตัว โดยแต่ละตัวมีพิกัดเท่ากัน จะเห็นได้ว่าเป็นแบบที่พัฒนาขึ้นโดยการนำเอาแบบระบบที่มีการเลือกระบบชุดสายป้อนทางด้านปฐมภูมิมารวมกับแบบวงจรทางด้านทุติยภูมิ

นอกจากนี้ในรูปที่ 17 เป็นการแสดงวงจรการกระจายของระบบวงจรไฟฟ้าที่มีการเลือกชุดสายป้อนทางด้านปฐมภูมิและทุติยภูมิ โดยในลักษณะการออกแบบวิธีนี้จะเป็นการเพิ่มความเชื่อถือของระบบซึ่งอาจเรียกระบบนี้ว่าเป็นสปอตเนตเวอร์ก็ได้

จากรูปที่ 17 จะเห็นได้ว่าประกอบไปลวยแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า 2 ชุดซึ่งจะทำให้สามารถออกแบบให้สายป้อนหมายเลข 1 และ 2 ซึ่งรับมาจากแหล่งจ่ายหมายเลข 1 และ 2 ตามลำดับนั้นสามารถจ่ายโหลดเพียงครึ่งเดียวของโหลดทั้งหมดได้ในกรณีที่ชุดสายป้อนทางด้านปฐมภูมิเกิดการผิดปกติขึ้น สายป้อนชุดที่เกิดการผิดปกติจะถูกตัดออกจากวงจรโดยอัตโนมัติโดยการทำงานของเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่อยู่ทางด้านชุดสายป้อนและอุปกรณ์ป้องกันในระบบทุกตัวที่เกี่ยวข้องกับจุดที่เกิดการผิดปกตินั้น แต่เพราะว่าบัสทางด้านทุติยภูมิจะต่อถึงกันด้วยบัสไทร์ ดังนั้นโหลดที่ต่ออยู่ทั้งหมดยังสามารถทำงานได้ นอกจากนี้หม้อแปลงทุกตัวก็สามารถที่จะจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับโหลดได้อย่างเพียงพอ โดยการสวิตชิ่งไปยังสายป้อนที่ไม่มีปัญหาในเรื่องของการผิดปกติ แต่หลังจากที่การผิดปกติถูกแก้ไขแล้วทุกสิ่งทุกอย่างก็จะเข้าสู่ระบบปกติคือเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่อยู่ทางด้านสายป้อนก็จะถูกสับเข้าไปที่เดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



หมายเหตุ : แสดงว่าโหลดต่าง ๆ ของวงจรที่บัสต่าง ๆ นั้นไม่ได้แสดงไว้ แต่มีโหลดต่ออยู่ที่นี่

รูปที่ 17 แสดงระบบไฟฟ้าที่มีการเลือกชุดสายป้อนทั้งทางด้านปฐมภูมิและทุติยภูมิ

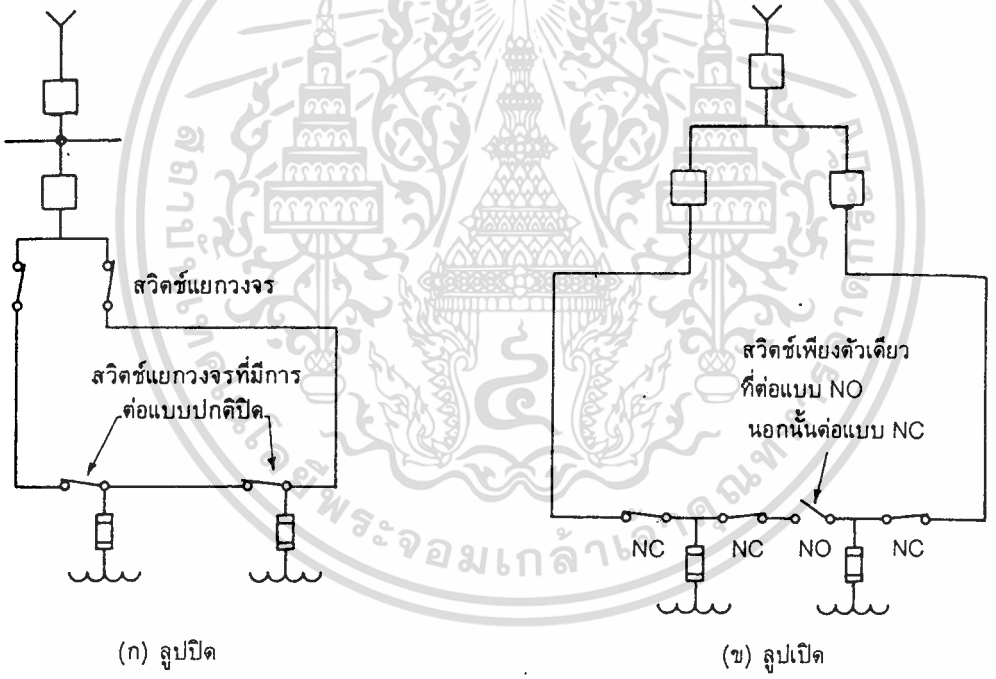
การป้องกันวงจร (network protector) มีไว้เพื่อป้องกันระบบในกรณีที่มีชุดสายป้อนทางด้านปฐมภูมิสองชุด ขนาดเท่ากัน(โดยชุดสายป้อนทางด้านปฐมภูมิทั้ง 2 ชุดนี้จะสามารถจ่ายผลังงานได้ ณ เวลาเดียวกัน) ขบวนการพื้นฐานของการทำงานของเซอร์กิตเบรกเกอร์ชนิดอากาศ(Air circuit breaker;(ACB))คือจะต้องถูกควบคุมโดยรีเลย์ที่มีการทำงานโดยอาศัยการกำหนดทิศทางการไหลของกระแส(directional power relay)ซึ่งจะตรวจสอบกับการไหลของกำลังไฟฟ้าในทิศทางไดทิศทางหนึ่ง และ ACB นี้จะทำงานก็ต่อเมื่อเกิดการไหลของกำลังไฟฟ้าจากบัสทางด้านทุติยภูมิไปยังบัสทางด้านปฐมภูมิแต่ถ้าในกรณีที่เกิดการผิดปกติที่สายป้อนกำลังไฟฟ้าจะไหลจากส่วนที่เกี่ยวข้องกับการผิดปกตจิทั้งหมดไปยังจุดที่เกิดการผิดปกติ โดยอาจจะผ่านบัสซึ่งทำหน้าที่ยึดทางด้านทุติยภูมิซึ่งในภรณีนี้จะทำให้กระแสที่เกิดจากการผิดปกติ ไหลจากทางด้านทุติยภูมิไปยังแหล่งจ่ายไฟซึ่งทำให้รีเลย์ได้ตรวจสอบการไหลในทิศทางที่ผิดจากที่ได้มีการกำหนดตั้งไว้ ทำให้ ACB ทริปได้จำกัดกระแส(limiter)คือฟิวส์ชนิดที่มีคุณสมบัติหน่วงเวลา(long time relay characteristic)ซึ่งใช้ประกอบกับเซอร์กิตเบรกเกอร์ ในกรณีที่เซอร์กิตเบรกเกอร์ไม่ทำงาน

2.2.5. ระบบที่มีชุดทางด้านปฐมภูมิเป็นแบบลูป ในรูปที่ 18 เป็นการสดงวงจรของระบบ 2 แบบ โดยในรูปที่ 18(ก) เป็นลักษณะของระบบลูปปิด(closed-loop system) และการทำงานจะใช้หลักการของการเปิดวงจรของสวิตช์แยกวงจร(isolating switch)ซึ่งราคาไม่สูงนักในลักษณะของวงจรแบบ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

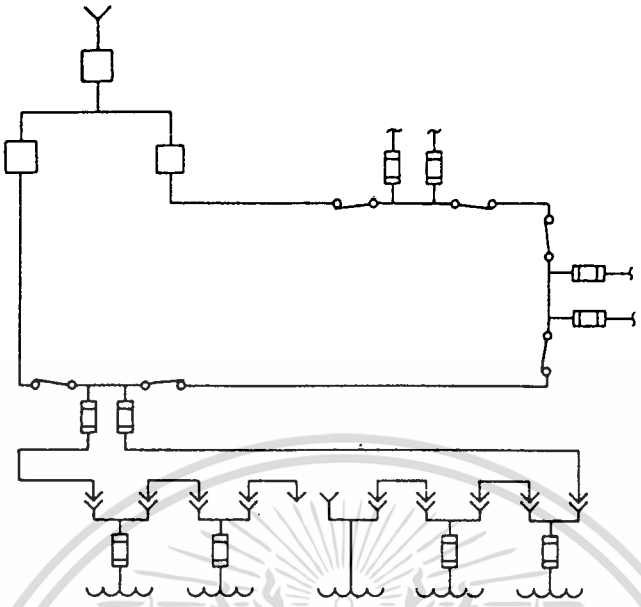
นี้ ในระบบนี้จะมีความเชื่อถือสูง คือเมื่อเกิดการผิดปกติขึ้นในวงจรทุกๆตำแหน่งภายในลูปนั้น แต่จะหาตำแหน่งที่เกิดการผิดปกติได้ยาก ส่วนในรูปที่ 18 (ข) จะเป็นแบบลูปเปิด(open loop) ซึ่งจะเหมาะกับโหลดใต้ดินของการพาณิชย์และระบบใช้ไฟของผู้ใช้อาศัย (commercial และresidential distribution system) อุปกรณ์ป้องกันอาจมีแรงดันไฟฟ้าถึง 34.5 kVและอาจจะเป็นอากาศ น้ำมัน หรือ อินเตอร์รับเตอร์แบบสุญญากาศก็ได้

ในกรณีที่จะเลือกใช้ระบบไดระบบหนึ่งนั้นจะต้องคำนึงถึงองค์ประกอบต่างๆมาประกอบกันให้เหมาะสม และนำเอาคุณสมบัติตลอดจนข้อดีข้อเสียของระบบต่างๆมาตัดสิน และจะต้องคำนึงถึงราคาในการติดตั้งด้วย



รูปที่ 18 แสดงระบบที่มีชุดทางด้านปฐมภูมิเป็นแบบลูป (looped primary circuit)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 19 แสดงระบบที่มีชุดทางด้านปฐมภูมิเป็นแบบลูป

2.3 ข้อมูลในการเตรียมการที่จะเขียนวันไลน์ไดอะแกรม

ข้อมูลในการเตรียมการที่จะเขียนวันไลน์ไดอะแกรม จะเป็นสิ่งจำเป็นอย่างหนึ่งของการออกแบบระบบไฟฟ้าหรือพัฒนาระบบไฟฟ้าให้ดีขึ้น โดยจะต้องคำนึงถึงข้อมูลพื้นฐานต่างๆหลายประการ ข้อมูลพื้นฐานเหล่านั้นได้แก่

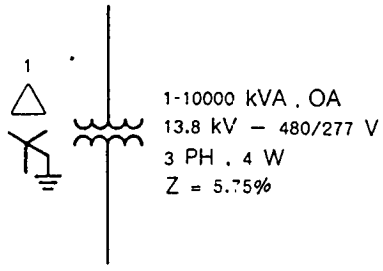
ก. ขนาดของกระแสลัดวงจรที่มาจากการไฟฟ้าหรือแหล่งจ่ายไฟฟ้าซึ่งจะเรียกว่ากกระแสลัดวงจรทีสามารถคำนวณหรือหาได้ทางปฐมภูมิ (primary available short-circuit current)โดยทั่วไประบบจ่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวงจะใช้แรงดันขนาด 11Kv,12kv,22kv หรือ 24kv และระบบสายส่งเป็น 69kv หรือ 115kv แต่ในเขตการไฟฟ้านครหลวงหม้อแปลงที่สถานีย่อยจะใช้ขนาด 30/40 MVAแรงดัน 69/12 kvแรงดันอิมพิแดนซ์(impedance voltage) ประมาณ 9% เพราะฉนั้นกำลังไฟฟ้าลัดวงจร(short-circuit capacity) ประมาณ40/0.09=444MVA ซึ่งในการคำนวณไฟฟ้าลัดวงจรจะใช้ค่า 500 MVA และ X/R=10

ข. ขนาดของตัวนำที่จะใช้ เช่น จำนวนของสายตัวนำ ขนาด และชนิด (เช่น ทองแดง อะลูมิเนียม) ชนิดของฉนวนหรืออุปกรณ์ในการหุ้มตัวนำนั้นๆ

ค. ขนาดของอุปกรณ์ต่างๆที่สำคัญและจะใช้ในระไฟฟ้านั้น จะได้แก่

2.3.1 หม้อแปลงกำลัง ข้อมูลของหม้อแปลงกำลังนั้นจะประกอบไปลวยจำนวนของหม้อแปลง ขนาดของหม้อแปลง แรงดันไฟฟ้าทางด้านปฐมภูมิและทุติยภูมิ ชนิดของหม้อแปลง เปอร์เซ็นต์อิมพิแดนซ์ และเวกเตอร์ไดอะแกรมของการต่อหม้อแปลง เป็นต้น ซึ่งจะสามารถแสดงสัญญาลักษณ์ของหม้อแปลงได้ดังรูปที่ 20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 20 แสดงสัญญาลักษณ์ของหม้อแปลง

จากรูปที่ 20 จะสามารถทราบได้ว่าเป็นหม้อแปลงขนาด 1000KVA จำนวน 1 ลูก และเป็นชนิดระบายความร้อนด้วยตัวเองมีน้ำมันอยู่ภายใน (oil-immersed self-cooled; (OA))ทางด้านปฐมภูมิต่อแบบ Δ ที่แรงดันไฟฟ้า 13.8 kv และในทางทุติยภูมิต่อแบบ Y มีแรงดันไฟฟ้า 480/277 V และจุดกลางของทุติยภูมิถูกต่อลงดิน(ground)มีค่าอิมพิแดนซ์เท่ากับ 5.75% ค่าพิกัดของหม้อแปลงปกติจะเขียนทางด้านขวามือของรูปสัญญาลักษณ์ ส่วนเวกเตอร์ไดอะแกรมนิยมเขียนทางด้านซ้ายมือ ในกรณีที่ต้องการให้หม้อแปลงจ่ายโหลดได้มากกว่าปกติ จะสามารถทนได้โดยการระบายความร้อนของน้ำมัน(cooling oil) หรือวิธีระบายความร้อน(cooling)วิธีอื่น ส่วนในกรณีของหม้อแปลงที่เป็นแบบแห้ง (dry type) อาจจะทำเอนโคลเซอร์(enclosure) ห่อหุ้มหม้อแปลงและมีพัดลมติดอยู่เหนือเอนโคลเซอร์เพื่อเพิ่มการระบายความร้อนขึ้นอีกก็ได้จากรูปที่ 20 การระบายความร้อนจะเป็นแบบน้ำมันท่วม(oil immersed) และระบายด้วยตัวเอง(oil self cooled) โดยอาศัยอากาศที่อยู่รอบ ๆหม้อแปลงนั้น ในตารางที่ 1 และตารางที่ 2 นั้นจะเป็นการจำแนกชนิดของการระบายความร้อนของหม้อแปลงแบบต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 แสดงสัญญาลักษณ์การระบายความร้อนของหม้อแปลงตามมาตรฐาน ของประเทศสหรัฐอเมริกา

ชนิดของตัวอักษร	วิธีการระบายความร้อน
OA	น้ำมันท่วม , ระบายความร้อนด้วยตัวเอง
OW	น้ำมันท่วม , ระบายความร้อนด้วยน้ำ
OW/A	น้ำมันท่วม , ระบายความร้อนด้วยน้ำ / ตัวเอง
ชนิดตัวอักษร	วิธีการระบายความร้อน
OW/FA	น้ำมันท่วม , ระบายความร้อนด้วยการอัดอากาศ (สำหรับหม้อแปลงที่มีขนาดมากกว่า 500 kVA)
OA/FA/FA	น้ำมันท่วม , ระบายความร้อนด้วยตัวเอง (ระบายความร้อนด้วยการอัดอากาศ) (มากกว่า 1000KVA)
OA/FOA/FOA	น้ำมันท่วม ,ระบายความร้อนด้วยตัวเอง/ระบายความร้อนด้วยการอัดน้ำมันและด้วยการอัดอากาศ/ระบายความร้อนด้วยการอัดน้ำมันและด้วยการอัดอากาศ
FOA	น้ำมันท่วม , ระบายความร้อนด้วยการอัดน้ำมันพร้อมอากาศ(มากกว่า 10000KVA)
FOW	น้ำมันท่วม , ระบายความร้อนด้วยการอัดน้ำมันพร้อมทั้งอัดน้ำ (มากกว่า 10000KVA)
AA	แบบแห้ง , ระบายความร้อนด้วยตัวเอง
AFA	แบบแห้ง , ระบายความร้อนด้วยการอัดอากาศ
AA/FA	แบบแห้ง , ด้วยตัวเอง/อัดอากาศ(มากกว่า500 KVA)

ตารางที่ 2 แสดงสัญลักษณ์ของการระบายความร้อนตามมาตราฐาน DIN

ตัวระบายความร้อน	สัญลักษณ์
น้ำมัน	O
โคลเพน (อาสกาเรส)	L
ก๊าซ	G
น้ำ	W
อากาศ	A
สัญลักษณ์การหมุนเวียนของตัวระบายความร้อน	สัญลักษณ์
ธรรมชาติหมุนเวียน	N
มีแรงอัดหมุนเวียน	F

ตัวอย่างเช่น

AN คือ หม้อแปลงแบบแห้ง และเป็นระบบระบายความร้อนโดยการหมุนเวียนตามธรรมชาติ

ONAN คือ หม้อแปลงแบบน้ำมันท่วมและระบายความร้อนด้วยตัวเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1.1 ขนาดพิกัดของหม้อแปลงในการออกแบบระบบไฟฟ้า ค่าพิกัดของหม้อแปลงจะต้องเพียงพอสำหรับจ่ายให้โหลดในระบบที่ทำการออกแบบและสามารถที่จะใช้ได้ในอนาคต ในกรณีที่ต้องการขยายโหลดออกไป ปกติแล้วขนาดพิกัดของหม้อแปลงจะมีอยู่ 2 มาตราฐานคือมาตราฐานของทวีปยุโรป และมาตราฐานของทวีปอเมริกา

- มาตราฐานของประเทศสหรัฐอเมริกา (KVA)

75,112.5,150,225,300,500,750,1000,1500,2000,2500,3750,5000,7500,10000

- มาตราฐานของทวีปยุโรป (KVA)

50,75,100,125,160,200,250,315,400,500,630,800,1000,1250,1600,2000,2500

2.3.1.2 แรงดันไฟฟ้าทางด้านปฐมภูมิ ในระบบการไฟฟ้านครหลวงแรงดันไฟฟ้าจะเป็นแบบ 12 , 24 , 69 KV ส่วนในระบบไฟฟ้าภูมิภาคจะเป็นแบบ 11,22,33 KVชนิดของหม้อแปลง จะขึ้นอยู่กับชนิดของการระบายความร้อนในหม้อแปลงนั่นเอง ซึ่งจะสามารถจำแนกได้ดังนี้

ก. น้ำมันท่วม ขดลวดจะอยู่ภายในถังที่บรรจุน้ำมันหม้อแปลงอยู่โดยน้ำมันนี้จะเป็นฉนวนและทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการระบายความร้อน น้ำมันหม้อแปลงนี้จะต้องปราศจากความชื้นเพราะจะทำให้ความคงทนของไดอิเล็คตริก(dielectric strength) ของน้ำมันลดลงไปหม้อแปลงแบบนี้ราคาถูกและนิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย แต่มีข้อเสียคือ ไม่สามารถติดตั้งในอาคารจะต้องนำหม้อแปลงชนิดนี้ไว้ในห้องที่สามารถกันไฟได้ อันเนื่องมาจากน้ำมันหม้อแปลงเป็นสารติดไฟ

ข. แบบแห้ง เป็นแบบไม่ใช้ของเหลวเลย ทำให้ไม่ต้องคำนึงถึงระดับและความคงทนของไดอิเล็คตริก แต่ใช้ได้เฉพาะแรงดันไฟต่ำไม่เกิน 15 KV และมีค่า Bil น้อย และมีเสียงดังกว่าแบบน้ำมันท่วม และสิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงถึงก็คือมีความชื้นได้ง่าย

ค. แบบคาส์ตเรซิน วิวัฒนาการมาจากแบบแห้งแต่ถูกหุ้มด้วยอิพอกซีเรซิน ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นฉนวนและป้องกันความชื้นทำให้ใช้กับแรงดันวไฟฟ้า 24 KV ที่ระดับแรงดันไฟฟ้าแต่ละค่าจะมีระดับ Bil เท่ากับแบบน้ำมันท่วมและสามารถติดตั้งในอาคารได้กลุ่มของเวกเตอร์ จะเป็นการแสดงการต่อของหม้อแปลงว่ามีลักษณะการต่อเป็นอย่างไร เช่น Dy5 จะหมายความว่าหม้อแปลงจะมีการต่อทางด้านปฐมภูมิเป็นแบบ Δ ส่วนทางด้านทุติยภูมิต่อแบบ Y และมุมระหว่างเวกเตอร์ ถ้ามองในลักษณะของหน้าปัดนาฬิกาจะอยู่ที่เลข 5 หรือจะอยู่ที่ 5x30=150 $^{\circ}$ โดยปกติแล้วกลุ่มของเวกเตอร์ที่นิยมใช้จะมีดังต่อไปนี้ Dy0, Dy5, Dy6, Dy11,Yy0,Yy5,Yy6,Dd11 เป็นต้น

2.3.1.5 การแท็ปแรงดัน จะเป็นตัวเพิ่มหรือลดระดับแรงดันทางด้านทุติยภูมิ โดยปกติจะแท็ปทางด้านแรงสูง เช่น $\pm$2x2.5%,-4x2.5%,$\pm$5%,$\pm$4%

2.3.1.6 BIL (basic Impulse Insulation Level) หมายถึงความสามารถของหม้อแปลงที่จะทนต่อแรงดันไฟฟ้าแบบกระตุ้น (impulse) โดยไม่เสียหาย เช่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
038513

มาตราฐานของประเทศเยอรมัน

ระดับของแรงดัน	ทางด้านไฟแรงสูง(V)	BIL .
R 10N	12 KV	75 KV
R20S	24 KV	95 KV

หมายเหตุ R 10 N : >3-12 KV

R 20 S : >12-24 KV

มาตราฐานของประเทศสหรัฐอเมริกา

ระบบแรงดันไฟฟ้า (KV)	แบบแห้ง BIL(KV)	หม้อแปลงน้ำมันที่ใช้ในระบบจ่ายแรงดันไฟฟ้า BIL (KV)	หม้อแปลงน้ำมันที่ใช้ในระบบเมน BIL (KV)
8.32	35	75	95
14.4	50	95	110
23	_	125	150
34.5	_	150	200

2.3.1.7 แรงดันอิมพิแดนซ์ หมายถึงอัตราส่วนของแรงดันไฟฟ้าทางด้านแรงดันสูงและทางด้านแรงดันต่ำลัดวงจรเพื่อให้ได้พิกัดหระแส กับแรงดันไฟฟ้าที่พิกัดทางด้านแรงสูง ปกติแล้วเปอร์เซนต์อิมพิแดนซ์จะสามารถจำแนกได้ดังแสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างขนาดพิกัดของหม้อแปลงกับเปอร์เซนต์อิมพิแดนซ์

พิกัดเอาต์พุต (KVA)	% อิมพิแดนซ์
มาตราฐานของประเทศเยอรมัน	
30 -630	4
1000 -1600	6
2000 -10000	8
มาตราฐานของสหรัฐอเมริกา	
75 -500	3 → 4.5
750 -1500	5.75

2.3.1.8 จำนวนปีของการใช้งานของหม้อแปลงไฟฟ้า จะขึ้นอยู่กับการใช้งานและขึ้นอยู่กับฉนวนที่นำมาใช้งาน โดยกล่าวได้ว่าในแต่ละชนิดของฉนวนที่อุณหภูมิสูงสุดที่สามารถทนได้(hot spot temperature) แต่ถ้าอุณหภูมิที่ใช้งานเกิดมีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิสูงสุดที่สามารถทนได้อยู่ 6 ° C อายุการใช้งานจะเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า แต่ถ้าอุณหภูมิใช้งานเกิดมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิสูงสุดที่สามารถทนได้อยู่ 6 ° C อายุการใช้งานจะลดลงครึ่งหนึ่ง เช่น ฉนวนระดับ E จะสามารถทนอุณหภูมิที่เกิดขึ้นได้ถึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

120 ° C อายุการใช้งานจะมากขึ้นเป็นสองเท่าถ้าอุณหภูมิต่ำกว่าค่า 120 ° C อยู่ 6 ° C ในทางกลับกัน ถ้าอุณหภูมิสูงกว่าค่า 120 ° C อยู่ 6 ° C อายุการใช้งานของหม้อแปลงจะลดลงครึ่งหนึ่ง

$$\theta H = \theta a + \theta c + \theta h$$

θH คือ อุณหภูมิสูงสุดที่สามารถทนได้

θc คือ อุณหภูมิของขดลวดที่เพิ่มขึ้นเมื่อต่อโหลด (° C)

θh คือ อุณหภูมิของอุณหภูมิสูงสุดเกรเดียนต์ (° C)

θa คือ อุณหภูมิสภาวะแวดล้อม

ในกรณีที่โหลดของหม้อแปลงเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาค่าอายุการใช้งานของหม้อแปลงจะมีค่าเท่ากับ

$$Pr = \frac{t_1 + t_2 + t_3 + \ldots\ldots\ldots\ldots + t_n}{t_1/p_1 + t_2/p_2 + t_3/p_3 + \ldots\ldots\ldots\ldots + t_n/p_n}$$

โดยที่ Pr คือ ค่าอายุการใช้งานของหม้อแปลง (%)

t_1 คือ เวลาที่ใช้ในการต่อโหลดขนาด L_1 เข้ากับหม้อแปลง (ชั่วโมง)

p_1 คือ ค่าอายุการใช้งานของหม้อแปลงเมื่อต่อโหลด L_1 เข้ากับหม้อแปลง (%)

2.3.1.9 ระดับเสียง ในขณะหม้อแปลงจ่ายโหลดจะเกิดเสียงขึ้น เพราะเนื่องจากสนามแม่เหล็กที่เกิดบนแกนเหล็กนั้นมีการยืดหดเกิดขึ้น ระดับเสียงนี้จะเกิดแตกต่างกันแล้วแต่ชนิดและขนาดของหม้อแปลง ระดับเสียงที่เกิดขึ้นในหม้อแปลงชนิดน้ำมันท่วมจะมีระดับเสียงต่ำที่สุด

2.3.1.10 ความทนทานต่อการลัดวงจร เมื่อหม้อแปลงเกิดลัดวงจรที่ขั้วหม้อแปลงกระแสที่เกิดขึ้นจะมีค่าเท่ากับอัตตราส่วนระหว่างแรงดันกับเปอร์เซ็นต์อิมพิแดนซ์ และกระแสลัดวงจรที่เกิดขึ้นในชั่วขณะจะมีค่าสูงกว่ากระแสลัดวงจรที่เกิดขึ้นประมาณ 80% หม้อแปลงที่ได้มาตราฐานจะต้องสามารถทนกระแสลัดงวงจรสูงสุดในเวลาสั้นๆได้ อย่างไรก็ตามหม้อแปลงบางแบบอาจทนต่อกระแสลัดวงจรได้ต่ำกว่ากระแสสูงสุด จึงควรที่จะใช้รีแอกเตอร์แบบจำกัดกระแส(current limiting reactor)เป็นตัวป้องกันความเสียหาย จะสามารถแสดงขนาดของกระแสลัดวงจรและระยะเวลาที่หม้อแปลงทนได้ ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงขนาด กระแสลัดวงจร และระยะเวลาที่หม้อแปลงสามารถทนได้

(KVA)	%อิมพิแดนซ์	Isc/I_{rated}	ระยะเวลาที่ควร จะทนทานได้ (วินาที)
0 - 630	4	25	2
630 - 3150	6	16.7	4
3150 - 10000	8	12.5	5
10000 - 40000	10	10	6

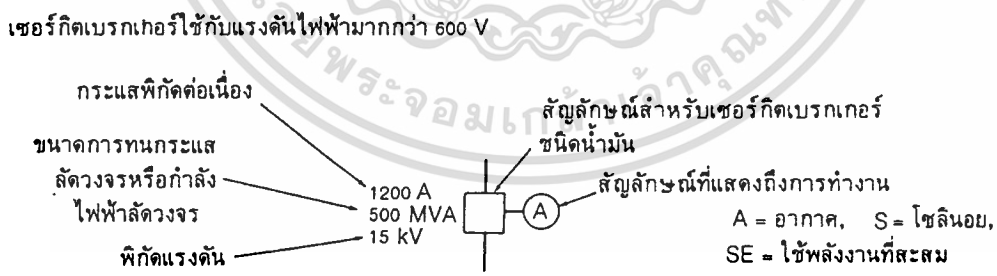
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1.11 การต่อโหลดเกินพิกัด หม้อแปลงควรจ่ายโหลดเกินได้ประมาณ 140% โดยใช้พัดลมระบายความร้อนหรือ 130% ในชนิดน้ำมันท่วมดังแสดงในตารางที่ 5

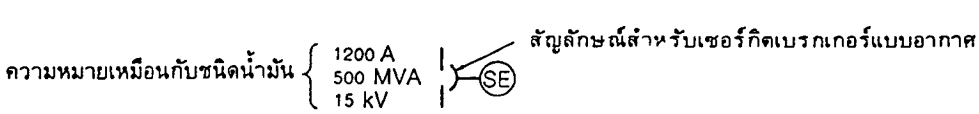
ตารางที่ 5 แสดงการต่อโหลดเกินพิกัดของหม้อแปลง

ชนิด	การต่อโหลดเดิม (%)	โหลดเกิน (%)				
		110	120	130	140	150
น้ำมัน	50	180	90	60	30	15
	70	120	60	30	150	8
	90	60	30	15	8	4
แห้ง	50	60	30	20	15	12
	75	55	23	15	11	9
	90	45	16	10	7	5
คาส์เรซิน	50	84	58	43	32	28
	75	66	40	28	22	17
	90	38	20	14	10	8

2.3.2 เซอร์กิตเบรกเกอร์ โดยปกติเซอร์กิตเบรกเกอร์จะมีอยู่ด้วยกันหลายชนิดและหลายๆ พิกัดกระแส แต่ในรูปที่ 21 จะแสดงถึงสัญลักษณ์ที่ใช้ในการเขียนลงไปในวันไลน์ไดอะแกรม เซอร์กิตเบรกเกอร์ใช้กับแรงดันไฟฟ้ามากกว่า 600V



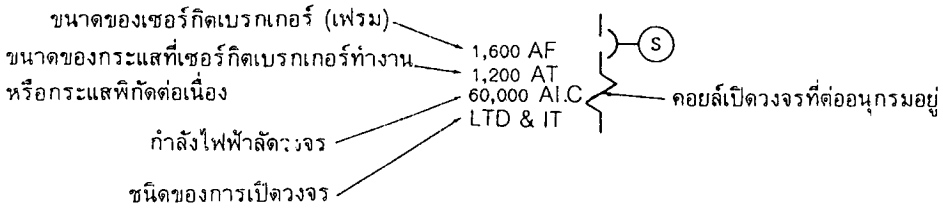
(ก) เซอร์กิตเบรกเกอร์แบบน้ำมัน



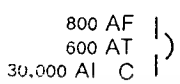
(ข) เซอร์กิตเบรกเกอร์แบบอากาศ

รูปที่ 21 แสดงสัญลักษณ์ที่นิยมใช้ของเซอร์กิตเบรกเกอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ค) เซอร์กิตเบรกเกอร์แบบอากาศ



(ง) เซอร์กิตเบรกเกอร์แบบโมลเคส (Molded case)

รูปที่ 21 (ต่อ) แสดงสัญลักษณ์ที่นิยมใช้ของเซอร์กิตเบรกเกอร์

ในรูปที่ 21 นั้นความหมายของกระแสพิกัดต่อเนื่องจะหมายถึงค่ากระแสสูงสุดของเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่จะเริ่มทำงาน(เปิดวงจร) และขนาดการทนกระแสลัดวงจรจะหมายถึงระดับของกำลังไฟฟ้าที่เซอร์กิตเบรกเกอร์จะสามารถทนอยู่ได้โดยตัวเองไม่มีอันตรายและเสียหาย อีกประการหนึ่งในกรณีของเซอร์กิตเบรกเกอร์เป็นชนิดที่ใช้กับแรงดันไฟฟ้าสูง อาจจะบอกพิกัดของแรงดันไฟฟ้ามาด้วย ทั้งนี้เพราะเวลาใช้งานจะต้องให้ค่าพิกัดแรงดันมากกว่าแรงดันที่ใช้งานจริง

ส่วนในกรณีของเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่กับแรงดันไฟฟ้าต่ำกว่า 600 V จะประกอบไปลวยขนาดของเซอร์กิตเบรกเกอร์ และจะบ่งบอกถึงกลุ่มของเซอร์กิตเบรกเกอร์เพื่อที่จะสะดวกในการเลือกใช้ โดยบอกในรูปของแอมแปร์ และแอแปร์นี้จะหมายถึงกระแสสูงสุดที่จะหาได้ในกลุ่มของเซอร์กิตเบรกเกอร์นั้นๆ ปกติเซอร์กิตเบรกเกอร์จะมีอยู่ 2 ชนิดคือ แบบโมลเคส(molded case) และชนิดเซอร์กิตเบรกเกอร์แบบกำลังสูง ซึ่งจะมีขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์ดังนี้

- มาตราฐานของประเทศสหรัฐอเมริกา

  เซอร์กิตเบรกเกอร์แบบโมลเคส :

  50,100,125,150,200,225,400,600,800,1000,1200,1600,2000,2500

  เซอร์กิตเบรกเกอร์แบบกำลังสูง :

  225,600,2000,3000,4000

- มาตราฐานของทวีปยุโรป

  เซอร์กิตเบรกเกอร์ :

  125,160,250,400,630,800,1250,1600,2000,2500,3200,4000,5000,6300

อนึ่งกระแสแอมแปร์ (amp trip ; (AT))จะมีตั้งแต่ 15 ถึง 2500 A โดยจะมี AT มาตราฐานดังนี้ 15,20,25,30,35,40,45,50,60,70,80,90,100,110,125,150,175,200,225,250,300,350,400,450,500, 600,700,800,1000,1200,1600,2000,และ 2500 AT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ในตารางที่ 6 จะแสดงตัวอย่างของข้อมูลของเซอร์กิตเบรกเกอร์ชนิดอากาศ(air circuit breaker ; ACB) หรือเซอร์กิตเบรกเกอร์แบบกำลังสูง

ตารางที่ 6 แสดงข้อมูลพิกัดของเซอร์กิตเบรกเกอร์ชนิดอากาศ

ขนาดของเซอร์กิตเบรกเกอร์ (A)	กระแสไฟฟ้าสลับ (V)	กระแสต่อเนื่อง (A)	การทนกระแสลัดวงจรสูงสุดที่เป็นแบบไม่สมมาตร(I.C)	มาตราฐานการทริป (A)
225	600 480 240	15 - 225 25 - 225 35 - 225	15 KA 25 KA 30 KA	15,20,30,40,50,70,90,100 125,150,175,200,225
600	600 480 240	40 - 600 100 - 600 150 - 600	25 KA 35 KA 50 KA	40,50,70,90,100,125,150 175,200,225,250,300,350 400,500,600
1600	600 480 240	200 - 1600 400 - 1600 600 - 1600	50 KA 60 KA 75 KA	200,225,250,300,350,400,5 00,600,800,1000,1200, 1600
3000	600 480 240	2000 - 3000 2000 - 3000 2000 - 3000	75 KA 75 KA 100 KA	2000,2500,3000
4000	600 480 240	4000 4000 4000	100 KA 100 KA 150 KA	4000

จากตัวอย่างในตารางที่ 6 จะเห็นได้ว่าในกรณีที่ต้องการ AT 600 A จะสามารถเลือกเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่มี AF 600 A หรือ 1600 A ก็ได้ แต่ขนาดของ I.C จะแตกต่างกัน

ชนิดของการเปิดวงจรของเซอร์กิตเบรกเกอร์จะสำคัญอย่างมาก ซึ่งจะสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด คือ

1.หน่วงเวลานาน (long time delay ; LTD)

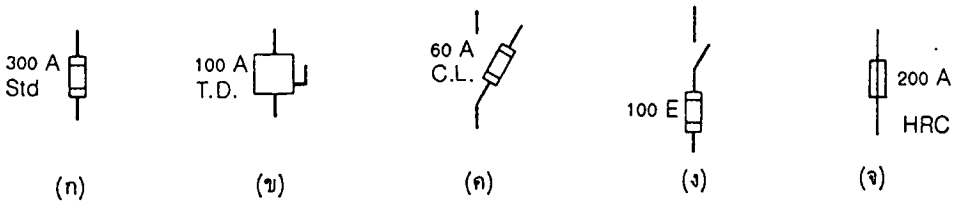
2.หน่วงเวลาสั้น (short time delay ; STD)

3.เปิดวงจรทันทีทันใด (instantaneous ; IT)

โดยการที่จะเลือกชนิดของการเปิดวงจรนั้นจะขึ้นอยู่กับผู้ออกแบบต้องการแบบใด โดยจะต้องขึ้นอยู่กับระบบและการเลือกอุปกรณ์ต่างๆภายในระบบที่ออกแบบ

2.3.3. ฟิวส์ ฟิวส์จะสามารถแสดงสัญลักษณ์ได้ในรูปที่ 22 โดยในรูปที่ 23 นั้นจะแสดงถึงค่ากระแสพิกัดที่ต่อเนื่องของฟิวส์ และค่านี้จะเป็นค่าที่ทนได้ของฟิวส์ในกรณีที่เกิดความผิดปกติขึ้นในวงจรพร้อมกับชนิดของฟิวส์ ซึ่งจะแตกต่างจากเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่จะบอกค่า I.C มาแต่ในกรณีของฟิวส์ ชนิดของฟิวส์จะบ่งบอกถึงขนาดพิกัดของการทนได้ต่อกระแสลัดงวงจร (I.C)เอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 22 แสดงสัญลักษณ์ของฟิวส์

ในรูปที่ 22 (ก) หมายถึงฟิวส์ขนาด 300 A และ STD จะหมายถึงสแตนดาร์ดวันไทม์ฟิวส์ (standard one-time fuse)ซึ่งมี I.C. 10 KA

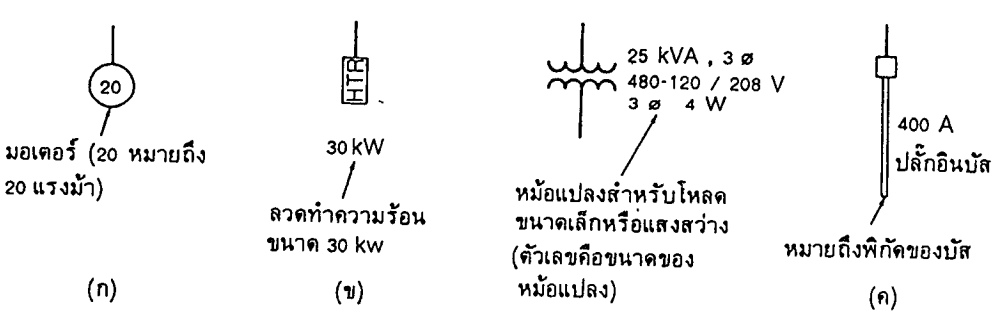
ในรูปที่ 22 (ข) จะหมายถึงฟิวส์ขนาด 300 A และเป็นแบบหน่วงเวลา(T.D)ฟิวส์ซึ่งจะใช้ในสวิตช์นิรภัย(safety switch) โดยปกติแล้วฟิวส์ชนิดนี้อาจจะมี I.C สูงกว่า 100 KA

ในรูปที่ 22 (ค) หมายถึงฟิวส์ที่ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ปลดวงจร (disconnect switch) ส่วนมากจะใช้ในแรงดันที่มากกว่า 600 V โดยอาจจะใช้เป็นฟิวส์คัตเอาต์ ส่วน C.L จะหมายถึงฟิวส์ชนิดจำกัดกระแสซึ่งมี I.C.สูงถึง 200 A

ในรูปที่ 22 (ง) แสดงถึงฟิวส์แรงสูงซึ่งจะต่อเข้ากับสวิตช์ปลดวงจรค่า 100 E ตามความหมายของ NEMA จะหมายถึงฟิวส์แรงสูงซึ่งมีพิกัดต่อเนื่อง 100 A

ในรูปที่ 22 (จ) แสดงถึง HRC ฟิวส์หรือฟิวส์ที่มีความสามารถในการทนกระแสลัดวงจรได้สูง (high rupturing capacity fuse) ซึ่งเป็นมาตราฐานของทวีปยุโรป โดยปกติแล้ว HRC ฟิวส์นี้จะมีค่า I.C สูง

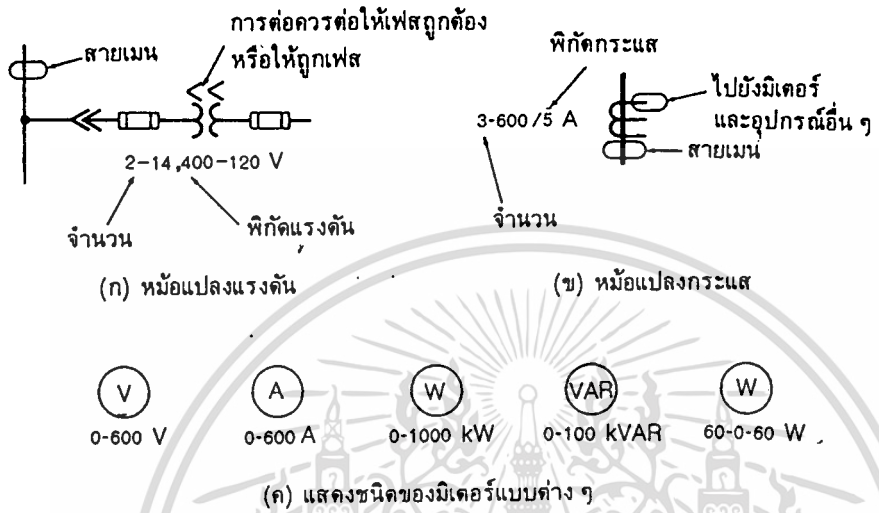
2.3.4 การต่อเข้ากับโหลด การต่อโหลดและลักษณะโหลดสามารถที่จะแสดงได้ดังเช่นตัวอย่างของโหลดที่แสดงไว้ในรูปที่ 23 ซึ่งแสดงถึงมอเตอร์ขนาด 20 HP หรือลวดทำความร้อนขนาด 30 KW หรือหม้อแปลงหรือโหลดของบัส โดยที่โหลดพวกนี้จะสามารถหาค่ากระแสพิกัดของตัวมันเองได้ โดยอาจจะใช้สูตรหรือการเปิดตารางก็ได้



รูปที่ 23 แสดงชนิดและลักษณะของโหลด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.5. อุปกรณ์การวัดและมิเตอร์ จะเป็นสิ่งสำคัญสิ่งหนึ่ง ทั้งนี้เพราะเป็นตัวแสดงค่าต่างๆ แต่โดยปกติแล้วอุปกรณ์เครื่องวัดเหล่านี้มักจะใช้ร่วมกับอุปกรณ์เครื่องมือวัดของหม้อแปลงซึ่งแสดงในรูปที่ 24



รูปที่ 24 แสดงถึงอุปกรณ์เครื่องมือวัดของหม้อแปลง

ในรูปที่ 24 (ก) จะหมายถึงอุปกรณ์ลดแรงดันไฟฟ้าจาก 14400V ลงมาสู่แรงดันไฟฟ้า 120V

ในรูปที่ 24 (ข)จะหมายถึงอุปกรณ์ในการลดกระแสของมิเตอร์ เช่น จาก 600 A ในสายเมนไปเป็น 5 A เพื่อจะเข้าสู่มิเตอร์ มิเตอร์จะสามารถแสดงได้ในรูป 24 (ค)

2.3.6. อุปกรณ์อื่นๆ โดยอาจจะประกอบไปด้วยกับดักฟ้าผ่า (lightning arrester) หรืออินเตอร์ล็อค(interlock) ของอุปกรณ์ป้องกัน เช่น รีเลย์ป้องกันหรืออื่นๆ

2.4 ชนิดของวันไลน์ไดอะแกรมที่ใช้กันในอาคารที่ทำการ

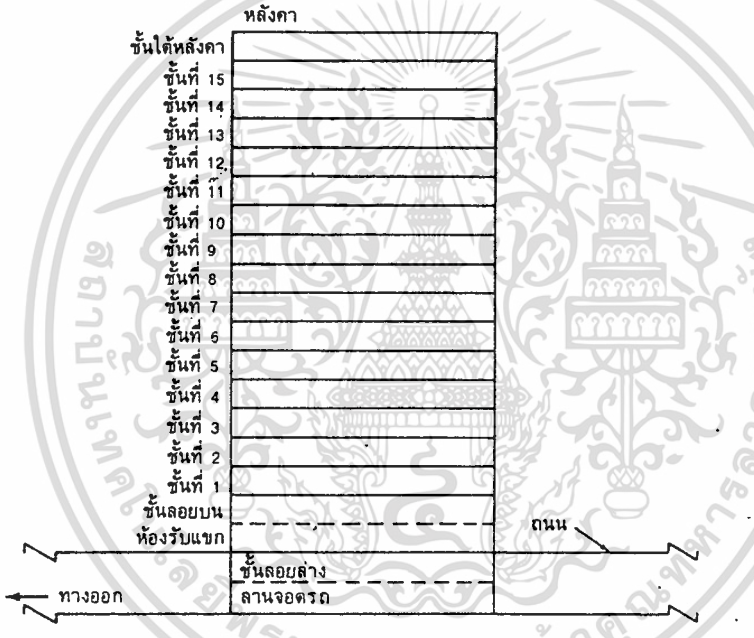
โดยส่วนมากแล้วอาคารที่เปิดเป็นที่ทำการมักจะมีความสูงมากกว่า 1 ชั้นขึ้นไปเสียส่วนมากในกรณีที่มีความสูงมากกว่า 16 ชั้นหรือในกรณีที่มีความสูงจากพื้นดินมากกว่า 22 เมตรแล้ว เราจะเรียกอาคารดังกล่าวว่าอาคารสูง (high rise building) ในรูปที่ 25 จะได้แสดงถึงอาคารที่เปิดเป็นที่ทำการซึ่งมีความสูง 16 ชั้นและจะเห็นได้ว่าที่แนวของห้องรับแขก(lobby) จะมีชั้นลอยบนและชั้นลอยล่าง โดยแนวที่อยู่ใต้ชั้นลอยล่างจะเป็นส่วนที่ต่ำสุดของโครงสร้างซึ่งจะถูกเรียกว่าลานจอดรถ(concourse) ณ แนวระดับของลานจอดรถนี้จะอยู่ใกล้กับอาคารอื่นๆและใช้เป็นทางออกได้ ดังนั้นในรูปที่ 25 จะเห็นได้ว่ามีระดับอยู่ด้วยกันทั้งหมด 20 ระดับโดยนับจากลานจอดรถขึ้นไปถึงชั้นหลังคาด้วย

ในอาคารของรูปที่ 25 จะกำหนดให้ใช้ระบบแอร์เดินตลอดทั้งหลังตัวอาคาร และในแต่ละชั้นจะมีลิฟต์สำหรับบริการอยู่ชั้นละ 6 ตัว ระบบไฟฟ้าจะถูกป้อนจากการไฟฟ้าและจะจ่ายเข้ามาในอาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

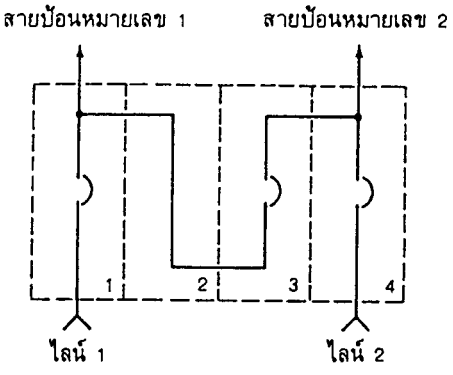
ทางระบบใต้ดิน โดยจะเป็นระบบไฟที่มีแรงดันไฟฟ้า 13800 V 3ϕ 50 Hz และกำหนดให้การออกแบบของรูปที่ 26 นี้เป็นแบบระบบที่มีชุดสายป้อนที่มีการเลือกทางปฐมภูมิ(ซึ่งแสดงไว้แล้วในรูปที่ 10) เพื่อต้องการให้มีความเชื่อถือในระบบสูงโดยอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้กับระบบชุดสายป้อนที่มีการเลือกทางด้านปฐมภูมินี้จะบรรจุอยู่ในเมเทิลคลาด(metel clad) หรือตู้โลหะที่คุมอุปกรณ์ ซึ่งแสดงไว้ในรูปที่ 26 และระบบของสวิตช์เกียร์ทั้งหมดจะใช้ที่ระดับแรงดันไฟฟ้า 15 KV ทั้งนี้จะกำหนดให้เมเทิลคลาดนี้ตั้งอยู่ในชั้นลอยล่าง

ระบบไฟฟ้าที่จ่ายจากการไฟฟ้า เพื่อจ่ายเข้ายังตัวอาคารนี้ตามข้อกำหนดข้างต้นจะเดินในระบบฝังดิน ดังนั้นจึงใช้สาย XLPE โดยเริ่มต้นเดินสาย XLPE มาจากพ็อตเฮด (pot head) หรือเทอมิเนเตอร์ (terminator) แล้วนำเข้าสู่สวิตช์เกียร์ป้องกันชุดแรก (service entrance switchgear) ลักษณะของพ็อดเฮดและสายชุดแรกที่นำมาต่อ(primary cable) ได้แสดงไว้ในรูปที่ 27



รูปที่ 25 แสดงบล็อคไดอะแกรมของอาคารที่ใช้เป็นที่ทำการ

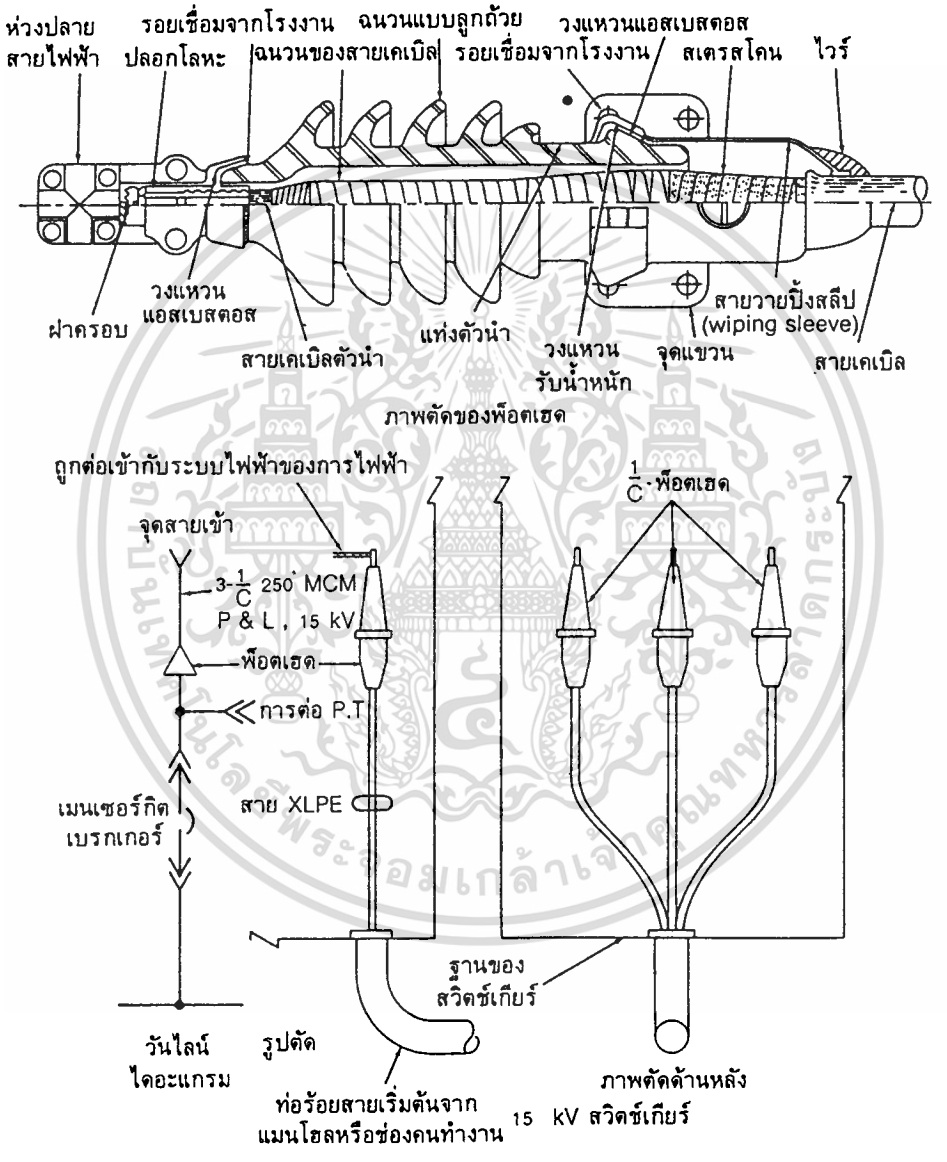
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



1. ส่วนของเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่ทำหน้าที่ป้องกันเมนและสายป้อน
2. ส่วนของบัส, รีเลย์, และมิเตอร์
3. ส่วนของเซอร์กิตเบรกเกอร์ทำหน้าที่เป็นบัสไทร์เบรกเกอร์
4. ส่วนของเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่ทำหน้าที่ป้องกันเมนและสายป้อน

รูปที่ 26 แสดงเมเทิลคลาด ขนาด 15 KV ของระบบสวิตช์เกียร์ในช่วงทางเข้าของระบบไฟฟ้า

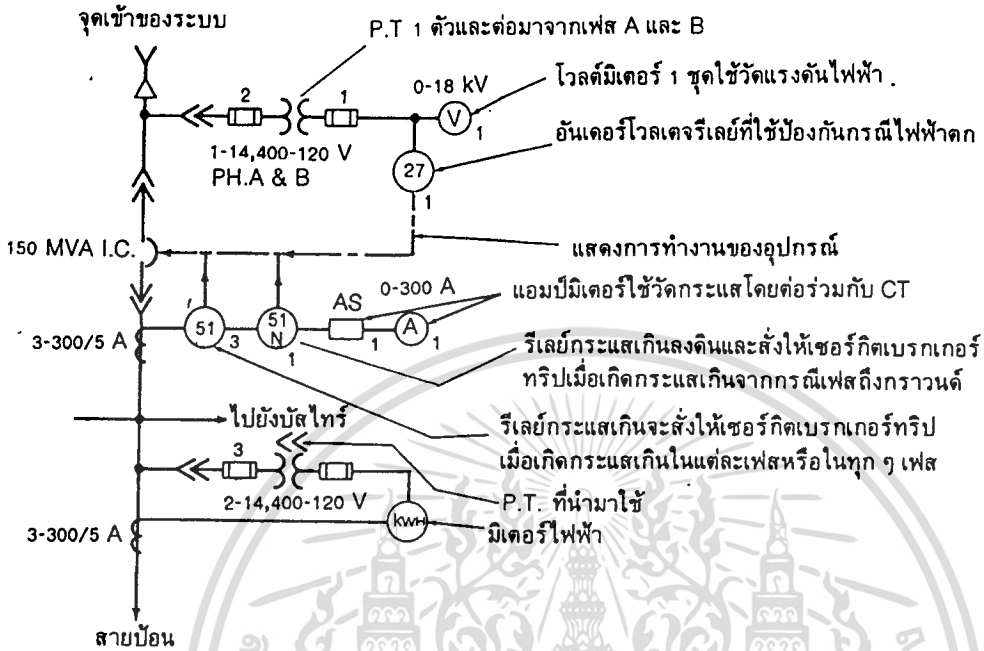
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 27 แสดงการต่อสายเข้ากับพ็อตเฮด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1. รีเลย์ป้องกันทางด้านปฐมภูมิและมิเตอร์ ในระบบสวิตช์เกียร์กับแรงดันไฟฟ้า 15 KV จะประกอบไปด้วยรีเลย์ป้องกันทางปฐมภูมิ และอุปกรณ์การวัดโดยเป็นมิเตอร์ต่าง ๆซึ่งจะสามารถเขียนวันไลน์ไดอะแกรมได้ดังตัวอย่างในรูปที่ 28



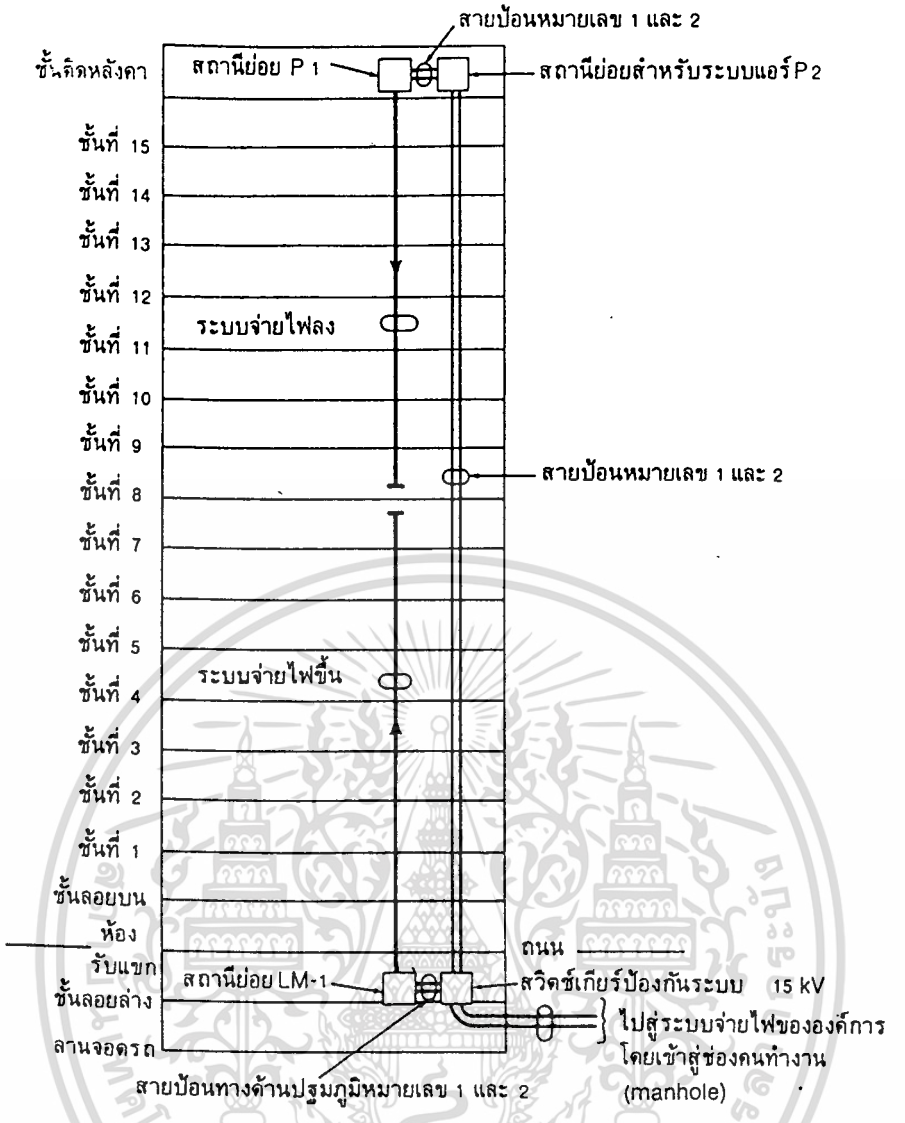
รูปที่ 28 แสดงรีเลย์ป้องกันทางด้านปฐมภูมิและมิเตอร์

หน้าที่ที่แท้จริงของรีเลย์ก็คือ การป้องกันเหตุที่จะเกิดจากกรณีแรงดันไฟฟ้าตก(under-voltage)และกระแสเกิน(over current)

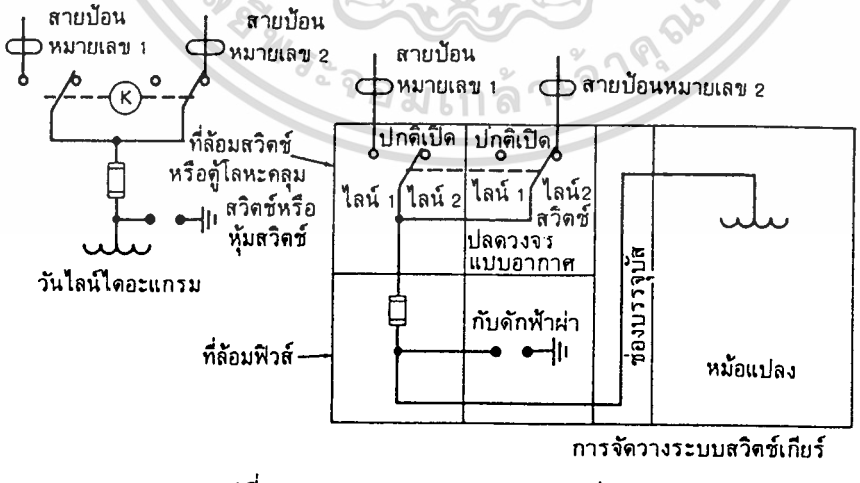
2.4.2. สายป้อนทางด้านปฐมภูมิ ในห้องควบคุมระบบไฟฟ้านั้นจะต้องประกอบไปด้วยสถานีย่อย(unit substation) 3 ตู้โดยแต่ละตู้จะทำหน้าที่รับระบบไฟฟ้า 15 KV เข้ามา การจัดวางสถานีย่อยนี้ส่วนมากแล้วจะจัดวางในตำแหน่งที่ใช้งาน ประหยัด และปลอดภัยที่สุดซึ่งจะขึ้นอยู่กับผู้ออกแบบ ผู้ติดตั้ง และลักษณะของตัวอาคาร เช่น อาจจะวางอยู่ ณ ตำแหน่งศูนย์กลางของโหลดก็ได้ ในตัวอย่างที่แสดงไว้ในรูปที่ 25 นี้สถานีย่อยจะถูกวางไว้ที่ชั้นลอยล่าง 1ตู้ ส่วนอีก 2 ตู้จะวางอยู่ที่ชั้นติดหลังคานอกจากนี้ในระบบการจ่ายไฟฟ้าอาจจะจ่ายจากชั้นล่างสู่ชั้นบนหรือจากชั้นบนจ่ายลงสู่ชั้นล่างก็ได้ซึ่งแสดงไว้ในรูปที่ 29

ระบบไฟฟ้าที่ได้จากการไฟฟ้านั้นจะถูกส่งผ่านเข้ามายังตัวอาคารโดยสาย XLPE ซึ่งร้อยอยู่ในท่อร้อยสายไฟฟ้าและจะถูกจ่ายไปยังสถานีย่อยต่าง ๆ ในรูปที่ 30 จะแสดงถึงแผนภาพของสถานีย่อย สัญลักษณ์ K ที่แสดงไว้ในรูปที่ 30 จะหมายถึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 29 แสดงบล็อคไดอะแกรมของสายป้อนทางด้านปฐมภูมิและการจ่ายระบบไฟฟ้า



รูปที่ 30 แสดงแผนภาพของสถานีย่อย

ก. สวิตช์ 2 ชุดที่อาจจะเป็นลักษณะของการอินเตอร์ล็อคแบบอาศัยแรงกล(mechanical) กล่าวคือจะไม่สามารถสับสวิตช์ลงพร้อมกันได้ เช่น จากรูปที่ 30 จะเห็นได้ว่าสวิตช์ถูกสับจากสายป้อนหมายเลข 2 เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข. โดยปกติแล้วในการออกแบบสิ่งที่ต้องคำนึงถึงคือความปลอดภัย ดังนั้นในการออกแบบอาจจะหมายถึงเป็นสวิตช์ที่ทำหน้าที่เป็นอินเตอร์รับดิ้ง เช่น อาจจะใช้ป้องกันหม้อแปลงที่อาจจะเกิดการผิดปกติขึ้น หรืออาจจะหมายถึงการกฃป้องกันหม้อแปลง ทางด้านทุติยภูมิ โดยอาจจะเป็นในรูปของกุญแจสวิตช์ที่ติดตั้งเพิ่มขึ้นมา และสวิตช์นี้จะสัมพันธ์กับเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่ทำหน้าที่ป้องกันทางด้านทุติยภูมิของหม้อแปลงก็ได้ นอกจากหลักเกณฑ์ที่กล่าวมาแล้วนี้ยังจะสามารถแสดงลักษณะของสวิตช์ในลักษณะอื่นๆได้ดังในรูป 31 และรูปที่ 32 ในกรณีที่ต้องการเลือกระบบไฟฟ้าที่เข้ามายังภายในอาคาร อาจจะใช้สวิตช์ชนิด 3 ตำแหน่งเพิ่มเติมเข้าไปกับสวิตช์ปลดวงจรระบบอากาศซึ่งทำหน้าที่ใหม่เป็นสวิตช์ปลดวงจรที่ทนต่อกระแสลัดวงจรได้สูงโดยได้แสดงไว้ในรูปที่ 32 สวิตช์ชนิด 3 ตำแหน่งนี้ก็จะทำการเลือกสับได้ที่สายหมายเลข 1/เปิด/สายหมายเลข 2 เป็นต้น ในตำแหน่งเปิดจะมีไว้เพื่อไว้ใช้ในการที่จะบำรุงรักษาหรือในกรณีฉุกเฉิน

รูปที่ 31 แสดงสวิตช์ปลดวงจรแบบอากาศชนิด 2 ตำแหน่ง(air interrupter 2 position)

รูปที่ 32 สวิตช์ปลดวงจรชนิดอากาศและทนต่อกระแสลัดวงจรได้สูงและสามารถทำหน้าที่เป็นตัวเลือกระบบสายป้อนได้

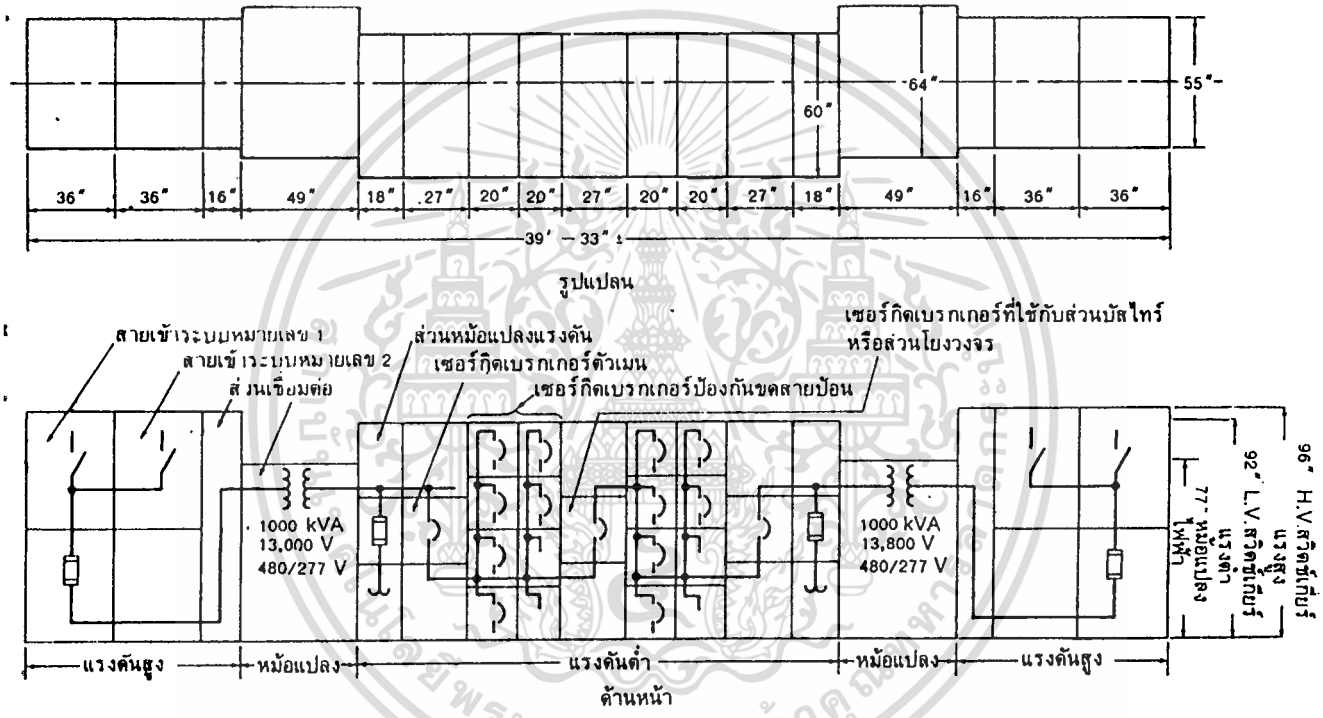
อนึ่งสวิตช์ชนิด 2 ตำแหน่งนี้สวิตช์เลือกระบบแบบนี้จะไม่สามารถทำงานได้เลย เว้นแต่สวิตช์จะถูกสับไปสู่ตำแหน่งเปิดเท่านั้นจึงจะทำงานได้

จากรูปที่ 30 จะเห็นว่ามีอุปกรณ์กับดักฟ้าผ่าประกอบอยู่ด้วย โดยทำการติดตั้งไว้เพื่อที่จะไว้ใช้ป้องกันการกระโชกของฟ้าผ่าที่จะเกิดขึ้นบนสายหรือสายส่งนั้นเอง

2.4.3. สถานีย่อย โดยปกติแล้วสถานีย่อยที่ใช้กับระบบไฟฟ้าน้อยกว่า 600 V แล้ว ภายในสถานีย่อยจะประกอบไปด้วยบัสบาร์ทางด้านเข้าและส่วนของฟิวส์ตลอดจนหม้อแปลงและอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่างๆ เช่น สวิตช์ต่อลงดิน (earthing switch) ของหม้อแปลงที่ทำการติดตั้งไว้ ในกรณีที่ต้องการเปลี่ยนหรือซ่อมแซมต่อเติมหม้อแปลง โดยจะสับตำแหน่งสวิตช์ต่อลงดินลงสู่ตำแหน่งกราวด์เลยหรือรวมไปทั้งมิเตอร์ต่างๆ นอกจากนี้ที่ด้านหน้าของสถานีย่อยอาจจะแสดงวันไลน์ไดอะแกรมหรือมินิคไดอะแกรม(minicdiagram)ลงไปทางด้านหน้าของสถานีย่อยอีกก็ได้ ลักษณะของสถานีย่อยอาจจะเป็นแบบตู้เดียว(single unit)หรืออาจจะเป็นแบบหลายตู้(double ender)ก็ได้ในรูปที่ 33 เป็นรูปที่แสดงลักษณะของสถานีย่อย 2 ตู้



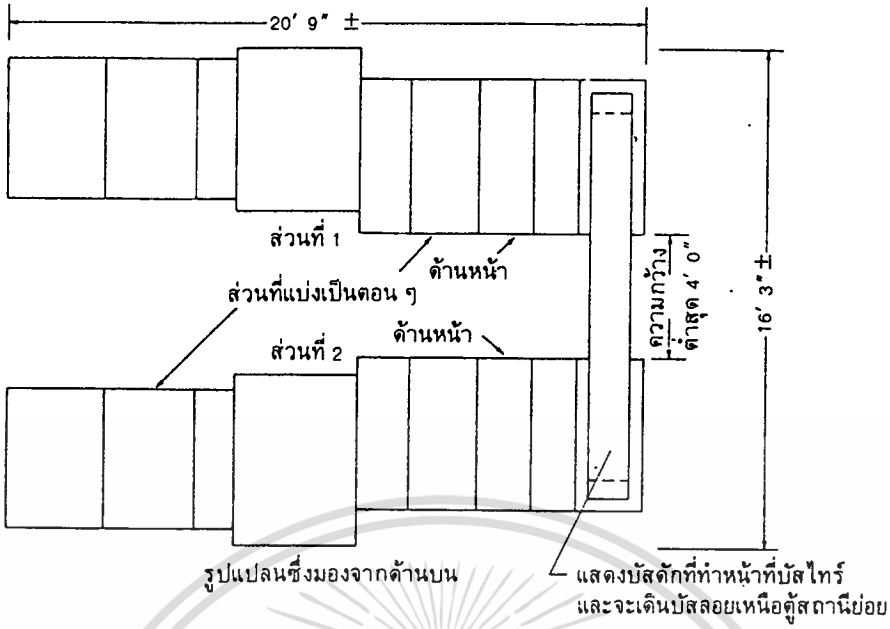
หมายเหตุ สำหรับตู้สวิตช์บอร์ดที่นิยมใช้กันในประเทศไทยจะมีขนาดดังนี้

พิกัดแรงดัน (kv)	ความกว้าง (mm)	ลึก (mm)	สูง (mm)
1	600,800,1000	600,800,1000	2000-2200
6 -24	750	1250	1500, 2250
36	1500	1900	2200

รูปที่ 33 แสดงลักษณะของสถานีไฟฟ้าย่อย 2 ชุดประกอบไปด้วยหม้อแปลง 1000 KVA

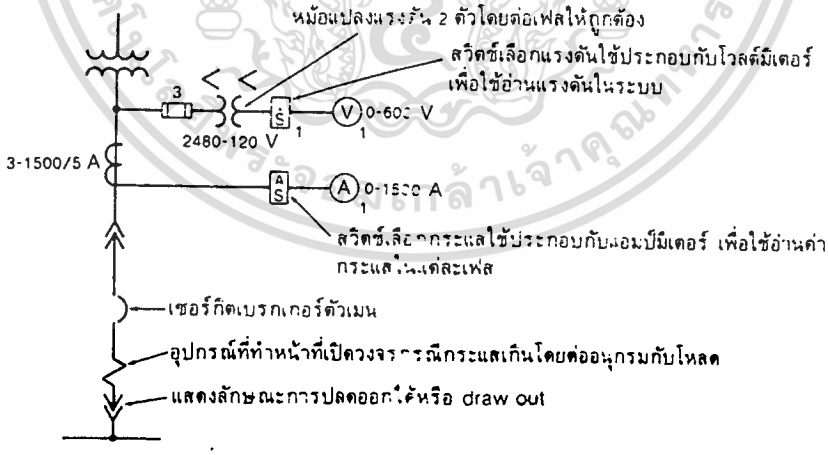
ในกรณีที่สถานีไฟฟ้าย่อยถูกแบบออกเป็น 2 ยูนิต ลักษณะการใช้งานจะต้องมีบัสไทร์(bus tie) ประกอบอยู่ด้วยซึ่งสามารถแสดงไว้ในรูปที่ 34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 34 แสดงสถานีย่อยที่ถูกแบ่งออกเป็นสองส่วน แต่ละส่วนถูกต่อถึงกันด้วยบัสดัก (bus duct)เพื่อทำหน้าที่เป็นบัสไทร์

2.4.4. อุปกรณ์วัดคุมภายในสถานีย่อย จะสามารถแสดงได้ในรูปที่ 35



รูปที่ 35 แสดงอุปกรณ์เครื่องมือวัดในสถานีย่อย

2.4.5. สายป้อนจากสถานีย่อย ระบบไฟฟ้าที่ถูกจ่ายจากสถานีย่อยจะต้องถูกป้องกันโดยเซอร์กิตเบรกเกอร์หรืออุปกรณ์ป้องกันอื่นๆ โดยเซอร์กิตเบรกเกอร์นี้จะถูกต่อเข้ากับเมนบัส ในการออกแบบขนาดของเซอร์กิตเบรกเกอร์จะต้องคำนึงถึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก. โหลดที่ต่อใช้งานอยู่

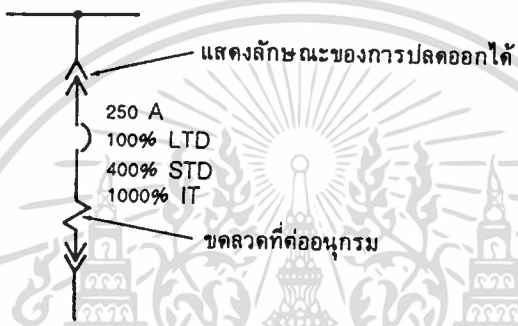
ข. โหลดที่ต้องการขยายในอนาคต

ค. ความยาวของสายป้อน(feeder)

ง. การเลือกเซอร์กิตเบรกเกอร์ตัวเดียวหรือเซอร์กิตเบรกเกอร์หลายตัวมา ประกอบกัน

จ. การเกิดลัดวงจร

จากวันไลน์ไดอะแกรมในรูปที่ 24 นั้น เซอร์กิตเบรกเกอร์ทุกตัวจะใช้ขนาดเฟรม 600 A และมีค่าพิกัดการทนกระแสลัดวงจรสูงสุด(I.C)=35 KA ที่480V หรือตัวอย่างในรูปที่ 36 จะเป็นเซอร์กิตเบรกเกอร์ 250 AT ส่วนสัญลักษณ์รูปตัว ζ ของรูปที่ 36 นั้นหมายถึงเป็นขวดลวดที่ต่ออนุกรม(series coil)ที่ใช้ในการทริป กรณีที่เกิดกระแสเกินมากกว่า 250 A



รูปที่ 36 แสดงชนิดแบบสัญลักษณ์ของ ACB พร้อมทั้งแสดงสัญลักษณ์ของ series ชนิด trip

นอกจากนี้จะเห็นได้ว่าเซอร์กิตเบรกเกอร์ในรูปที่ 36 ยังมีคุณสมบัติในการทริปอีกหลายประการ เช่น

100% LTD หมายถึงการปรับค่าพิคอัพ %(pick up) โดยจะเป็นค่าเปอร์เซ็นต์ของ อุปกรณ์พิคอัพแบบหน่วงเวลานาน

400% STD หมายถึงการปรับค่าพิคอัพโดยจะเป็นค่าเปอร์เซ็นต์ของอุปกรณ์พิคอัพแบบหน่วงเวลาสั้น

1000% IT หมายถึงการปรับค่าพิคอัพโดยจะเป็นค่าเปอร์เซ็นต์ของอุปกรณ์พิคอัพแบบทันทีทันใด

2.4.6. ศูนย์กลางกำลัง อาจจะหมายถึงแผงย่อย(panel board) ก็ได้ โดยภายในศูนย์กลางกำลังจะประกอบด้วยเซอร์กิตเบรกเกอร์และอุปกรณ์ป้องกันชนิดอื่นๆ เพื่อใช้สำหรับป้องกันสายป้อนย่อยที่จะถูกจ่ายมาจากศูนย์กลางกำลัง ข้อมูลต่างๆที่บรรจุลงแผงย่อยนี้จะถูกเรียกว่า รายการแผงย่อย (panel schedule) ซึ่งแสดงไว้ในตารางที่ 7 จะเห็นได้ว่าศูนย์กลางกำลังเป็นแบบที่ใช้กับระบบไฟฟ้า 208/120 V 3ϕ 4 W และจะจ่ายระบบไฟฟ้าให้แก่แผงย่อยแสงสว่าง(lighting panel board) อีกหลายชุด การที่ให้ชื่อแผงย่อยแสงสว่างก็เพื่อสะดวกในการใช้งาน อาจจะกำหนดชื่ออย่างไรก็ได้ แต่ส่วนมากจะนิยมตั้งชื่อตามทำเลที่ตั้ง และลักษณะของการนำไปใช้งาน เช่น LL-3 อาจหมายถึงแผงย่อยแสงสว่างสำหรับห้องรับแขก หรือ LLM-1 จะหมายถึงแผงย่อยแสงสว่างสำหรับชั้นลอย เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้น

ตารางที่ 7 แสดงรายการแผงย่อยสำหรับศูนย์กลางกำลังหมายเลข 1

powercenter No.1 Lower mezza 208/120V 3PH 4W elec equipt.room							
Bkr No.	pole	Frame (A)	Trip (A)	Designation	Load (W) OA	OB	OC
1	3	225	70	Spare			
2	3	225	70	Spare			
3	3	225	70	Panel LL-3	6,000	6,30	6,30
4	3	225	70	13.2 kv switchgear		0	0
5	3	225	150	Panel LC-1	8,925		
6	3	225	150	Panel LL-1	8,800	8,55	8,50
7	3	100	90	Panel LLM-1	4,500	0	0
8	3	100	70	Panel LUM-1	1,200	800	1,20
						4,25	0
						0	3,10
						1,50	0
						0	1,50
							0

2.4.7. แผงย่อยแสงสว่าง แผงย่อยแสงสว่างอาจจะเป็นแผงย่อยที่รับระบบไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายที่ชื่อว่า แผงย่อยที่เป็นศูนย์กลางกำลัง(power center panel board) ก็ได้ ซึ่งถ้าเป็นกรณีนี้แผงย่อยที่เป็นศูนย์กลางกำลังก็ได้แสดงวันไลน์ไดอะแกรมไว้แล้ว ลักษณะรายการของแผงย่อยแสงสว่าง(lighting panel board schedule) สามารถแสดงได้ในตารางที่ 8

นอกจากนี้ยังจะเห็นหรือแสดงความแตกต่างของแผงย่อยที่เป็นศูนย์กลางกำลังและแผงย่อยแสงสว่างคือ เซอร์กิตเบรกเกอร์ที่ติดตั้งที่แผงย่อยแสงสว่างจะเป็นชนิด 1 ขั้ว และจะต่อกับเมนบัสเฉพาะเมนบัสใดเมนบัสหนึ่ง ส่วนเซอร์กิตเบรกเกอร์ในแผงย่อยที่เป็นศูนย์กลางกำลังจะเป็นชนิด 3 ขั้ว และเซอร์กิตเบรกเกอร์จะต่ออยู่กับเมนบัสทั้งสามเมนบัส

จากที่กล่าวถึงลักษณะของเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่ติดตั้งในแผงย่อยแสงสว่างไปแล้วนั้น จะสามารถแสดงแผนภาพของการติดตั้งในรูปที่ 37

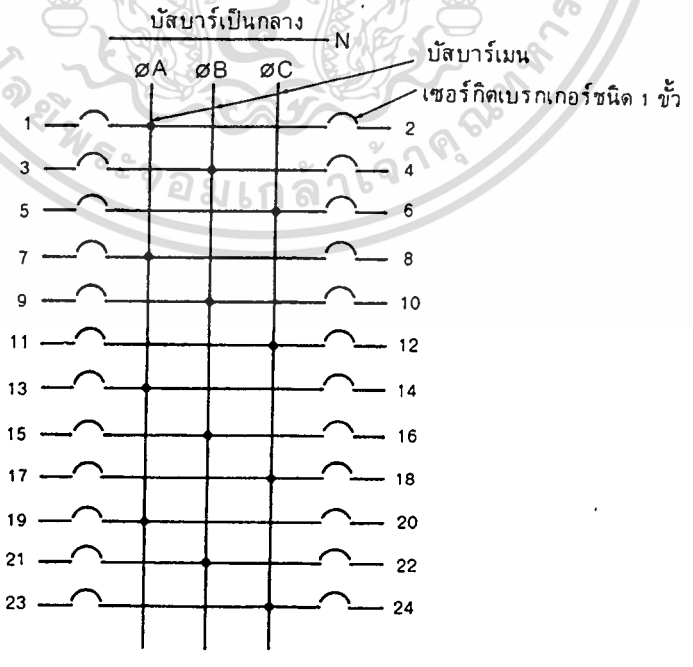
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 8 แสดงรายการของแผงย่อยแสงสว่าง

No. LL3 Location: LOBBY WEST CORE

208/120 V, 3 PH., 4 W 100 A Mains, 100 A solid neutral; Grd. bus
10,000 A AIC Bkrs. @ 120 V; Surface mtg. - Flush mtg.

Designation	Load (W)	No out-lets	Ckt. bkr. Trip	Ckt. bkr. No.	Phase	Ckt. bkr. No.	Ckt. bkr. Trip	No out-lets	Load (W)	
CANOPY LIGHTING	1,200	4	20	1	A	2	20	4	1,200	CANOPY LIGHTING
	1,200	4		3	B	4		4	1,200	
	1,200	4		5	C	6		4	1,200	
	1,200	4		7	A	8		4	1,200	
	1,500	5		9	B	10		4	1,200	
	1,500	5		11	C	12		4	1,200	
	1,200	4		13	A	14				SPARE
	1,200	4		15	B	16				
	1,200	4		17	C	18				
SPARE				19	A	20				
				21	B	22				
				23	C	24				



รูปที่ 37 แสดงแผนภาพของแผงย่อยแสงสว่าง

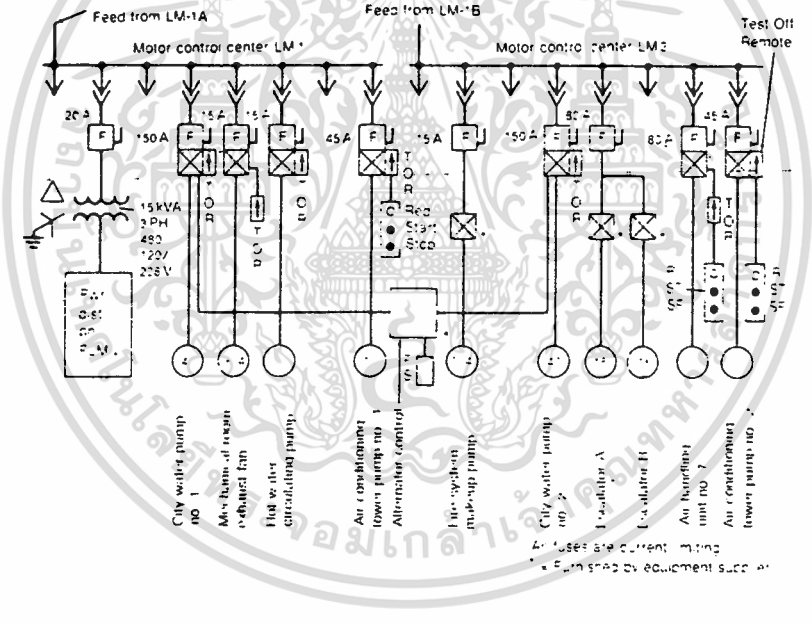
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ในรูปที่ 37 ยังจะเห็นได้อีกต่อไปว่าจะสอดคล้องกับตารางที่ 8 กล่าวคือวงจรที่ 1 และวงจรที่ 2 จะต่ออยู่กับเฟส A ส่วนวงจรที่ 3 และวงจรที่ 4 จะต่ออยู่กับเฟส B และวงจรที่ 5 และวงจรที่ 6 จะต่ออยู่กับเฟส C

2.4.8. ศูนย์กลางควบคุมมอเตอร์ (MCC) mcc นี้โดยส่วนมากแล้วจะคล้ายกับสถานีย่อย กล่าวคือจะเป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้าให้กับมอเตอร์หรือกลุ่มของมอเตอร์ ดังเช่น MCC LM-1 และ MCC LM-2 ของรูปที่ 38

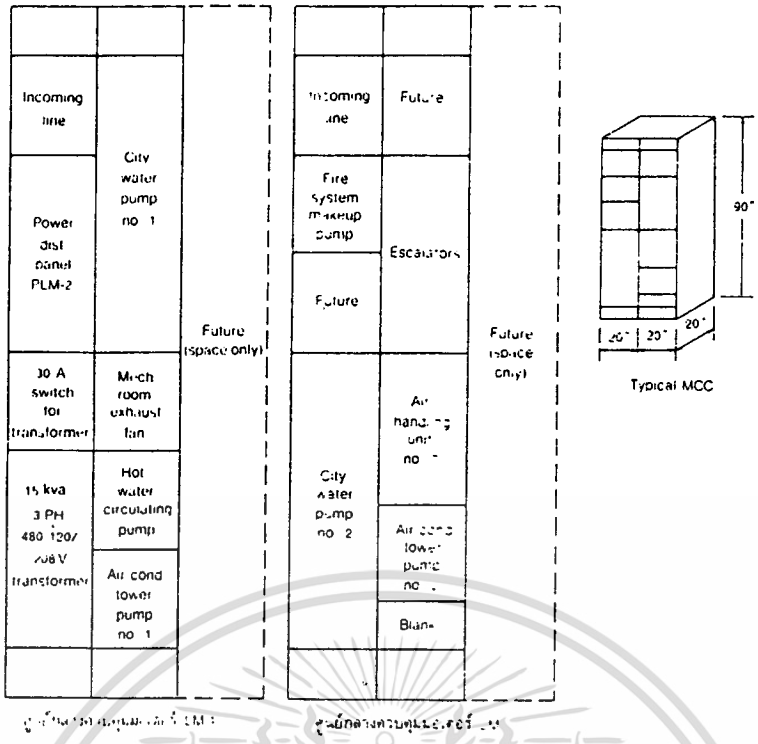
จากที่ได้กล่าวมาแล้วว่า MCC นี้จะมีส่วนคล้ายๆกับสถานีย่อย ดังนั้นตู้ควบคุม MCC ก็จะมีลักษณะคล้ายกับสถานีย่อยและสามารถแสดงได้ในรูปที่ 39

โดยปกติส่วนมากแล้วตำแหน่งที่ติดตั้งของ MCC ควรที่จะอยู่ในตำแหน่งที่สามารถทำงานได้สะดวก เพราะว่าวงจรย่อยแต่ละวงจรที่ไปยังมอเตอร์ต่างๆจะต้องเริ่มต้นจาก MCC เสมอ



รูปที่ 38 แสดงวันไลน์ไดอะแกรมของ MCC LM 1 และ LM 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

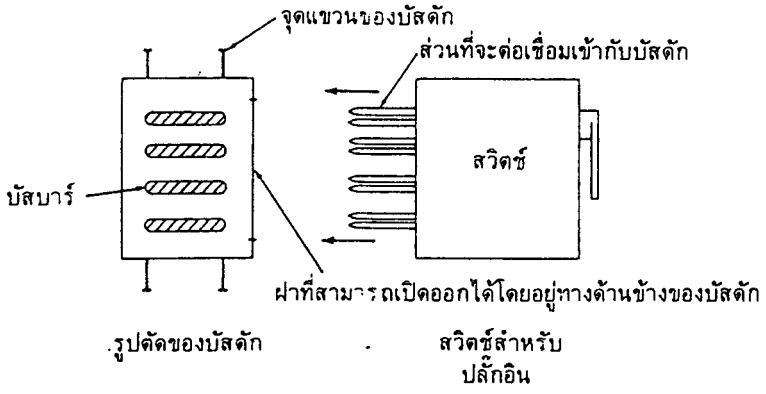


รูปที่ 39 แสดงตัวอย่างภาพตัดด้านหน้าของ MCC

2.4.9. ปลั๊ก-อิน บัสดัก ในระบบไฟฟ้าที่จะจ่ายขึ้นไปยังชั้นสูงลงมายังชั้นล่างก็ตามอาจจะนิยมใช้บัสดักเข้ามาใช้งาน ดังนั้นถ้าจะนำเอาบัสดักมาใช้งานแล้วจึงควรที่จะมีความสะดวกสบายในการทำงานและทางบริษัทผู้ผลิตบัสดักก็ได้อำนวยความสะดวกดังกล่าวแล้วโดยจะเป็นการปลั๊ก-อิน(plug-in) ออกจากบัสดัก

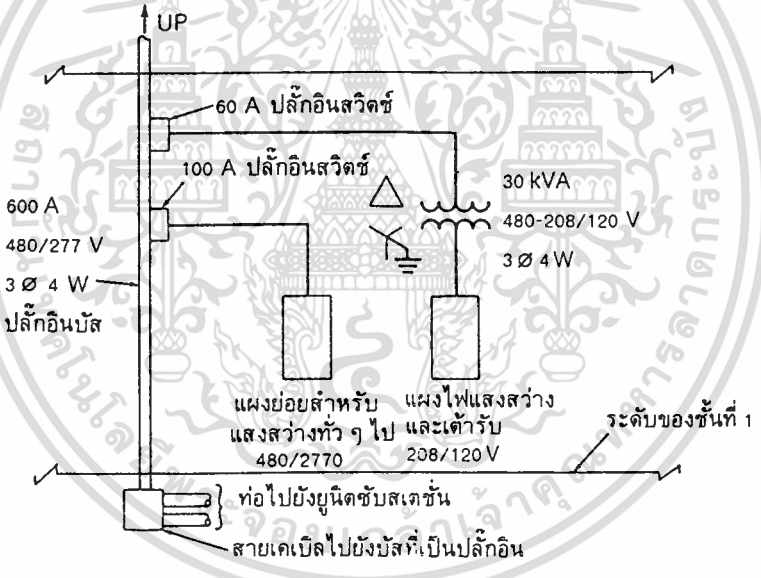
การปลั๊ก-อินบัสดักเพื่ออำนวยความสะดวกนั้น โดยปกติแล้วปลั๊ก-อินบัสดักจะทำมาจากทองแดงหรืออลูมิเนียมบัสดักจะมีการจับยึดบัสบาร์เหล่านี้อย่างดีโดยใช้ฉนวนจับยึด นอกจากนี้ยังจะมีภาชนะ(metal housing) ห่อหุ้มเป็นอย่างดี โดยปกติความยาวของบัสดักจะมีความยาวประมาณ 10 ฟุต และในกรณีที่ต้องการติดตั้งเป็นระยะทางยาวมากๆ แล้ว ก็จะสามารถต่อบัสดักได้อย่างสะดวก ปกติพิกัดของกระแสบัสดักจะมีพิกัดตั้งแต่ 225 A จนถึง 5000 A ข้อดีหรือข้อได้เปรียบของบัสดักคือจะทำงานและติดตั้งได้อย่างสะดวกไม่ว่าจะเป็นรูปแบบของงานใดๆ โดยอาจจะใช้อุปกรณ์อื่นๆ ช่วย เช่น elbow, tees, crosses และเมื่อจะนำเอาระบบไฟฟ้ามาใช้จากบัสดักทางบริษัทผู้ผลิตจะผลิตอุปกรณ์ที่จะปลั๊ก-อินเรียบร้อยแล้วซึ่งจะสามารถนำมาใช้ได้เลย โดยสะดวกและปลอดภัยอย่างมากซึ่งสามารถแสดงได้ในรูปที่ 40 พิกัดกระแสของบัสดักที่เป็นมาตราฐานจะเป็นดังนี้คือ 100,225,400,600,800,1000,1350,1600,2000,2500,3000,4000,5000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 40 แสดงการใช้ปลั๊กสวิตช์เข้ากับปลั๊กอินบัสดัก

จากรูปที่ 29 นี้จะเห็นได้ว่าจะมีการจ่ายระบบไฟฟ้าจากชั้นบนลงมาสู่ชั้นล่างและจากชั้นล่างจ่ายขึ้นสู่ชั้นบน ในกรณีที่การแจกจ่ายระบบไฟฟ้าที่ใช้บัสดักนี้ถ้าต้องการนำเอาระบบไฟฟ้าออกมาใช้จากบัสดัก สามารถแท็ปออกมาบัสดักได้สะดวก เช่น ในกรณีที่แสดงไว้ในรูปที่ 41



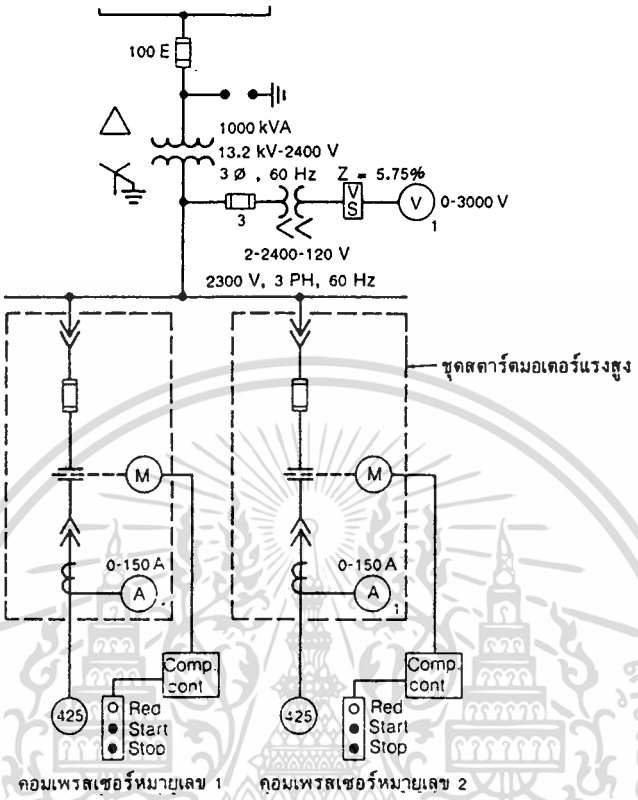
รูปที่ 41 แสดงแผนภาพของการจะปลั๊กกิ้งในบัสดักเพื่อจะนำไปใช้งาน

2.4.10. สถานีย่อยสำหรับใช้กับแรงดันไฟฟ้ามากกว่า 600 V ในบางกรณีโหลดที่เป็นมอเตอร์ขนาดใหญ่ๆ เช่น มอเตอร์ในระบบของแอร์ที่นำมาเป็นคอมเพรสเซอร์หรือ chiller ซึ่งใช้ในอาคารใหญ่ๆ นั้นอาจมีขนาดถึง 425 HP ซึ่งถ้านำมอเตอร์ขนาดนี้มาใช้กับไฟฟ้าแรงดันต่ำแล้ว ค่าใช้จ่ายในการทำงานของมอเตอร์ก็จะมีค่าสูงมาก แต่ถ้าใช้จ่ายกับระบบไฟฟ้าที่มีขนาดแรงดันไฟฟ้าสูง เช่น 2300 V แล้ว ค่าใช้จ่ายจะถูกลงกว่าใช้กับระบบไฟฟ้า 480 V 3ϕ มาก

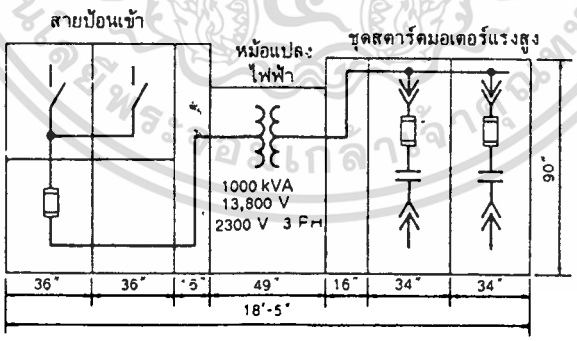
ดังนั้นในอาคารชุดดังกล่าวจึงจะจ่ายระบบไฟฟ้าให้แก่ chiller เป็นแรงดันไฟฟ้าที่มีขนาด 2400 V โดยจะต้องมีสถานีย่อยตั้งอยู่ภายในห้องอุปกรณ์บนชั้นติดหลังคาซึ่งวันไลน์ไดอะแกรมของอุปกรณ์ที่ใช้สามารถแสดงได้ในรูปที่ 42 และด้านหน้าของสถานีย่อยที่ใช้สำหรับสตาร์ตมอเตอร์โดยใช้

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบแรงดันไฟฟ้าสูงนั้น สามารถแสดงได้ในรูปที่ 43 ซึ่งการสตาร์ตมอเตอร์จะต้องมีฟิวส์แรงสูง (high voltage fuse) และอุปกรณ์ควบคุมอื่นๆอีกโดยจะทำการติดตั้งอยู่ภายในตู้และมักจะนิยมใช้อุปกรณ์เป็นแบบดรอเอาร์ (draw out) ทั้งนี้เพื่อความสะดวกในการซ่อมแซมและดูแลรักษาอีกด้วย



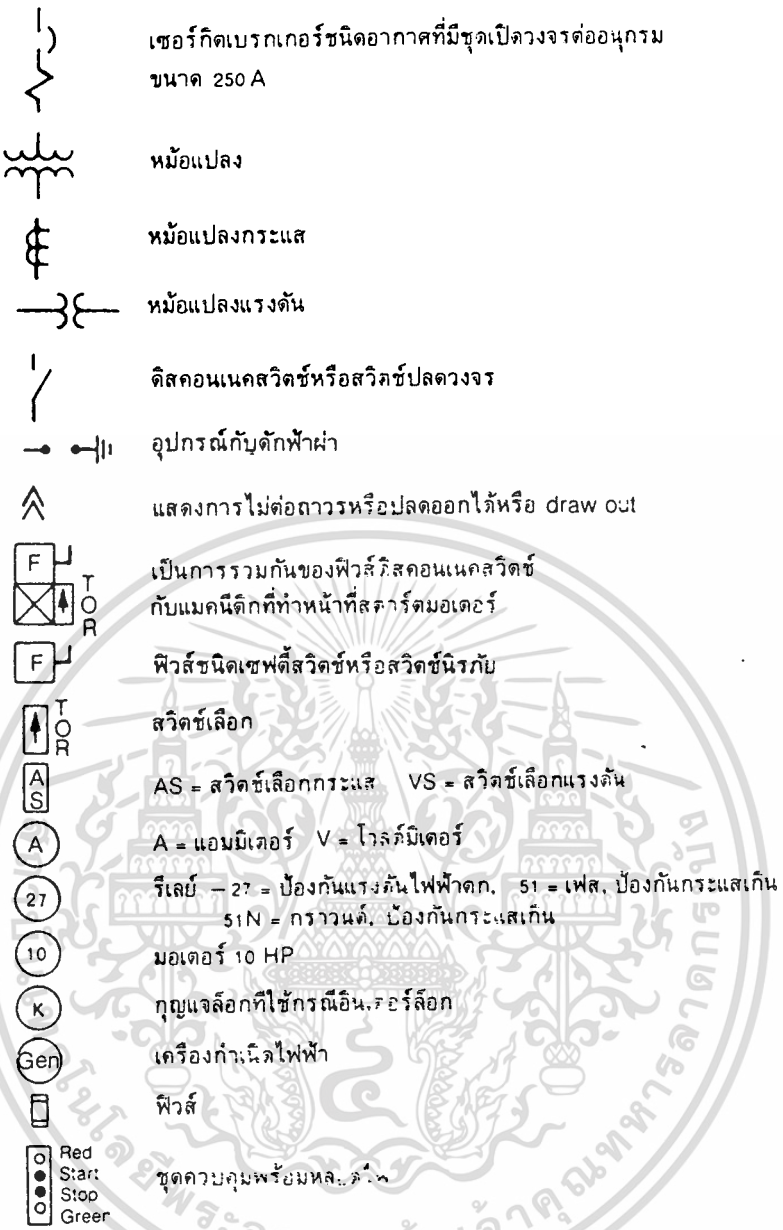
รูปที่ 42 แสดงวันไลน์ไดอะแกรมของสถานีย่อยและชุดสตาร์ตมอเตอร์แรงสูงสำหรับคอมเพรสเซอร์ของแอร์



รูปที่ 43 แสดงด้านหน้าและวันไลน์ไดอะแกรมของสถานีย่อยและชุดสตาร์ตมอเตอร์แรงสูง

2.4.11. สัญลักษณ์ที่ใช้ เป็นการแสดงสัญลักษณ์ที่ใช้แทนอุปกรณ์เพื่อที่จะเขียนลงในแบบที่ทำการออกแบบทั้งหมด ซึ่งสัญลักษณ์จะสามารถแสดงได้ในรูปที่ 44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

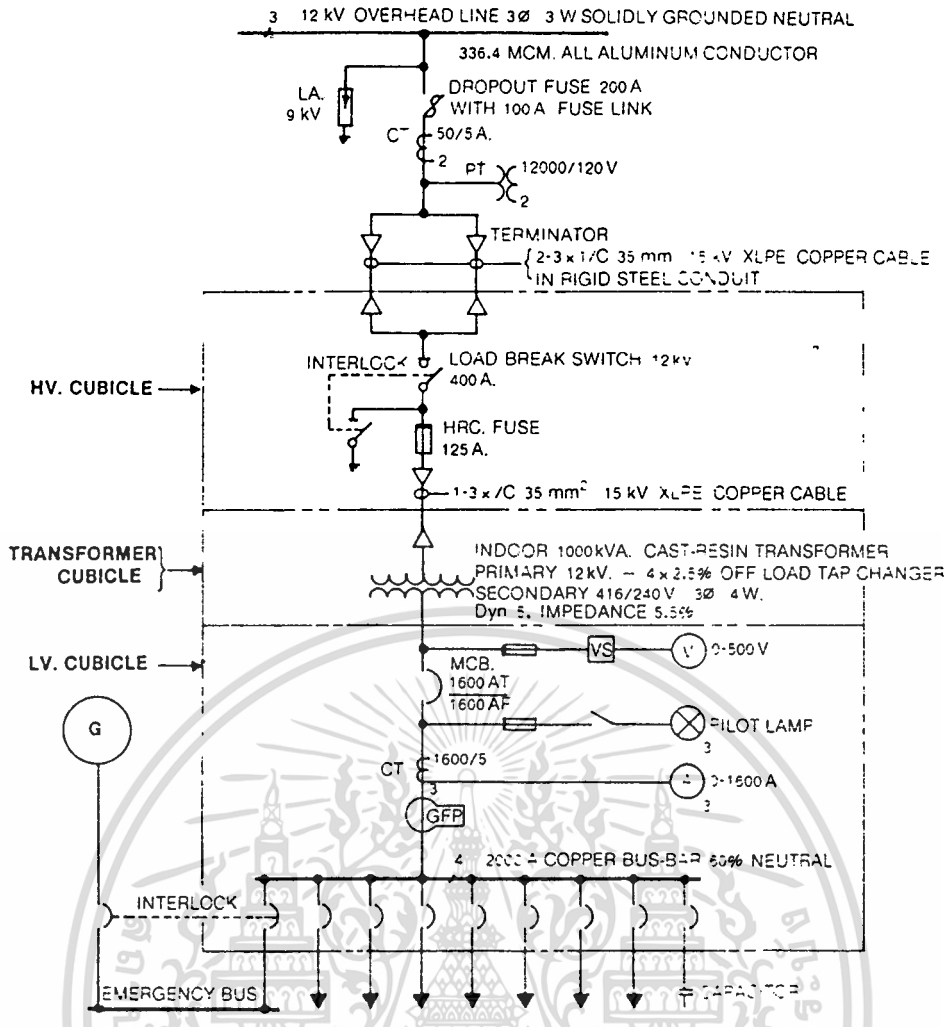


รูปที่ 44 แสดงสัญลักษณ์ของอุปกรณ์ที่ใช้เขียนวันไลน์ไดอะแกรมของอาคารที่ทำการ

2.5 ข้อแนะนำในการเขียนวันไลน์ไดอะแกรมด้านอินพุตที่เข้าสู่ระบบในประเทศไทย

ความหมายของคำว่าแรงดันไฟฟ้าสูงภายในประเทศไทย ถ้าจะไม่พิจารณาถึงการแบ่งระดับแรงดันไฟฟ้าในหัวข้อที่ 2.9 และพิจารณาเฉพาะแรงดันไฟฟ้าที่ใช้กันอยู่ในเขตของการไฟฟ้านครหลวงและการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคแล้วนั้น แรงดันไฟฟ้าสูงจะหมายถึงแรงดันไฟฟ้าที่อยู่ระหว่าง 1 ถึง 35 KV และเนื่องจากคำที่พูดกันตลอดเวลาถึงค่าแรงดันไฟฟ้าสูงสำหรับในเขตของการไฟฟ้านครหลวงและการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเป็นคำพูดที่พูดกันติดปาก ดังนั้นเฉพาะในหัวข้อนี้ถ้ากล่าวคำว่าแรงดันไฟฟ้าสูงก็จะหมายถึงแรงดันไฟฟ้าที่อยู่ระหว่าง 1ถึง 35 KV นั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 45 แสดงลักษณะวันไลน์ไดอะแกรม

จากวันไลน์ไดอะแกรมในรูปที่ 45 นั้นจะประกอบด้วยโหลด การเลือกขนาดของหม้อแปลง ตำแหน่งของหม้อแปลง การเลือกขนาดสาย จำนวนของท่อที่จะร้อยสาย ตู้สวิตซ์บอร์ดของไฟแรงสูง (HV. Cubicles) ซึ่งจะสามารถศึกษาได้ดังต่อไปนี้คือ

1. การเลือกขนาดของหม้อแปลง จากรูปที่ 45 จะเห็นได้ชัดเจนว่าการที่จะเลือกขนาดของหม้อแปลงจะต้องพิจารณาถึงชนิดของการติดตั้งว่าจะติดตั้งไว้ภายใน หรือภายนอกอาคารส่วนขนาดของหม้อแปลงจะสามารถเลือกได้ 2 ลักษณะด้วยกัน เช่น ในกรณีตามมาตราฐาน ANSI (American National Standards Institute) ขนาดของหม้อแปลงก็จะมีขนาด 15, 30,45, 75, 112.5, 150, 225, 300, 500, 750, 1000, 1500 kVA แต่ถ้าเป็นมาตราฐานของ IEC (International Electrotechnical Commission) ขนาดของหม้อแปลงก็จะมีขนาด 5, 6.3, 8, 10, 12.5, 16, 20, 31.5, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 315, 400, 500, 630, 800, 1000 kVA

2. ตำแหน่งของการติดตั้งหม้อแปลง ซึ่งการพิจารณาถึงตำแหน่งของหม้อแปลงจะเป็นการช่วยลดค่าสูญเสียของพลังงาน และจะลดค่าใช้จ่ายที่จะเกิดขึ้นในตัวนำของช่วงแรงดันไฟฟ้าต่ำนั่นเอง ในทางปฏิบัติการติดตั้งหม้อแปลงจะพยายามติดตั้งไว้ใกล้ๆกับตำแหน่งที่มีโหลดขนาดใหญ่ๆ

3. การเลือกขนาดของสายตัวนำ จะสามารถหาได้จากการคำนวนกระแส เช่นทางด้านปฐมภูมิหม้อแปลงจะมีค่ากระแสเท่ากับ $1000/\sqrt{3}*10.8=53.45$ A ซึ่งในช่วงนี้ก็จะใช้สาย XLPE เป็นตัว

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำ และมีค่ากระแสมากกว่า 53.45 A

4. จำนวนของท่อร้อยสายไฟ เนื่องจากต้องการให้มีการใช้งานที่ยาวนาน ปลอดภัย และปัจจัยอื่นๆ จึงต้องทำการร้อยสายไฟในท่อ ซึ่งโดยปกติทั่วๆไปจะทำการวางท่อสำรองไว้ด้วย

5. ตู้แรงสูง(HV. Cubicles) ซึ่งจะนิยมใช้อยู่ 2 ชนิดคือ ชนิดตู้โลหะหุ้มอุปกรณ์ไฟฟ้า (metal enclosed) และชนิด metal clad และในตู้แรงสูงนี้จะมีโหลดเบรกสวิตช์และมีฟิวส์ประกอบติดตั้งอยู่ ในกรณีที่ตู้แรงสูงจะทำการติดตั้งเซอร์กิตเบรกเกอร์เพื่อเป็นอุปกรณ์ป้องกันนั้น ส่วนมากแล้วจะติดตั้งเมื่อขนาดของหม้อแปลงมากกว่า 2000 kVA ทั้งนี้เนื่องจากกระแสที่ไหลในแต่ละเฟสจะมีขนาดที่สูงมากซึ่งจะเป็นอันตรายสำหรับโหลดเบรกสวิตช์ และนอกจากนี้อุปกรณ์ทุกอย่างที่ที่บรรจุอยู่ในตู้แรงสูงจะต้องสามารถทนทานต่อกระแสผิดปกติที่จะเกิดขึ้นและแรงดันไฟฟ้าที่อาจจะมากขึ้นได้ ในกรณีที่ติดตั้งโหลดเบรกสวิตช์ไว้เพื่อป้องกันระบบไฟฟ้า และโหลดเบรกสวิตช์นี้ก็นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย จึงมีตารางที่กำหนดโดย IEC โดยตารางนี้เป็นตารางที่ใช้ในการติดตั้งโหลดเบรกสวิตช์ซึ่งจะพิจารณาได้จากตารางที่ 9

พิกัดแรงดันไฟฟ้า (kV)	พิกัดกระแสปกติ (A)	พิกัดกระแสในช่วงเวลาสั้น (kA)	พิกัดขนาดแรงดันสูงสุดเมื่อลัดวงจร (kV)	พิกัดขนาดกระแสออฟโหลดเบรกกิ้งของหม้อแปลง (A, RMS)	พิกัดไลน์ชาร์จิ้งเบรกกิ้งคาพาซิเตอร์ (A, RMS)	พิกัดเคเบิลชาร์จจิ้งเบรกกิ้งคาพาซิเตอร์ (A, RMS)
12	200	10	25	6.3	2.5	10
	400	16	40	6.3	2.5	10
	630	20	50	10	2.5	10
17.5	200	10	25	6.3	2.5	10
	400	16	40	10	2.5	10
	630	20	50	16	2.5	10
24	200	10	25	6.3	4	25
	400	16	40	10	4	25
	630	16	40	16	4	25
36	200	10	25	6.3	6.3	40
	400	10	25	10	6.3	40
	400	10	25	10	6.3	40
	400	16	40	16	6.3	40
	630	16	40	16	6.3	40

ตารางที่ 9

หมายเหตุ ในวันไลน์ไดอะเกรม โหลดเบรกสวิตช์ 400A จะใช้ป้องกันกระแสลัดวงจรที่เกิดขึ้นในระบบไฟฟ้า 16 Kv

6. การเลือกกับดักฟ้าผ่า (lightning arrester selection) เนื่องจากกับดักฟ้าผ่าจะใช้ในกรณีที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะป้องกันอันตรายที่จะเกิดกับอุปกรณ์ต่างๆ อันเนื่องมาจาก surge voltage และแรงดันไฟฟ้าที่มากกว่าปกติอันอาจจะเกิดขึ้นได้ในระบบไฟฟ้า ดังนั้นการเลือกกับดักฟ้าผ่าจะพิจารณาได้จากแรงดันไฟฟ้านั่นเอง โดยที่

ระบบแรงดันไฟฟ้า (kV)	11	12	22	24	33
พิกัดของกับดักฟ้าผ่า (kV)	9	9	21	21	30

7. dropout fuse ซึ่งในปกติไม่สามารถใช้ในอาคารได้แต่จะใช้ภายนอกอาคารแทนโดยจะมีหน้าที่ตัดวงจรออกพิกัดทั่วๆไปของ dropout fuse จะมีดังนี้คือ 6 A, 10 A, 15 A, 40 A, 65 A, 100 A, 140 A และ 200 A ในกรณีที่มีค่ากระแสไฟฟ้าสูงมากจะนิยมใช้แบบ non-expulsion โดยจะมีพิกัด 250 A, 300 A และ 400 A และระบบแรงดันไฟฟ้าที่สูงถึง 33 Kv ค่ากระแสสูงสุดจะมีค่า 400 A

8. หม้อแปลงกระแส ในระบบแรงดันไฟฟ้าสูงอัตราส่วนของกระแสที่ใช้จะมีค่า 10/5, 15/5, 25/5, 50/5, 100/5, 200/5, 300/5, 400/5 และถ้าจะนำหม้อแปลงกระแสไปใช้ร่วมกับอุปกรณ์เครื่องมือวัด หม้อแปลงกระแสที่ใช้ควรจะอยู่ใน class 1 แต่ถ้าไปใช้กับอุปกรณ์ป้องกันหม้อแปลงกระแสที่ใช้ควรจะอยู่ใน class 5P10

9. หม้อแปลงแรงดัน ในระบบแรงดันไฟฟ้าสูงอัตราส่วนของแรงดันจะสามารถพิจารณาได้จาก

แรงดันไฟฟ้า (kV)	11	12	22	24	33
อัตราส่วนแรงดัน	11000/110	12000/120	22000/110	24000/120	33000/110

10. ฟิวส์แบบ HRC (high rupturing capacity fuse) จะสามารถเลือกพิกัดของฟิวส์นี้ได้จากตารางที่ 10 และตารางที่ 11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 10

การเลือกเพาเวอร์ฟิวส์ ผลิตภัณฑ์มาตราฐาน ANSI

ระบบแรงดัน(kV)		11.5				12			
หม้อแปลง		กระแสพิกัด	ขนาดฟิวส์			กระแสปกติ	ขนาดฟิวส์		
kVa	Imp		ต่ำสุด	133%	สูงสุด		ต่ำสุด	133%	สูงสุด
112.5	4.5	5.7	10E	10E	10E	5.7	10E	10E	10E
150	4.5	7.5	10E	10E	15E	7	10E	10E	15E
225	4.5	11.3	15E	15E	25E	10.8	15E	15E	20E
300	5.0	15.1	20E	20E	30E	14.4	20E	20E	30E
500	5.0	25.1	30E	40E	50E	24	30E	40E	50E
750	5.75	37.7	50E	50E	80E	36	40E	50E	80E
1000	8.0	50.3	65E	80E	80E	48	65E	65E	80E
1000	5.75	50.3	65E	80E	100E	48	65E	65E	100E
1500	5.75	75.4	100E	100E	125E	72	80E	100E	125E
2000	5.75	101	125E	150E	150E	96	125E	150E	150E
2500	5.75	126	125E	200E	200E	120	150E	200E	200E
3000	5.75	151	200E	200E	200E	144	200E	200E	200E

ตารางที่ 11 การเลือก HRC ฟิวส์ ผลิตภัณฑ์ของ SIBA HV และเป็นไปตามมาตราฐาน IEC

ขนาดของหม้อแปลง	10/12 kV.		20/24 kV.		30/36 kV.	
	พิกัดไส้ฟิวส์					
	ต่ำสุด A.	สูงสุด A.	ต่ำสุด A.	สูงสุด A.	ต่ำสุด A.	สูงสุด A.
50	6	16	4	6	3	6
75	10	25	5	10	4	6
100	16	30	6	20	6	10
125	16	40	10	20	6	10
160	20	50	10	25	10	16
200	25	63	16	30	10	20
250	30	50	16	25	10	20
315	40	75	20	40	16	25
400	50	100	25	40	16	30
500	63	100	30	50	20	40
630	75	125	40	63	25	50
800	100	160	50	100	50	63
1000	125	200	63	125	40	63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ : หม้อแปลงพิกัด< 200 KVA %z =4

หม้อแปลงพิกัด> 200 KVA %z =6

11. ระดับแรงดันไฟฟ้า เนื่องจากแรงดันไฟฟ้าสูงในประเทศไทยมีอยู่ด้วยกัน ระดับแต่แรงดันไฟฟ้าสูงทั้งหมดก็จะต้องแปลงลงมาสู่แรงดันไฟฟ้าต่ำ ทั้งนี้เพื่อที่จะจ่ายให้แก่โหลด ซึ่งโหลดอาจจะปริมาณต่างๆกัน ดังนั้นการปรับระดับแรงดันจึงมีความจำเป็น เช่น ที่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคการปรับแท็ปของหม้อแปลงจะมีค่าที่ 11 KV+5%, 22 KV+5%, 33KV+5% แต่ในเขตการจ่ายไฟของการไฟฟ้านครหลวงการปรับแท็ปของหม้อแปลงจะมีค่าคงนี้

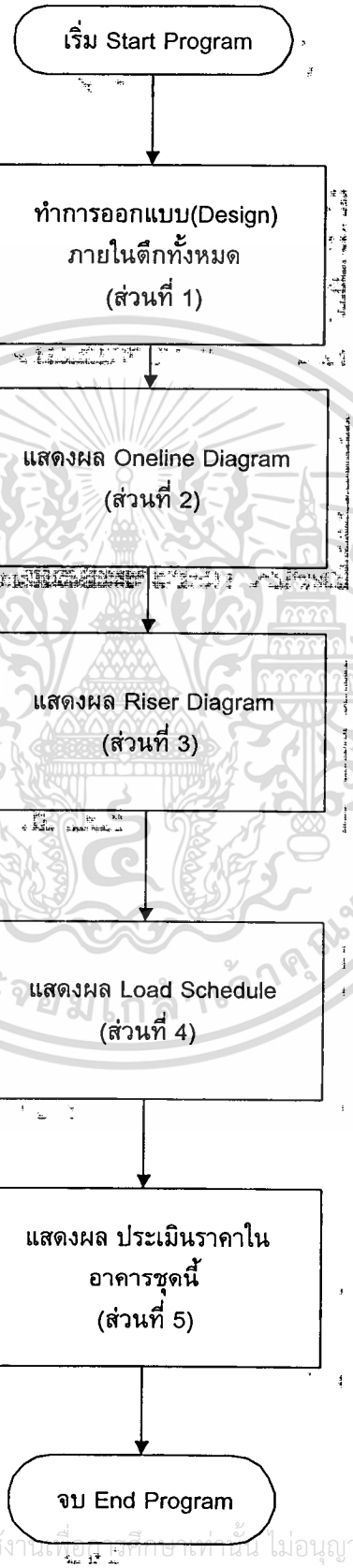
แรงดันไฟฟ้า (KV)	11	12	22	24	33
การปรับแท็ปของหม้อแปลง 5 แท็ป (KV)	11±2×2.5%	12-4×2.5%	22±2×2.5%	24-4×2.5%	33±2×2.5%

ตารางที่ 12 แสดงการปรับแท็ปของหม้อแปลง

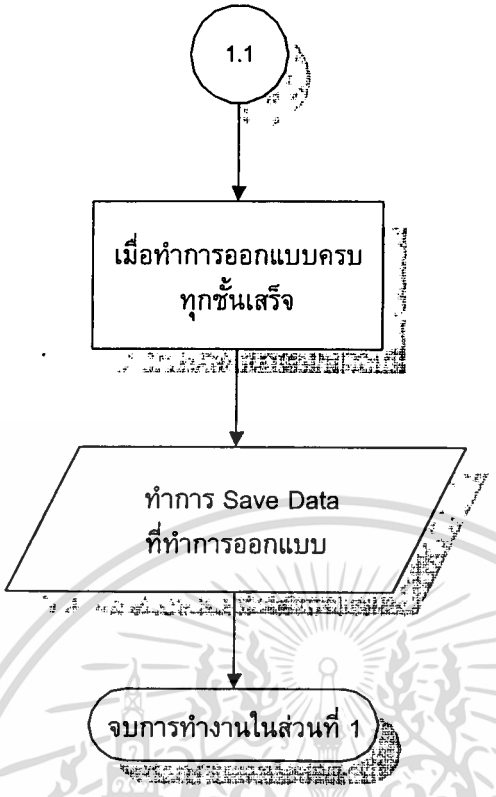
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FlowChart

แสดงผลการทำงานโดยรวมของโปรแกรม

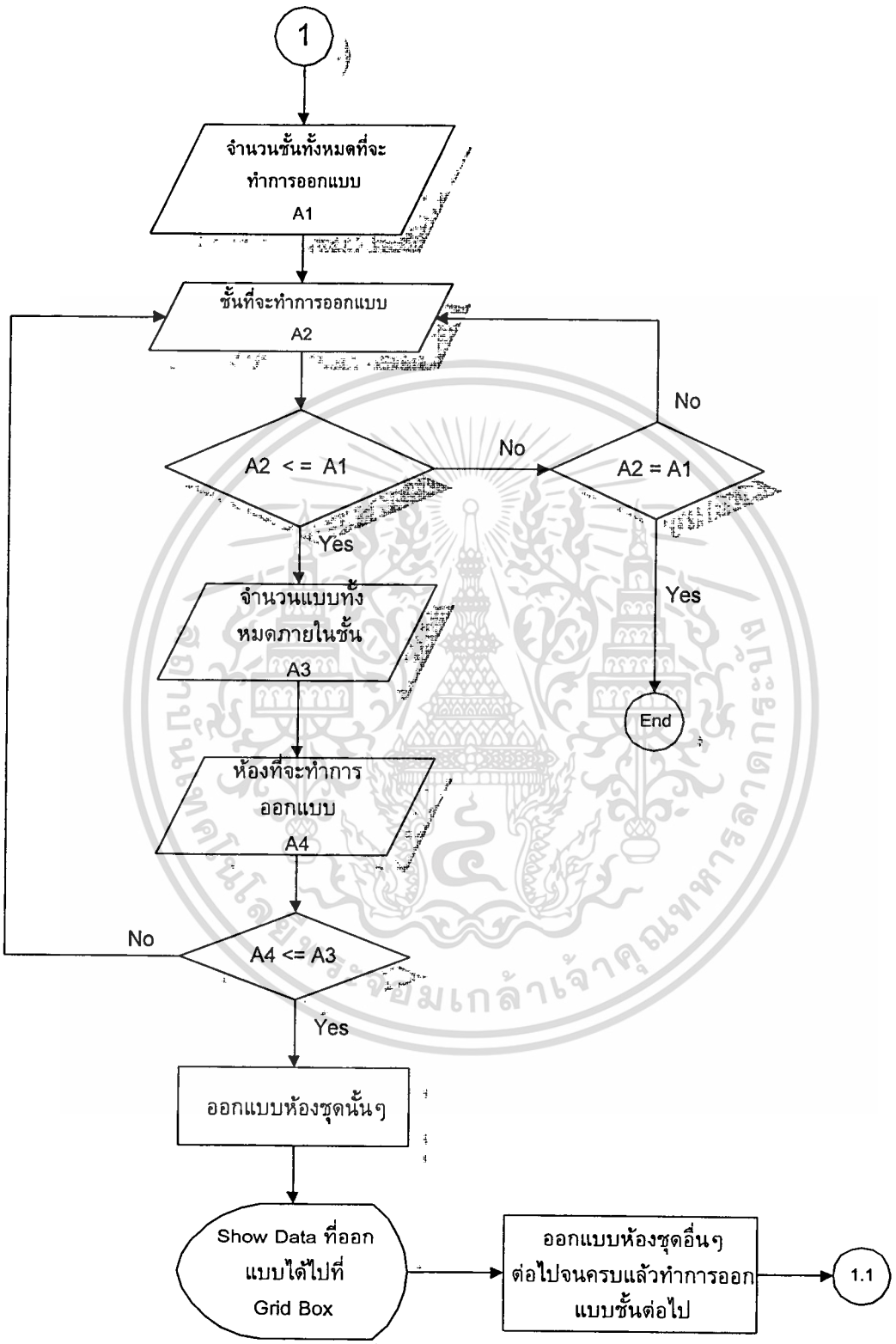


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนขยาย FlowChart(ส่วนที่ 1)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนขยาย FlowChart(ส่วนที่ 2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

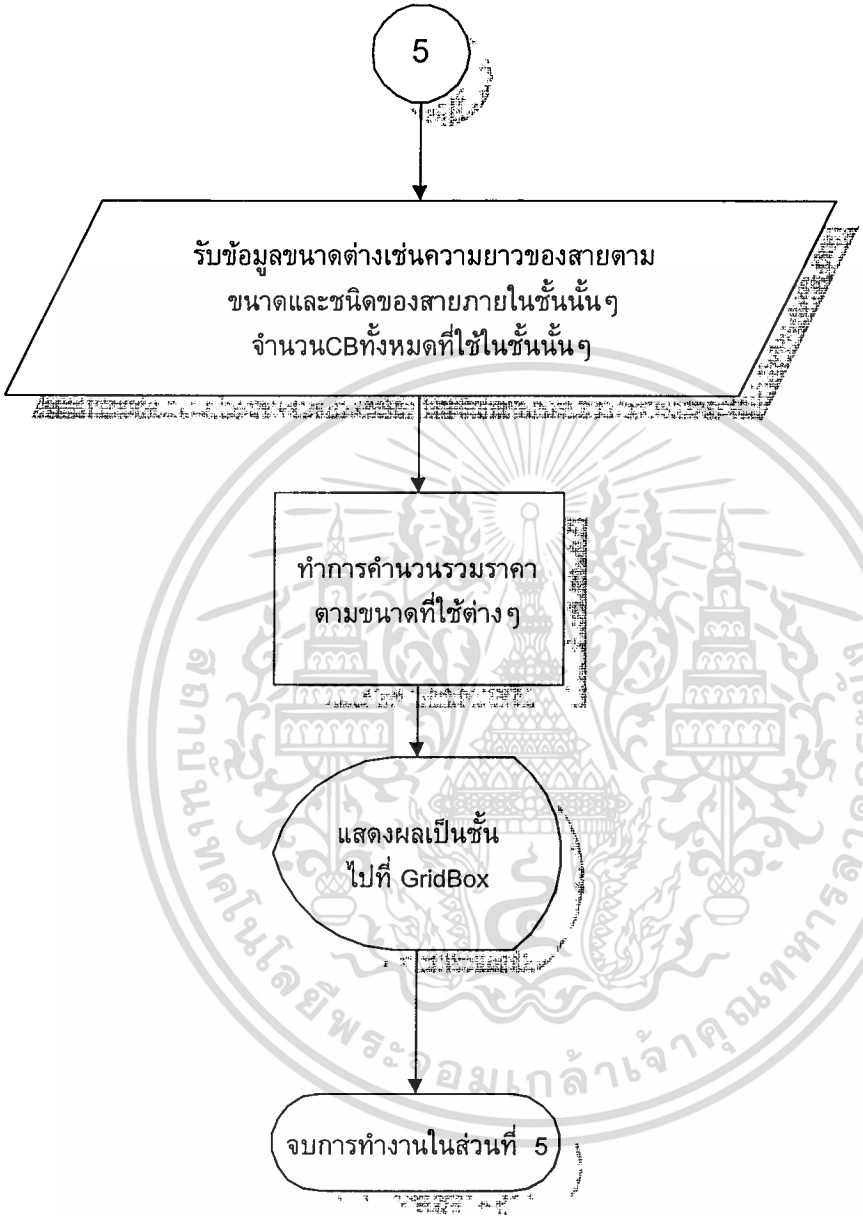
ส่วนขยาย FlowChart(ส่วนที่ 3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนขยาย FlowChart(ส่วนที่ 4)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนขยาย FlowChart(ส่วนที่ 5)

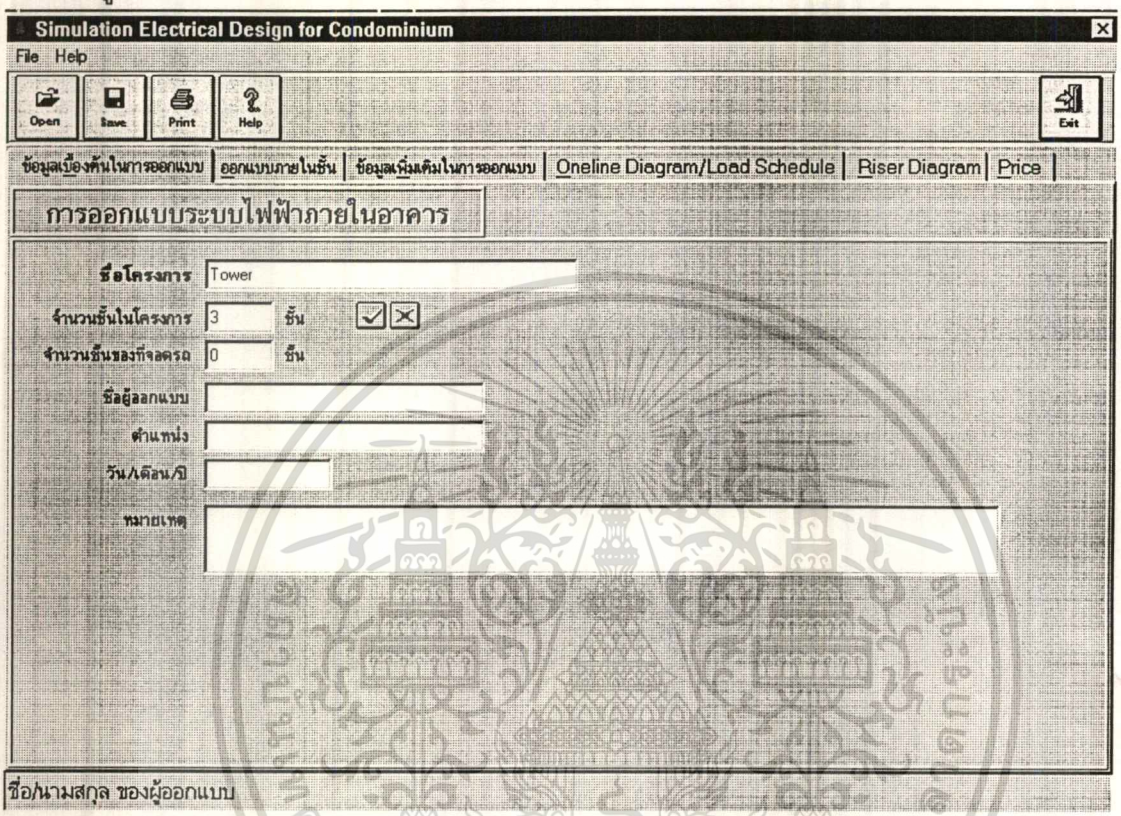


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คู่มือการใช้โปรแกรม

1. เมื่อได้ทำการ Run โปรแกรม Simulation Electrical Design for Condominium แล้วก็จะได้เห็นหน้าตาของหน้าต่างแรก ซึ่งแสดงไว้ ในรูปที่ 1 ดังนี้

รูปที่ 46 แสดงหน้าต่างแรกเมื่อเริ่มเข้า Program

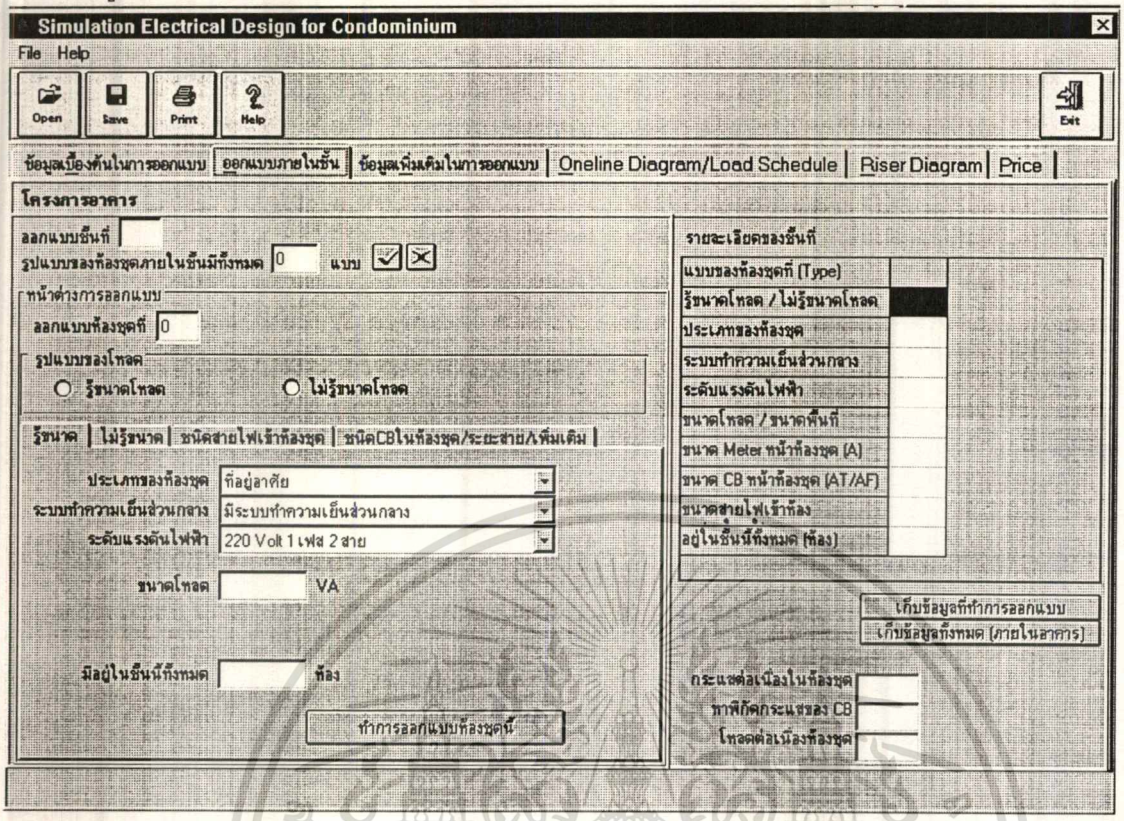


ในส่วนของหน้าต่างแรก (รูปที่ 46) ผู้ใช้โปรแกรมจะต้องทำการใส่ชื่อโครงการและจำนวนชั้นที่จะทำการออกแบบ และรายละเอียดต่างๆของผู้ที่ทำการออกแบบ เมื่อทำการใส่ข้อมูลในการออกแบบเบื้องต้นเรียบร้อยแล้ว ให้ทำการกดไปที่ Command Bottom ที่มีเครื่องหมายถูก เพื่อทำการเก็บข้อมูลที่ได้กรอกใส่ลงไป หากข้อมูลที่ใส่ลงไปเกิดผิดพลาด แล้วต้องการแก้ไข ก็ให้ผู้ใช้ทำการกดที่ Command Bottom ที่มีเครื่องหมายผิด เพื่อทำการแก้ไขข้อมูลที่ผิดพลาด เมื่อแก้ไขเสร็จแล้วก็ให้กดที่ Command Bottom ที่มีเครื่องหมายถูกเพื่อทำการเก็บข้อมูลอีกเช่นเคย

2. เมื่อได้ทำในขั้นตอนที่ 1 เสร็จเรียบร้อยแล้วก็ให้ผู้ใช้กดมาที่หน้าต่าง *ออกแบบภายในชั้น* ซึ่งมีรูปร่างหน้าตาตามรูปที่ 47 เพื่อทำการออกแบบภายในชั้นต่างๆ ซึ่งในหน้าต่างนี้ผู้ออกแบบจะต้องรู้ว่า โหลดของห้องชุดแต่ละแบบมีขนาดเท่าไร หรือหากไม่ทราบโหลดก็ต้องทราบขนาดพื้นที่ห้องที่จะทำการออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 47 แสดงหน้าต่างการออกแบบภายในชั้น



โดยมีขั้นตอนการออกแบบในหน้าต่างดังนี้

1. ทำการป้อนชั้นที่จะทำการออกแบบ

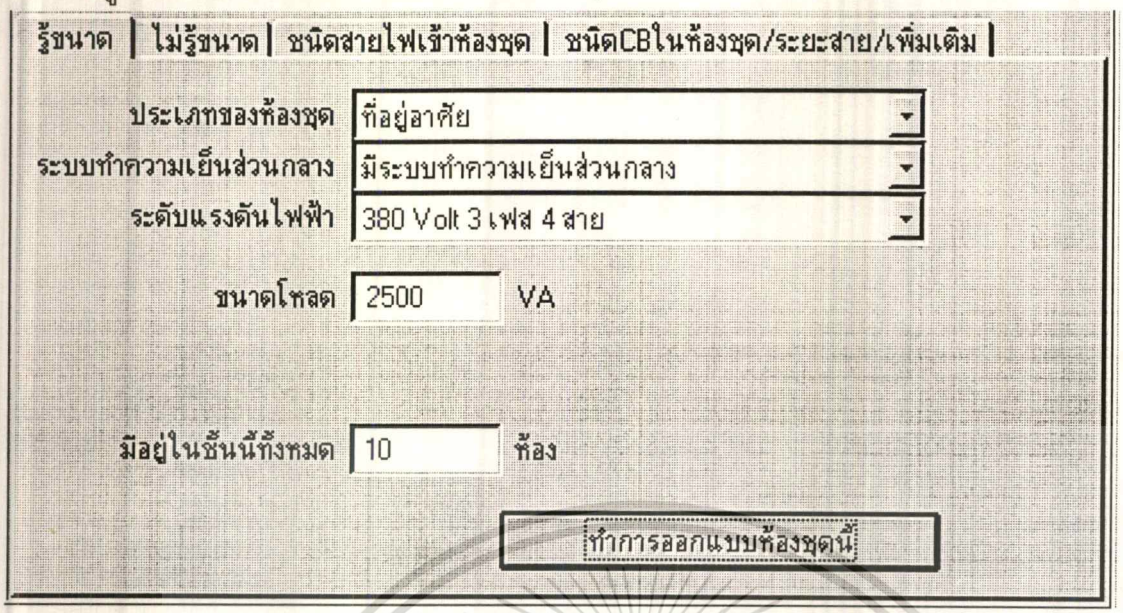
2. ป้อนจำนวนแบบที่มีอยู่ในชั้นทั้งหมดไม่ว่าจะมีลักษณะใดบางก็ตาม เสร็จแล้วให้ทำการ Click ที่ Command Bottom รูปเครื่องหมายถูก เช่นเดียวกันหากต้องการแก้ไขก็ให้ Click ที่ Command Bottom รูปเครื่องหมายผิด

3. ทำการป้อนห้องที่จะทำการออกแบบเป็นขั้นต่อไป เสร็จแล้วเลือกว่ารู้ข้อมูลการออกแบบในลักษณะใด หากเลือก รู้ขนาดโหลด หน้าต่างรู้ขนาดโหลดก็จะทำงาน แต่หากทำการเลือกที่ ไม่รู้ขนาดโหลด หน้าต่างไม่รู้ขนาดโลดก็จะทำงาน

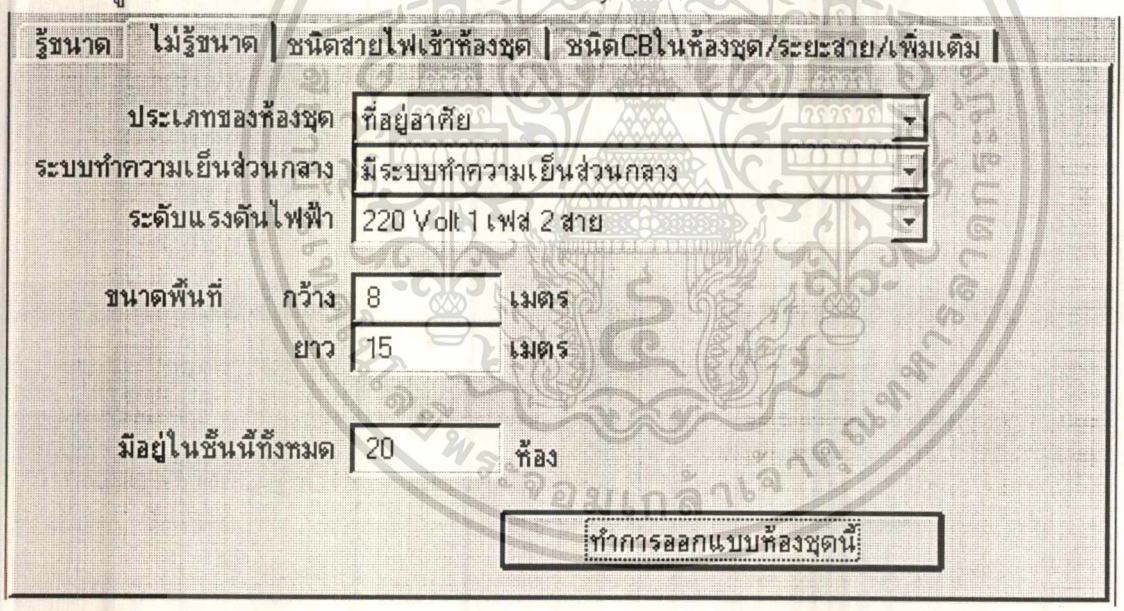
4. เมื่อเลือกในข้อ 3 แล้วให้ทำการเลือกว่าเป็นห้องชุดประเภทแบบไหน มีระบบทำความเย็นส่วนกลางหรือไม่ มีระดับแรงดันเท่าไร โหลดมีขนาดเท่าไรในกรณีรู้ขนาดโหลด หากไม่รู้ก็ให้ทำการใส่พื้นที่ และจะต้องทำการใส่ว่ามีห้องรู้แบบนี้ทั้งหมดกี่ห้องภายในชั้นนี้ ดังแสดงในรูปที่ 48 และรูปที่ 49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 48 แสดงการใส่ค่าและการเลือกต่างๆ



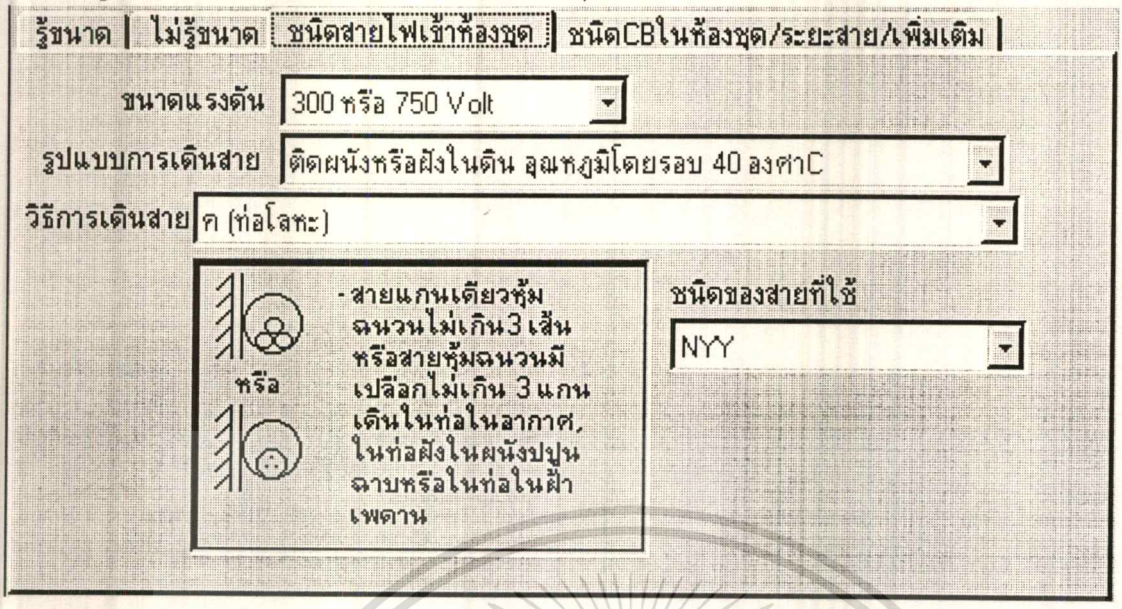
รูปที่ 49 แสดงการใส่ค่าและการเลือกต่างๆ



5. เมื่อทำการเลือกและใส่ค่าต่างๆเสร็จเรียบร้อย จะ Click ที่ Command Bottom ทำการออกแบบห้องชุดยังไม่ได้ จะต้องทำการใส่ค่าชนิดของสายไฟที่จะเข้าห้องชุดเสียก่อน และจะต้องป้อนค่าขนาด Circuit Breaker ในห้องชุดนั้นๆ เสียก่อนโดยจะอยู่ในหน้าต่างถัดไปดังแสดงใน
รูปที่ 50 และ 51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 50 แสดงการเลือกชนิดของสายและคุณสมบัติต่างๆของสาย



รูปที่ 51 แสดงการเลือกชนิดของ CB และคุณสมบัติต่างๆของสาย

6. ในหน้าต่างของการเลือกชนิดของ CB ผู้ออกแบบจะได้ใส่ค่า ขนาดของ Load Lighting ทางเดินภายในชั้น และ ขนาดของ Spare ภายในชั้นนี้ พร้อมทั้งใส่ระยะของสายที่ความที่สุดระหว่าง Load Panel ถึงห้องชุดที่ไกลที่สุดด้วย เมื่อใส่ค่าต่างๆ เสร็จแล้วก็ทำเช่นเคยคือทำการ Click ที่ Command Bottom ที่มีเครื่องหมายถูกเพื่อทำการเก็บค่าที่ได้ใส่ไว้
(หมายเหตุ การใส่ค่า Load Lighting ,Spare ,ระยะของสายที่ไกลที่สุดภายในชั้น ไม่ต้องทำการใส่ให้หรือทำการแก้ไขทุกๆครั้งที่ทำการออกแบบภายในชั้นเดียวกัน)

7. เมื่อใส่ค่าต่างๆครบตาม ขั้นตอนเรียบร้อยแล้ว ก็ให้ Click ที่ Command Bottom ที่ทำการออกแบบห้องชุดได้ ซึ่งเมื่อ Click แล้วข้อมูลการออกแบบต่างๆ ก็จะมาปรากฏที่ Grid Box ด้านขวามือดังแสดงในรูปที่ 52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 52 แสดงค่าต่างที่ได้จากการคำนวณและการเลือกมาข้างต้น

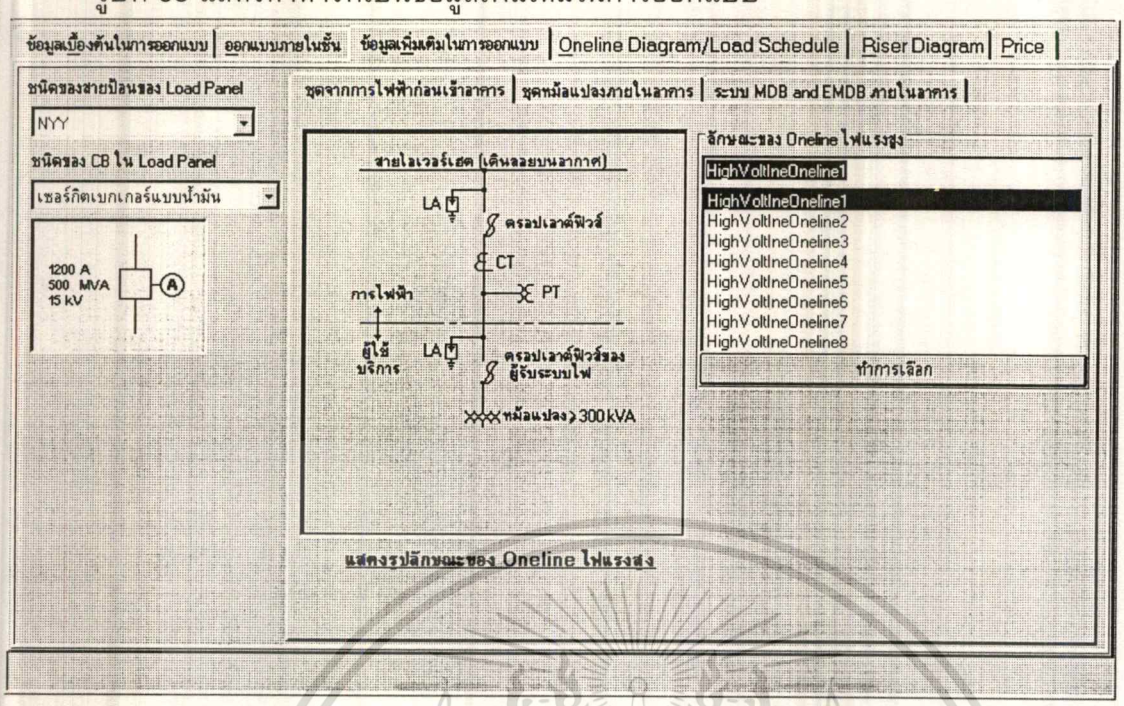
8. เมื่อทำการออกแบบครบทุกห้องภายในชั้นเรียบร้อยแล้วจะต้องทำการ Click ที่ Command Bottom เก็บข้อมูลที่ทำการออกแบบ เพื่อทำการเก็บข้อมูลที่ได้ออกแบบไว้หากไม่ได้ทำการจัดเก็บไว้จะต้องทำการออกแบบให้ทั้งหมดภายในชั้นนั้นๆ

9. เมื่อทำการออกแบบครบทุกชั้นเรียบร้อยแล้วก็ให้ทำการ Click ที่ Command Bottom เก็บข้อมูลทั้งหมด (ภายในอาคาร)

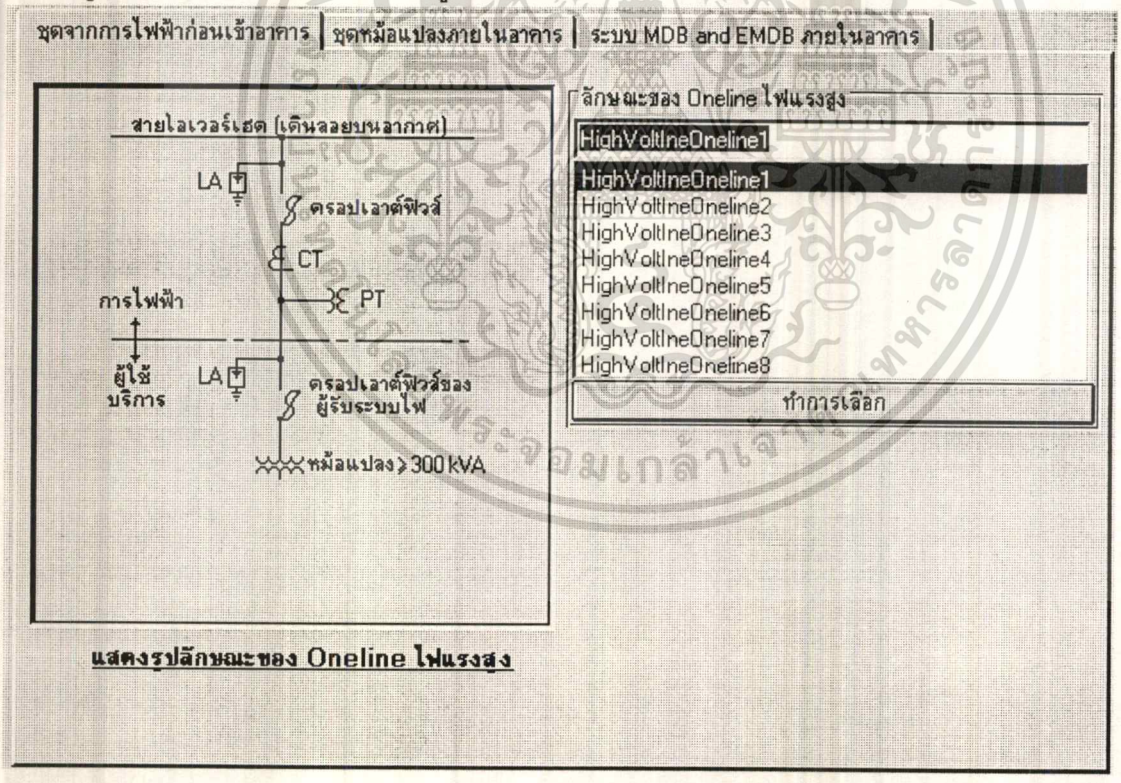
10. และในการออกแบบ Load Panel และข้อมูลเพิ่มเติมต่างๆ จะต้องมีการใส่ในหน้าต่าง ข้อมูลเพิ่มเติมในการออกแบบ ดังแสดงในรูปที่ 53 ,54 และ 55 ต่อไปดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 53 แสดงค่าต่างที่เป็นข้อมูลเพิ่มเติมในการออกแบบ

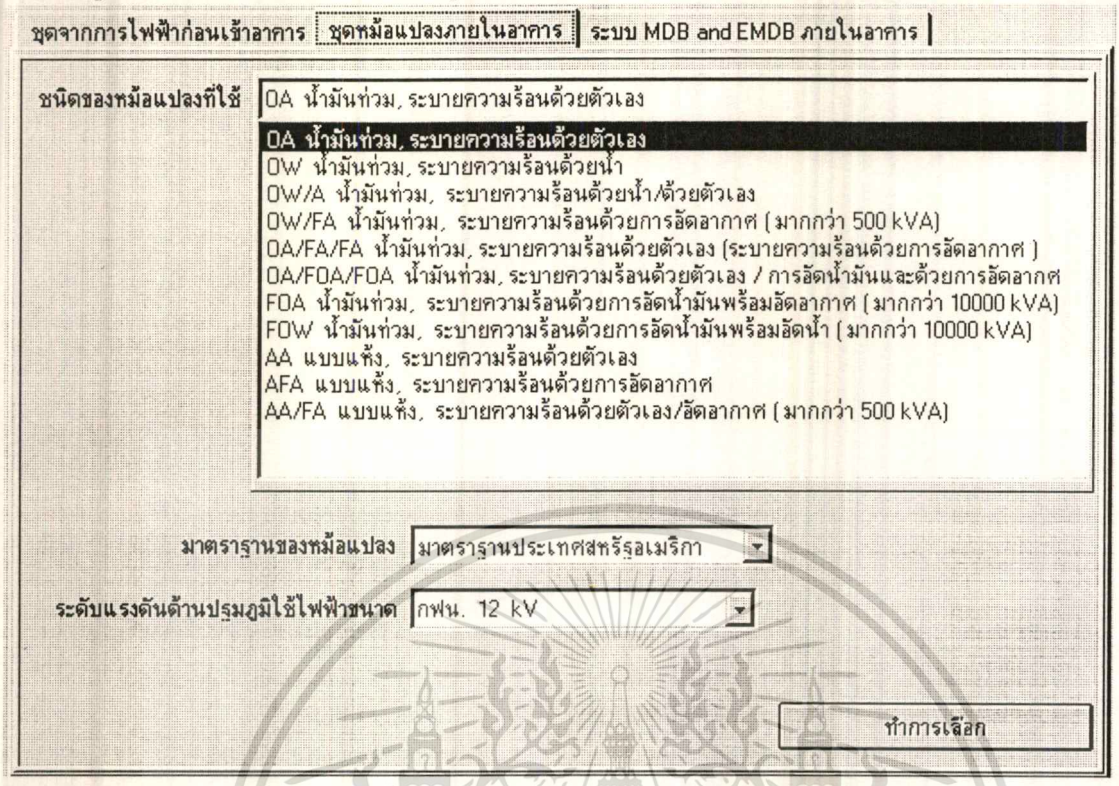


รูปที่ 54 แสดงค่าต่างที่เป็นข้อมูลเพิ่มเติมในการออกแบบ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 55 แสดงค่าต่างที่เป็นข้อมูลเพิ่มเติมในการออกแบบ



11. เมื่อได้ข้อมูลต่างๆ เรียบร้อยแล้วก็จะมาถึงในส่วนของการ แสดงผล One line Diagram ,Load Schedule, Riser Diagram, Price Estimate ซึ่งจะแสดงในหน้าต่างต่อไปดังนี้

11.1 เมื่อต้องการให้แสดงผล One line Diagram จะต้องทำการ Click ที่ Command Bottom ที่ Show One line Diagram ก็จะแสดงผลออกมาดังรูปที่ 56 โดยจะแสดงได้ทั้งแบบ เป็นชั้น และ แบบทั้งอาคาร

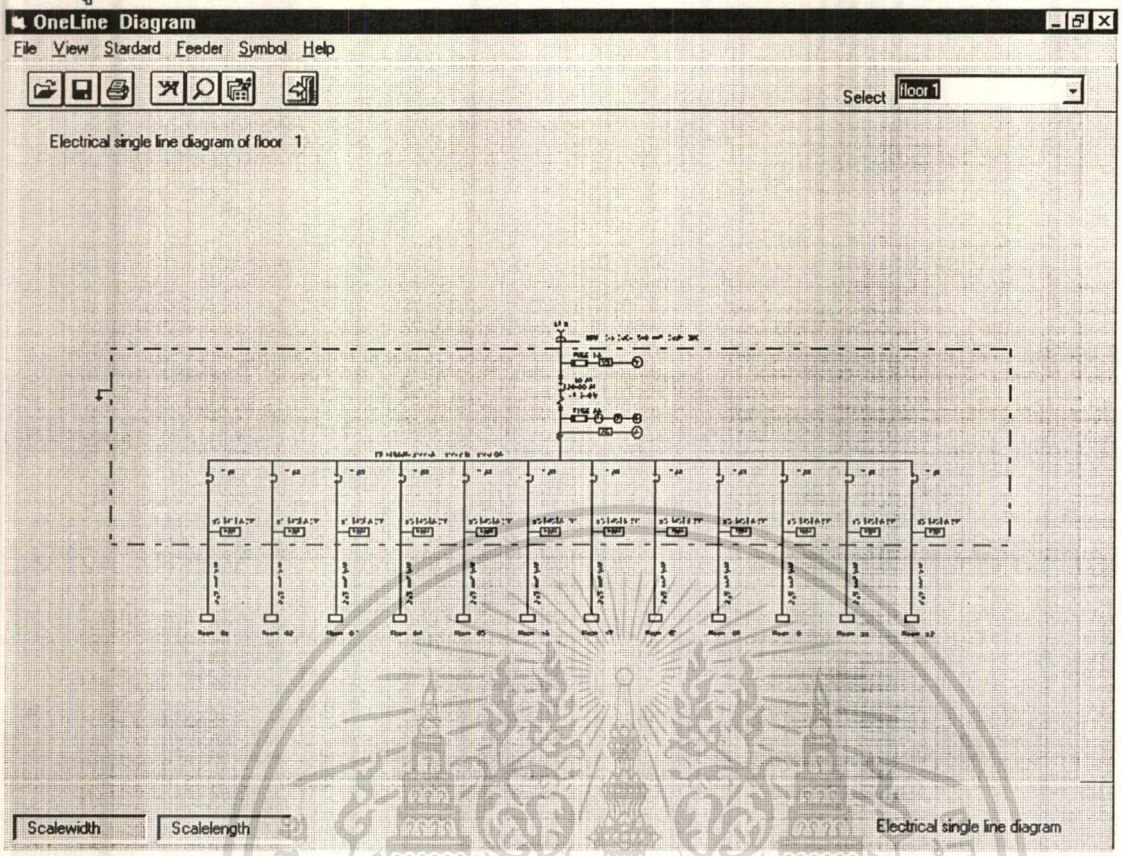
11.2 เมื่อต้องการให้แสดงผล Load Schedule จะต้องทำการ Click ที่ Command Bottom ที่ Show Load Schedule ซึ่งจะแสดงรายละเดียดต่างๆ ที่ได้คำนวณมาในแต่ละชั้น

11.3 เมื่อต้องการให้แสดงผล Riser Diagram จะต้องทำการเปลี่ยนไปที่หน้าต่างของการแสดงผล Riser Diagram เช่นเดียวกัน

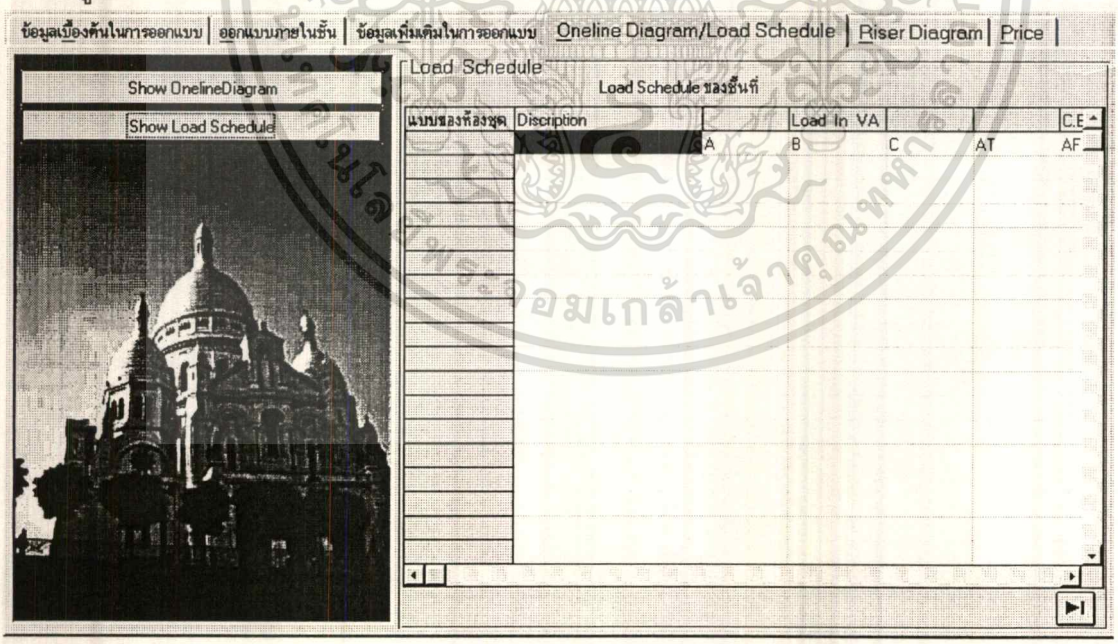
11.4 เมื่อต้องการแสดงราคาประเมิน ผู้ออกแบบจะต้องใส่ระยะ หรือจำนวนที่ใช้ในขนาดและชนิดตาม ที่ตาราง ได้แสดงออกมา ดังแสดงในรูปที่ 57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 56 แสดง One line Diagram ในแต่ละชั้น และMain One line

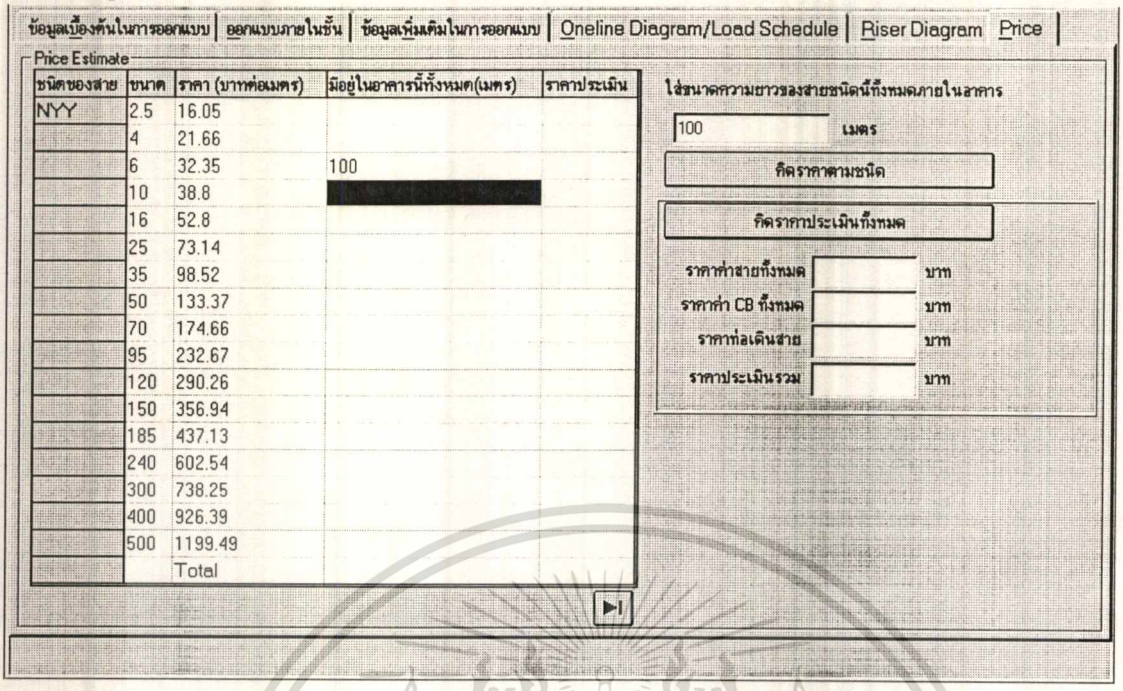


รูปที่ 57 แสดง Load Schedule ในแต่ละชั้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 58 แสดง Price Estimate ของทั้งอาคาร



สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทำงาน

จากการทำโครงงาน การจำลองการออกแบบระบบไฟฟ้าในอาคารชุด ได้ผลการทดลองออกมาเป็นที่น่าพอใจในระดับหนึ่ง ซึ่งตรงตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ แต่ยังเกิดปัญหาและข้อจำกัดในด้านของ Soft ware ที่เขียนและในส่วนของรายละเอียดที่มีค่อนข้างมากซึ่งขึ้นอยู่กับผู้ออกแบบแต่ละรายว่าจะออกแบบไปในลู่ทางใด โดยจัดแยกปัญหาออกเป็นส่วนๆ ดังนี้

- ในส่วนของ Riser Diagram ปัญหาที่เกิดขึ้นคือ รูปแบบของตัวอาคารที่จะทำการออกแบบไม่สามารถกำหนดได้แน่นอน จึงไม่สามารถเขียน Software รองรับทั้งหมดได้ ทางผู้จัดจึงได้เขียน Soft ware แบบมาตราฐานไว้เพียงหนึ่งแบบ เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบจริง
- ในส่วนของ Estimate Price ไม่สามารถคำนวณค่าจริงเพราะการประมาณราคาจริงจะต้องมีแบบของห้องต่าง ๆ ที่ต้องการจะติดตั้งระบบไฟฟ้า จึงทำให้ไม่ทราบขนาดความยาวของสาย ประกอบกับราคาของอุปกรณ์ต่างๆ ที่มีขายจะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับคุณภาพ และยี่ห้อของผลิตภัณฑ์นั้นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณโหลดของอาคารชุด

1 ทั่วไป

1.1 ให้ใช้กับอาคารชุดทุกประเภท ภายใต้ พ.ร.บ.อาคารชุด พ.ศ 2522 หรือที่จะแก้ไขเพิ่มเติมต่อไป ซึ่งกฎหมายรับรองกรรมสิทธิ์ในแต่ละห้องชุด

1.2 ให้ใช้กับอาคารประเภทอื่นๆที่ผู้ขอใช้ไฟฟ้าประสงค์ขอให้มีการจ่ายไฟฟ้าและติ ดตั้งเครื่องวัดฯ แบบอาคารชุด

1.3 ข้อกำหนดนี้ให้ใช้เป็นข้อกำหนดเพิ่มเติมจากที่ได้กล่าวไว้แล้วในตอนต้นหรือใช้เป็นข้อควรปฏิบัติ

1.4 อาคารชุดที่เป็นอาคารสูงหรืออาคารขนาดใหญ่พิเศษตามกฎกระทรวงฉบับที่ 33 (พ.ศ.2535)ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ.2522 ต้องปฏิบัติตามข้อกำหนดในข้อ 8.8 ด้วย

2 การคำนวณโหลด

ให้แบ่งการคำนวณโหลดออกเป็น 2 ส่วน คือส่วนกลางและส่วนห้องชุด(ในส่วนของห้องชุดพื้นที่ที่นำมาคำนวณไม่รวมเฉลียง) โดยมีค่าที่คำนวณได้ไม่ต่ำกว่าค่าที่กำหนดดังต่อไปนี้

2.1 สำหรับไฟส่วนกลาง หมายถึงไฟฟ้าที่ใช้สำหรับระบบไฟฟ้าส่วนกลางของอาคารทั้งหมด เช่น แสงสว่างห้องโถง หรือทางเดิน ลิฟท์ เครื่องสูบน้ำ ไฟสนาม ฯลฯ ขนาดการใช้ไฟฟ้าให้พิจารณาจากโหลดที่ตั้ง และเป็นไปตามข้อกำหนดในบทที่ 4 และอื่นๆที่เกี่ยวข้อง

2.2 สำหรับห้องชุดประเภทอยู่อาศัย

2.2.1 ห้องชุดที่ไม่มีระบบทำความเย็นส่วนกลาง โหลดของห้องชุดให้ใช้สูตรดังนี้

ห้องชุดที่มีพื้นที่ไม่เกิน 55 ตารางเมตร (90×พื้นที่ห้อง(ตารางเมตร)) + 1500 VA และห้ามใช้ดีมานแฟคเตอร์

ห้องชุดที่มีพื้นที่มากกว่า 55 ตารางเมตรแต่ไม่เกิน 180 ตารางเมตร (90×พื้นที่ห้อง(ตารางเมตร)) + 3000 VA และห้ามใช้ค่าดีมานแฟคเตอร์

ห้องชุดที่มีพื้นที่มากกว่า 180 ตารางเมตร (90×พื้นที่ห้อง(ตารางเมตร)) + 6000 VA และห้ามใช้ดีมานแฟคเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 ห้องชุดที่มีระบบทำความเย็นจากส่วนกลางโหลดของห้องชุดให้ใช้สูตรดังนี้

<u>ห้องชุดที่มีพื้นที่ไม่เกิน 55 ตารางเมตร</u>

(20×พื้นที่ห้อง(ตารางเมตร)) + 1500 VA และห้ามใช้ค่าดีมานแฟคเตอร์

<u>ห้องชุดที่มีพื้นที่มากกว่า 55 ตารางเมตร แต่ไม่เกิน 180 ตารางเมตร</u>

(20×พื้นที่ห้อง(ตารางเมตร)) + 3000 VA และห้ามใช้ค่าดีมานแฟคเตอร์

<u>ห้องชุดที่มีพื้นที่มากกว่า 180 ตารางเมตร</u>

(20×พื้นที่ห้อง(ตารางเมตร)) +6000 VA และห้ามใช้ค่าดีมานแฟคเตอร์

2.3 สำหรับห้องชุดประเภทสำนักงานหรือร้านค้าทั่วไป

2.3.1 ห้องชุดที่ไม่มีระบบทำความเย็นส่วนกลางให้ใช้ค่า 155 โวลต์แอมป์แปร์ต่อพื้นที่หนึ่งตารางเมตรและห้ามใช้ค่าดีมานแฟคเตอร์

2.3.2 ห้องชุดที่มีระบบทำความเย็นจากส่วนกลางให้ใช้ค่า 85 โวลต์แอมป์แปร์ ต่อพื้นที่หนึ่งตารางเมตรและห้ามใช้ค่าดีมานแฟคเตอร์

2.3.3 ห้องชุดประเภทสำนักงานหรือร้านค้าหรือเพื่อการอื่นใดที่ใช้ไฟฟ้ามากเป็นพิเศษ เช่น ห้องอาหารที่ใช้เตาไฟฟ้าหรือเครื่องทำความร้อนมากและตู้แช่ขนาดใหญ่ต้องพิจารณาเป็นพิเศษตามสภาพ

2.4 สำหรับห้องชุดประเภทอุตสาหกรรม

โหลดของห้องชุดทั้งกรณีห้องชุดมีและไม่มีระบบทำความเย็นจากส่วนกลางให้ใช้ค่าไม่น้อยกว่า 165 โวลต์แอมแปร์ต่อพื้นที่หนึ่งตารางเมตร หรือใช้โหลดตามที่ติดตั้งจริงโดยผู้ขอไฟฟ้าต้องยื่นรายการอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ติดตั้งจริงให้กับการไฟฟ้านครหลวงทราบด้วย

หมายเหตุ ให้ถือว่าโหลดตามข้อ 2.2 - 2.4 เป็นโหลดต่อเนื่อง

3 การกำหนดขนาดเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้า

ให้นำโหลดที่คำนวณได้ตามข้อ 2 ไปคำนวณขนาดของเครื่องวัดฯ หรือใช้ขนาดของเครื่องวัดที่ไม่เล็กไปกว่าที่กำหนดในตารางที่ 1 หรือ 2 ก็ได้สำหรับห้องชุดประเภทอุตสาหกรรมให้ใช้โหลดที่คำนวณได้ตามข้อ 2.4 ไปคิดขนาดของเครื่องวัดฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1

ขนาดของเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าแรงต่ำสำหรับห้องชุดประเภทอยู่อาศัย

ลำดับที่	ประเภท	พื้นที่ห้อง ต.ร.ม	โหลด (A)	ขนาดเครื่องวัดฯ
1	ไม่มีระบบทำ	55	30	15 (45) A 1P
	ความเย็นส่วน	150	75	30 (100) A 1P
	กลาง	180	100	50 (150) A 1P
		180	30	15 (45) A 3P
		483	75	30 (100) A 3P
		666	100	50 (150) A 3P
		1400	200	200 A 3P
		2866	400	400 A 3P
2	มีระบบทำความ	35	10	5 (15) A 1P
	เย็นจากส่วน	180	30	15 (45) A 1P
	กลาง	525	75	30 (100) A 1P
		800	100	50 (150) A 1P
		690	30	15 (45) A 3P
		4475	75	30 (100) A 3P
		3000	100	50 (150) A 3P
		6300	200	200 A 3P
		12900	400	400 A 3P

หมายเหตุ 1P หมายถึงเครื่องวัดฯ ชนิด 1 เฟส 2 สาย

3P หมายถึงเครื่องวัดฯ ชนิด 3 เฟส 4 สาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2

ขนาดของเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าแรงต่ำสำหรับห้องชุดสำนักงานหรือร้านค้าทั่วไป

ลำดับที่	ประเภท	พื้นที่ห้อง ต.ร.ม	โหลด (A)	ขนาดเครื่องวัดฯ
1	ไม่มีระบบทำความเย็นจากส่วนกลาง	40	30	15 (45) A 1P
		105	75	30 (100) A 1P
		140	100	50 (150) A 1P
		125	30	15 (45) A 3P
		320	75	30 (100) A 3P
		425	100	50 (150) A 3P
		850	200	200 A 3P
		1700	400	400 A 3P
2	มีระบบทำความเย็นจากส่วนกลาง	80	30	15 (45) A 1P
		190	75	30 (100) A 1P
		260	100	50 (150) A 1P
		230	30	15 (45) A 3P
		580	75	30 (100) A 3P
		770	100	50 (150) A 3P
		1550	200	200 A 3P
		3100	400	400 A 3P

หมายเหตุ 1. 1P หมายถึง เครื่องวัดฯ ชนิด 1 เฟส 2 สาย
3P หมายถึง เครื่องวัดฯ ชนิด 3 เฟส 4 สาย

2. ห้องชุดที่มีพื้นที่มากกว่าที่กำหนดไว้ในตารางที่ 40 นี้ จะกำหนดขนาดของเครื่องวัดฯ เป็นรายๆ ไป

4 การป้องกันกระแสเกินของเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าแรงต่ำ

ต้องติดตั้งสวิตช์อัตโนมัติทางด้านไฟเข้าเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าทุกเครื่องพิกัดกระแสของสวิตช์อัตโนมัติให้ใช้ขนาด 1.25 เท่าของขนาดกระแสที่คำนวณจากขนาดพื้นที่ห้องตามข้อ 2 หากขนาดที่คำนวณได้ไม่ใช่ขนาดมาตราฐานของผู้ผลิตให้ใช้ขนาดใกล้เคียงที่สูงขึ้นถัดไปแต่ต้องมีขนาดไม่สูงกว่าที่กำหนด

หมายเหตุ ห้ามใช้วิธีการติดตั้ง Back up Fuse เพื่อเพิ่มพิกัดกระแสลัดวงจร

5 สายเมนเข้าอาคาร (เฉพาะสายแรงต่ำจากเครื่องวัดฯ รองเข้าห้องชุด)

5.1 ขนาด

5.1.1 สำหรับอาคารชุดประเภทอยู่อาศัย และสำนักงานหรือร้านค้าทั่วไป สายเมนเข้าอาคารจะต้องมีขนาดกระแสไม่น้อยกว่า 1.25 เท่าของขนาดกระแสที่คำนวณจากพื้นที่ห้องตามข้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2 และต้องมีขนาดไม่เล็กกว่า 6 ตร. มม

5.1.2 สำหรับอาคารชุดประเภทอุตสาหกรรมสายเมนเข้าอาคารต้องมีขนาดกระแสไม่น้อยกว่าพิกัดสูงสุดของเครื่องป้องกันกระแสเกินของเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าตามตารางที่ 4

หมายเหตุ 1 ขนาดสายศูนย์ (Neutral) ต้องเป็นไปตามข้อกำหนด

2 ไม่อนุญาตให้แต่ละห้องชุดใช้สายเส้นศูนย์ (Neutral) ร่วมกัน

5.2 วิธีการเดินสายเมนเข้าอาคาร ต้องเป็นดังนี้

5.2.1 สายไฟต้องเดินในท่อโลหะ (Metel Raceway) หรือยอมให้เดินในท่ออโลหะตามที่กำหนดได้แต่ต้องฝังในคอนกรีต หากเดินในท่อสายชนิด RSC,IMC,EMT หรือท่ออโลหะ แต่ละเครื่องวัดฯ ต้องเดินท่อแยกจากกัน กรณีเดินใน Wireway อนุญาตให้เดินสายรวมกันใน Wireway ได้

หมายเหตุ ไม่อนุญาตให้เดินสายเกาะผนัง เดินสายบนวัสดุฉนวนและรางเคเบิล

5.2.2 บัสเวย์ให้ใช้ได้ทั้งชนิดตัวนำทองแดงและตัวนำอะลูมิเนียมบัสเวย์ต้องเป็นชนิด Totally Enclosed ที่สามารถถอดเปลี่ยนส่วนที่ชำรุดได้อย่างอิสระ

5.2.3 Bus trunking ต้องเป็นชนิด Totally Enclosed และให้ใช้ Bus Bar ทำด้วยทองแดงที่มีความบริสุทธิ์ไม่น้อยกว่าร้อยละ 98 เท่านั้น

6 เมนสวิตช์ ต้องมีการติดตั้งเมนสวิตช์ที่แต่ละห้องชุด พิกัดกระแสของเมนสวิตช์ต้องไม่เกินพิกัดกระแสของสวิตช์อัตโนมัติตามข้อ4

7 สายป้อน (จากแผงสวิตช์รวมไปถึงแผงสวิตช์ของเครื่องวัดฯ รอง)

7.1 โหลดสำหรับสายป้อน ให้คำนวณตามข้อ 2 และใช้ค่า Co-incidence factor ตามตารางที่ 3 และ 4 ได้

7.2 สายป้อนสำหรับไฟส่วนกลางที่ไม่ใช่โหลดแสงสว่างหรือเต้ารับต้องแยกต่างหากจากสายป้อนเข้าห้องชุดและมีได้มากกว่า 1 สายป้อน

7.3 ขนาดของสายป้อนต้องเป็นไปตามข้อกำหนด

7.4 สายป้อนต้องเดินในท่อโลหะ หรือใช้บัสเวย์ หรือ Bus Trunking

7.5 ในกรณีสายป้อนเดินในช่องเดินสาย (Electrical Shaft) ห้ามมีท่อของระบบอื่นที่ไม่ใช่ระบบไฟฟ้า เช่น ท่อก๊าซ ท่อประปา ท่อน้ำทิ้ง เดินร่วม

ตารางที่ 3

ค่า Co-incidemce Factor สำหรับห้องชุดประเภทอยู่อาศัย

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

หมายเหตุ ลำดับห้องชุดให้เริ่มจากห้องชุดที่มีโหลดสูงสุดก่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4

ค่า Co-incidence Factor สำหรับห้องชุดประเภทสำนักงานและร้านค้าทั่วไป

ลำดับห้องชุด	Co-incidence Factor
1-10	1.0
11 ขึ้นไป	0.85

หมายเหตุ ลำดับห้องชุดให้เริ่มจากห้องชุดที่มีโหลดสูงสุดก่อน

8 หม้อแปลงและห้องหม้อแปลง

8.1 หม้อแปลงและห้องหม้อแปลงจะต้องเป็นไปตามที่กำหนดโดยหากติดตั้งในอาคาร จะต้องเป็นชนิดแห้งหรือฉนวนไม่ติดไฟติดตั้งอยู่ในเครื่องห่อหุ้มที่มี Degree of production ต้องไม่ต่ำกว่า IP 21 ตามมาตรฐาน IEC และฉนวนต้องไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อมและบุคคล (non-toxic)

8.2 การคำนวณโหลดสำหรับหม้อแปลงให้คำนวณตามข้อ 2 และอนุญาตให้ใช้ค่า Co-incidence Factor ตามตารางที่ 3 และ 4

8.3 ขนาดของหม้อแปลงที่ไม่ใช้ Forced air cools ต้องไม่เล็กกว่า 1.25 เท่าของโหลดที่คำนวณได้จากข้อ 8.2 (แนะนำให้ใช้ขนาดสูงสุดไม่เกิน 2000 KVA)

8.4 Voltage Rating ของหม้อแปลงต้องเป็นขนาด 12kv/416Y/240V 24kv/416Y/240V หรือ (12/24kv)/416Y/240Vทั้งนี้ขึ้นอยู่กับหารจ่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้า และมี 4x (-)2.5% Full Capacity Primary Tap และ Total loss ของหม้อแปลงต้องไม่เกิน 1.5% ของ Full Capacity ที่ Power Factor เท่ากับ 1.0

9 แผงสวิตช์แรงต่ำ(จากหม้อแปลงถึงเครื่องวัดรอง)

9.1 แผงสวิตช์แรงต่ำจะต้องเป็นไปตาม Degree of protection ของตู้แผงสวิตช์แรงต่ำต้องไม่ต่ำกว่า IP 31 ตามมาตรฐาน IEC และโครงสร้างของแผงสวิตช์แรงต่ำต้องสามารถรับแรงที่เกิดจากกระแสลัดวงจรได้

9.2 เครื่องป้องกันกระแสเกิน ต้องเป็นสวิตช์อัตโนมัติที่สามารถตัดกระแสลัดวงจรสูงสุดที่อาจเกิดขึ้น ณ จุดนั้นได้โดยคุณสมบัติยังคงเดิม

9.3 เครื่องป้องกันกระแสเกินของสายป้อนต้องมีพิกัดกระแสสอดคล้องกับขนาดของสายป้อนตามข้อ 7

9.4 เครื่องป้องกันกระแสเกินด้ายไฟออกของหม้อแปลงต้องมีพิกัดสอดคล้องตามค่าพิกัดของหม้อแปลง แต่ต้องมีขนาดไม่น้อยกว่าโหลดไม่ต่อเนื่องรวมกับ 1.25 เท่าของโหลดต่อเนื่องตามที่คำนวณได้ในข้อ 2 และอนุญาตให้ใช้ค่า Co-incidence Factor ตามตารางที่ 3 และ 4 ได้

10 สายเมนแรงต่ำ จากหม้อแปลงไปยังแผงสวิตช์รวมต้องมีขนาดกระแสไม่น้อยกว่าโหลดไม่ต่อเนื่องรวมกับ 1.25 เท่าของโหลดต่อเนื่องตามที่คำนวณได้ในข้อ 2 และอนุญาตให้ใช้ค่า Co-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

incidence Factor ตามตารางที่ 3 และ 4 ได้ สำหรับขนาดของเส้นศูนย์ (Neutral) ต้องเป็นไปตามข้อกำหนดในข้อกำหนดการคำนวณสายป้อน ที่ว่าด้วยขนาดของสายศูนย์

11 แผงสวิตช์แรงสูง แผงสวิตช์แรงสูงต้องเป็นไปตามข้อกำหนดของการไฟฟ้าและเพิ่มเติมดังนี้

11.1 ระบบ HV Overcurrent Protection ถ้าใช้สวิตช์อัตโนมัติต้องเป็นชนิด Nonflammable Cooling Medium หากใช้ Power fuse ซึ่งต้องใช้ประกอบกับ Load-Break Switch พิกัดกระแสของเครื่องป้องกันกระแสเกินต้องสอดคล้องกับขนาดปรับตั้งสูงสุดของเครื่องป้องกันกระแสเกินสำหรับหม้อแปลงระบบแรงสูง

11.2 degree ofprotection ไม่ต่ำกว่า IP 31 ตามมาตรฐาน IEC

12 การต่อลงดิน ต้องมีการต่อลงดินตามที่กำหนดในข้อกำหนดการต่อลงดิน และเพิ่มเติมดังนี้

12.1 ห้องชุดทุกห้องต้องมีระบบสายดินเตรียมพร้อมไว้สำหรับต่อกับอุปกรณ์และเครื่องใช้ไฟฟ้าได้ และเต้ารับต้องเป็นชนิดมีสายดินและมีการต่อลงดิน

12.2 การต่อฝากสายดินเข้ากับสายเส้นศูนย์ให้ต่อที่แผงเมนสวิตช์รวมแรงต่ำ (Main Distribution Board) ของอาคารชุดเท่านั้น และห้ามต่อฝากสายดินของเครื่องอุปกรณ์ไฟฟ้าเข้ากับสายเส้นศูนย์ที่แผงสวิตช์ของเครื่องวัดฯ รองและเมนสวิตช์ของห้องชุด

12.3 การต่อตัวนำเข้ากับหลักดินให้ใช้วิธีการเชื่อมด้วย Exothermic Welding

12.4 การตอกฝังหลักดินลในพื้นดิน ตำแหน่งของหลักดินจะต้องอยู่ห่างจากผนังกำแพงหรือฐานรากของอาคารในรัศมีไม่น้อยกว่า 60 ซ.ม และปลายบนของหลักดินจะต้องอยู่ต่ำกว่าจากผิวดินไม่น้อยกว่า 30 ซ.ม

12.5 การต่อลงดินต้องจัดทำจุดทดสอบ (Test point) สำหรับใช้วัดค่าความต้านทานของการต่อลงดินและจุดทดสอบนี้จะต้องเข้าถึงได้โดยสะดวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5

ดีมานแฟคเตอร์สำหรับโหลดแสงสว่าง

ชนิดของอาคาร	ดีมานแฟคเตอร์ (ร้อยละ)
อาคารที่พักอาศัย	66
ร้านค้า	90
อาคารสำนักงาน	100
ห้างสรรพสินค้า	100
โรงแรม*	75
โรงพยาบาล*	75
อาคารชุดพักอาศัย	75
อาคารประเภทอื่น	100

หมายเหตุ ดีมานแฟคเตอร์ตามตารางนี้ ไม่อนุญาตให้ใช้สำหรับโหลดแสงสว่างในสถานที่บางแห่งของโรงพยาบาลหรือโรงแรม ซึ่งบางขณะจำเป็นต้องใช้ไฟฟ้าแสงสว่างพร้อมกัน เช่น ในห้องผ่าตัด ห้องอาหาร หรือห้องโถง ฯลฯ

ตารางที่ 6

ดีมานแฟคเตอร์ สำหรับโหลดเต้ารับในสถานที่ที่ไม่ใช่ที่อยู่อาศัย

โหลดของเต้ารับรวม (คำนวณโหลดเต้ารับละ 180 VA)	ดีมานแฟคเตอร์ (ร้อยละ)
10 KVA แรก	100
ส่วนที่เกิน 10 KVA	50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7

ดีมานแฟคเตอร์สำหรับเครื่องใช้ไฟฟ้าทั่วไป

ชนิดของอาคาร	ประเภทของโหลด	ดีมานแฟคเตอร์
1. อาคารที่อยู่อาศัย	เครื่องหุงต้มอาหาร	10 แอมแปร์+ร้อยละ 30 ของส่วนที่เกิน 10 แอมแปร์
	เครื่องทำน้ำร้อน	กระแสใช้งานจริงของสองตัวแรกที่ใช้งาน + ร้อยละ 25 ของตัวที่เหลือทั้งหมด
	เครื่องปรับอากาศ	ร้อยละ 100
2.อาคารสำนักงานและร้านค้ารวมถึงห้างสรรพสินค้า	เครื่องหุงต้มอาหาร	กระแสใช้งานจริงของตัวที่ใหญ่ที่สุด + ร้อยละ 80 ของตัวใหญ่รองลงมา + ร้อยละ 60 ของตัวที่เหลือทั้งหมด
	เครื่องทำน้ำร้อน	ร้อยละ 100 ของสองตัวแรกที่ใหญ่ที่สุด + ร้อยละ 25 ของตัวที่เหลือทั้งหมด
	เครื่องปรับอากาศ	ร้อยละ 100
3.โรงแรมและอาคารประเภทอื่น	เครื่องหุงต้มอาหาร	เหมือนข้อ 2
	เครื่องทำน้ำร้อน	เหมือนข้อ 2
	เครื่องปรับอากาศประเภทแยกแต่ละห้อง	ร้อยละ 75

ตารางที่ 8

พิกัดสูงสุดของเครื่องป้องกันกระแสเกินและโหลดสูงสุดตามขนาดของเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้า

ขนาดของเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้า (แอมแปร์)	พิกัดสูงสุดเครื่องป้องกันกระแสเกิน (แอมแปร์)	โหลดสูงสุด (แอมแปร์)
5(15)	16	10
15(45)	50	30
30(100)	100	75
50(150)	125	100
200	250	200
300	500	400
600	750	600
800	1,000	800

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 9

ขนาดต่ำสุดของสายต่อหลักดินของระบบไฟฟ้ากระแสสลับ

ขนาดสายเมนเข้าอาคาร (ตัวนำทองแดง)(ตร.มม.)	ขนาดต่ำสุดของสายต่อหลักดิน (ตัวนำทองแดง)(ตร.มม)
ไม่เกิน 35	10 (หมายเหตุ)
เกิน 35 แต่ไม่เกิน 50	16
เกิน 50 แต่ไม่เกิน 95	25
เกิน 95 แต่ไม่เกิน 185	35
เกิน 185 แต่ไม่เกิน 300	50
เกิน 300 แต่ไม่เกิน 500	70
เกิน 500	95

หมายเหตุ แนะนำให้ติดตั้งในท่อโลหะหนา ท่อโลหะปานกลาง ท่อโลหะบาง หรือท่ออโลหะ

ตารางที่ 10

ขนาดต่ำสุดของสายดินของเครื่องอุปกรณ์ไฟฟ้า

พิกัดหรือขนาดปรับตั้งของเครื่องป้องกันกระแสเกิน (แอมแปร์)	ขยาดต่ำสุดของสายดินของเครื่องอุปกรณ์ไฟฟ้า (ตัวนำทองแดง)(ตร.มม.)
6-16	1.5
20-35	4
30-63	6
80-100	10
125-200	16
225-400	25
500	35
600-800	50
1000	70
1200-1250	95
1600-2000	120
2500	185
3000-4000	240
5000-6000	400

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 11

ความลึกในการติดตั้งใต้ดิน สำหรับระบบแรงต่ำ

วิธีการเดินสาย	ความลึกน้อยสุด(ซม.)
เคเบิลฝังดินโดยตรง	60
ท่อโลหะหนา	15
ท่อโลหะหนาปานกลาง	15
ท่อโลหะซึ่งได้รับการรับรองให้ฝังดินโดยตรงได้โดยไม่ต้องมีคอนกรีตหุ้ม	45
ท่อสายอื่นๆซึ่งได้รับความเห็นชอบจากการไฟฟ้านครหลวง	45

ตารางที่ 12

ระยะห่างสำหรับการจับยึดสายไฟในแนวดิ่ง

ขนาดของสายไฟฟ้า (ตร.มม.)	ระยะจับยึดต่ำสุด(ม.)
ไม่เกิน 50	30
70-120	24
150-185	18
240	15
300	12
เกิน 300	10

ตารางที่ 13

พื้นที่หน้าตัดรวมของสายไฟทุกเส้นคิดเป็นร้อยละเทียบกับพื้นที่หน้าตัดของท่อ

จำนวนสายในท่อ	1	2	3	4	มากกว่า 4
สายไฟทุกชนิดยกเว้นสายที่มีตะกั่วหุ้ม	53	31	40	40	40
สายยไฟชนิดมีตะกั่วหุ้ม	55	30	40	38	35

ตารางที่ 14

การเดินสายเปิดบนวัสดุฉนวนภายในอาคาร

การติดตั้ง	ระยะสูงสุดระหว่างจุดจับยึดสาย (ม.)	ระยะห่าง (ซ.ม)ระหว่าง		ขนาดสายสูงสุด (ตร.มม.)
		สายไฟฟ้า (ต่ำสุด)	สายไฟฟ้ากับสิ่งก่อสร้าง (ต่ำสุด)	
บนตุ้ม	2.5	10	2.5	70
บนลูกถ้วย	5.0	15	5	ไม่กำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 15

การเดินสายเปิดบนลูกถ้วยภายนอกอาคาร

ระยะสูงสุดระหว่าง	ระยะห่างต่ำสุด (ซ.ม) ระหว่าง		ขนาดสายต่ำสุด
จุดจับยึดสาย(ม.)	สายไฟฟ้า	สายไฟฟ้ากับสิ่งก่อสร้าง	(ตร.มม)
ไม่เกิน 10	15	5	2.5
11-25	20	5	4
26-40	20	5	6

ตารางที่ 16

ความหนาต่ำสุดของ Surface Metal Raceway

ขนาดความสูง×กว้าง (มม.)	ความหนา (มม.)
ไม่เกิน 50×100	0.8
ไม่เกิน 100×150	1.2
ไม่เกิน 100×200	1.2
ไม่เกิน 150×200	1.4
ไม่เกิน 150×300	1.4
เกินกว่า 150×300	1.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สายไฟฟ้า

1 ขนาดกระแส ให้ใช้ตามตารางที่ 1 ถึงตารางที่ 6

1.1 ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าทองแดงหุ้มฉนวนพีวีซีที่ผลิตตามมาตราฐานของสำนักงานอุตสาหกรรมที่ มอก. 11-2531ให้เป็นไปตามตารางที่ 1 และ 2

1.2 ขนาดของกระแสสายไฟฟ้าทองแดงหุ้มฉนวนครอสบิงค์โพลีเอททีลีน ระบบแรงดัน 600 โวลต์ให้เป็นไปตามตารางที่ 3

1.3 ขนาดของกระแสสายไฟฟ้าทองแดงหุ้มฉนวนครอสบิงค์โพลีเอททีลีนในระบบแรงดัน 12 หรือ 24 KV ให้เป็นไปตามตารางที่ 4 และ 5

1.4 ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าและการติดตั้งที่นอกเหนือไปจากตารางที่กำหนดอนุญาตให้มีการคำนวณโดยใช้หลักวิศวกรรมได้

เอกสารการคำนวณที่แนะนำมีดังนี้

-IEC Publication No. 287

-IEC Publication No. 364-5-523

1.5 ขนาดกระแสที่กำหนดในตารางไม่ได้กำหนดตามค่าแรงดันตก

1.6 ขนาดกระแสที่กำหนดในตารางใช้สำหรับอุณหภูมิโดยรอบ 30 และ 40 องศาเซลเซียส แล้วแต่กรณี สำหรับค่าอุณหภูมิอื่นๆ ให้ใช้ตัวคูณเพื่อปรับค่าตามที่กำหนดไว้ในหมายเหตุต่อท้ายตาราง

1.7 ถ้ามีสายในท่อสายไฟฟ้าเดียวกันมากกว่า 3 เส้น (สายเคเบิลหลายแกนให้ถือว่าจำนวนแกนคือจำนวนเส้น) โดยไม่นับตัวนำสำหรับต่อลงดินให้ใช้ตัวคูณ เพื่อลดค่ากระแสสำหรับตารางที่ 1, 3 และ 4 ดังนี้

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

ข้อยกเว้นที่ 1 สายไฟฟ้าที่มีระบบแรงดันไฟฟ้าต่างกันซึ่งวางสายไว้ในท่อสายเดียวกันให้ใช้ตัวคูณเพื่อลดขนาดกระแสเฉพาะสายสำหรับวงจรกำลัง วงจรแสงสว่างและวงจรควบคุมที่มีโหลดต่อเนื่อง

ข้อยกเว้นที่ 2 สำหรับสายที่ติดตั้งในรางเคเบิลให้ปฏิบัติตามข้อกำหนดในการเดินสายในรางเคเบิล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อยกเว้นที่ 3 สำหรับสายส่วนที่อยู่ใน Nipple และ Nipple มีความยาวไม่เกิน 60 ซม. ไม่ต้องใช้ตัวคูณลดขนาดกระแส

ข้อยกเว้นที่ 4 สำหรับสายใต้ดินส่วนที่เข้าหรือออกจาก Trench ซึ่งอยู่ภายนอกอาคารและมีจำนวนสายหรือแกนไม่เกิน 4 เส้น และมีการป้องกันทางกายภาพด้วยท่อสายชนิดโลหะหนา ท่อโลหะชนิดหนาปานกลาง หรือท่ออโลหะ ซึ่งท่อส่วนที่อยู่เหนือผิวดินมีความยาวไม่เกิน 3 เมตร ไม่ต้องใช้ตัวคูณลดขนาดกระแส

1.8 ข้อกำหนดของสายเส้นศูนย์ (Neutral) การนับจำนวนสายตามข้อ 1.7 ให้เป็นดังต่อไปนี้

1.8.1 ไม่ต้องนับสายเส้นศูนย์ของระบบ 3 เฟส ซึ่งได้ออกแบบให้มีโหลดสมดุลย์แต่บางขณะมีกระแสไม่สมดุลย์ไหลผ่าน

1.8.2 ให้นับสายเส้นศูนย์ด้วยระบบสามเฟสซึ่งโหลดส่วนใหญ่ (มากกว่าร้อยละ 50) ประกอบด้วยหลอดชนิด Electric Discharge (เช่น หลอดฟลูออเรสเซนต์ เป็นต้น) อุปกรณ์เกี่ยวกับ Data processing หรืออุปกรณ์ที่มีลักษณะคล้ายกันที่ทำให้เกดกระแส Harmonic ในสายศูนย์

2 ข้อกำหนดการใช้งานของสายแต่ละประเภท

2.1 สายไฟฟ้าที่ผลิตตามมาตรฐานของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 11-2531 ข้อกำหนดในการใช้งานให้เป็นไปตามตารางที่ 6

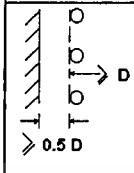
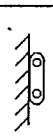
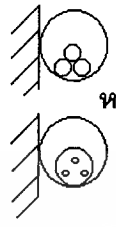
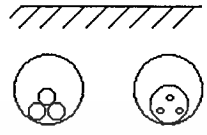
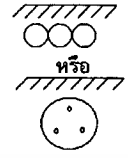
2.2 สายไฟตาตารางที่ 3 มีข้อกำหนดการใช้เช่นเดียวกับสายไฟฟ้าที่ผลิตตาม มอก. 11-2531 ตารางที่ 6

2.3 สายไฟประเภทอื่นต้องได้รับการเห็นชอบจากการไฟฟ้านครหลวง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1

ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าทองแดงหุ้มฉนวน พีวีซี ตาม มอก. 11-2531 อุณหภูมิตัวนำ 70 องศาเซลเซียส ขนาดแรงดัน 300 หรือ 750 โวลต์ อุณหภูมิโดยรอบ 40 องศาเซลเซียส (สำหรับวิธีการเดินสาย ก-ค) และ 30 องศาเซลเซียส (สำหรับวิธีการเดินสาย ง และ จ)

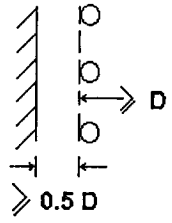
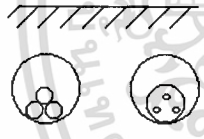
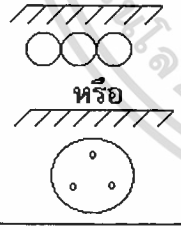
ขนาดสาย	ขนาดกระแส (แอมแปร์)						
	วิธีการเดินสาย(หมายเหตุ 1)						
							
(ตร.มม.)	ก	ข	ค		ง		จ
			ท่อโลหะ	ท่ออโลหะ	ท่อโลหะ	ท่ออโลหะ	
0.5	9	8	8	7	10	9	-
1	14	11	11	10	150	13	21
1.5	17	15	14	13	18	16	26
2.5	23	20	18	17	24	21	34
4	31	27	24	23	32	28	45
6	42	35	31	30	42	36	56
10	60	50	43	42	58	50	75
16	81	66	56	54	77	65	97
25	111	89	77	74	103	87	125
35	137	110	95	91	126	105	150
50	169	-	119	114	156	129	177
70	217	-	148	141	195	160	216
95	271	-	187	180	242	200	259
120	316	-	214	205	279	228	294
150	364	-	251	236	322	259	330
185	424	-	287	269	370	296	372
240	509	-	344	329	440	352	431
300	592	-	400	373	508	400	487
400	696	-	474	416	599	455	552
500	818		541	469	684	516	623

D = เส้นผ่านศูนย์กลางของสายไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุของตารางที่ 1

1. ชนิดของตัวนำและรูปแบบการติดตั้งเป็นดังนี้

วิธีการเดินสาย	รูปแบบการตดตั้ง	ชนิดของตัวนำและรูปแบบการติดตั้ง
ก.		สายแกนเดียวหุ้มฉนวนเดินในอากาศ
ข.		สายแบบหุ้มฉนวนมีเปลือกเดินเกาะผนัง
ค		สายแกนเดียวหุ้มฉนวนไม่เกิน 3 เส้น หรือสายหุ้มฉนวนมีเปลือกไม่เกิน 3 แกน เดินในท่อในอากาศ ในท่อในผนังปูนฉาบหรือในท่อในเพดาน
ง..		สายแกนเดียวหุ้มฉนวนไม่เกิน 3 เส้นหรือสายหุ้มฉนวนมีเปลือกไม่เกิน 3 แกน เดินในท่อฝังดิน
จ.		สายแกนเดียวหุ้มฉนวนไม่เกิน 3 เส้นหรือสายหุ้มฉนวนมีเปลือกไม่เกิน 3 แกน ฝังดินโดยตรง

D = เส้นผ่านศูนย์กลางของสายไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ ตารางที่ 1 (ต่อ)

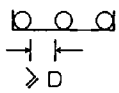
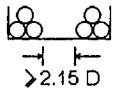
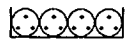
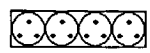
2. อุณหภูมิโดยรอบที่แตกต่างจาก 40 องศาเซลเซียส (สำหรับวิธีการเดินสายแบบ ก-ค)หรือ 30 องศาเซลเซียส(สำหรับวิธีการเดินสายแบบ ง และ จ)ให้คูณค่าขนาดกระแสด้วยตัวคูณดังนี้

อุณหภูมิโดยรอบ	ตัวคูณ	
(องศาเซลเซียส)	วิธีการเดินสาย ก-ค(หมายเหตุ 1)	วิธีการเดินสาย ง และ จ(หมายเหตุ 1)
21-25	-	1.06
26-30	-	1
31-35	1.08	0.94
36-40	1	0.87
41-45	0.91	0.79
46-50	0.82	0.71
51-55	0.71	-
56-60	0.58	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2

ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าทองแดงหุ้มฉนวน พีวีซี ตาม มอก.11-2531 อุณหภูมิตัวนำ 70 องศาเซลเซียส ขนาดแรงดัน 300 หรือ 750 โวลต์ อุณหภูมิโดยรอบ 40 องศาเซลเซียส วางบนรางเคเบิล (Cable Tray)

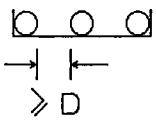
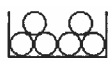
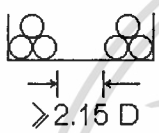
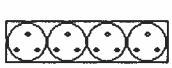
ขนาดสาย (ตร.มม)	ขนาดกระแส (แอมแปร์) วิธีการเดินสาย (หมายเหตุ 1)					
						
	ก	ข	ค	ง	จ	ฉ
1	-	-	-	-	11	10
1.5	-	-	-	-	14	13
2.5	-	-	-	-	18	17
4	-	-	-	-	24	23
6	-	-	-	-	31	29
10	-	-	-	-	43	41
16	-	-	-	-	56	53
25	-	-	-	-	77	73
35	-	-	-	-	95	90
50	169	110	143	101	119	113
70	217	141	183	130	148	140
95	271	176	230	163	187	178
120	316	205	267	190	214	203
150	364	237	308	218	251	238
185	424	276	360	254	287	273
240	509	331	432	305	344	327
300	592	444	504	414	400	393
400	696	522	593	487	-	-
500	818	613	699	572	-	-

D = เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของสาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ ของตารางที่ 2

1. ชนิดของตัวนำและรูปแบบการติดตั้งเป็นไปดังนี้

วิธีการเดินสาย	รูปแบบการติดตั้ง	ชนิดของตัวนำและรูปแบบการติดตั้ง
ก		สายแกนเดียวตามข้อ 5.14.1 วางเรียงกันชั้นเดียวบนรางเคเบิล มีระยะห่างระหว่างสายไม่น้อยกว่าเส้นผ่านศูนย์กลางของสายเส้นโตที่อยู่โกล้กัน
ข		สายแกนเดียวตามข้อ 5.14.1 วางบนรางเคเบิลไม่มีระยะห่างระหว่างสาย วางเรียงกันหรือซ้อนกันตามข้อ 5.14.5
ค		สายแกนเดียวตามข้อ 15.4.1 วางซ้อนกันเป็นสามเหลี่ยมบนรางเคเบิล มีระยะห่างระหว่างกลุ่มสายไม่น้อยกว่า 2.15 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของสายแต่ละเส้น
ง		สายแกนเดียวตามข้อ 5.4.1 วางบนรางเคเบิลมีฝาปิดที่ไม่มีระยะห่างระหว่างสายวางเรียงกันหรือซ้อนกันตามข้อ 5.14.5
จ		สายหลายแกนตามข้อ 5.14.1 วางบนรางเคเบิล วางเรียงกันหรือซ้อนกันตามข้อ 5.14.4
ฉ		สายหลายแกนตามข้อ 5.14.1 วางบนรางเคเบิลมีฝาปิดทึบยาวเกิน 180 ซ.ม วางเรียงกันหรือซ้อนกันตามข้อ5.14.4

D = เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของสาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุของตารางที่ 2 (ต่อ)

2 อุณหภูมิโดยรอบที่แตกต่างจาก 40 องศาเซลเซียส ให้คูณค่าขนาดกระแสด้วยตัวคูณดังต่อไปนี้

อุณหภูมิโดยรอบ (องศาเซลเซียส)	ตัวคูณ
31-35	1.08
36-40	1
41-45	0.91
46-50	0.82
51-55	0.71
56-60	0.58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3

ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าทองแดงหุ้มฉนวนครอสลิ้งค์โพลีเอททีลีน อุณหภูมิตัวนำ 90 องศาเซลเซียส ขนาดแรงดัน 600 โวลต์ อุณหภูมิโดยรอบ 40 องศาเซลเซียส (สำหรับการเดินสายในอากาศ) และ 30 องศาเซลเซียส (สำหรับเดินสายใต้ดิน)

ขนาดสาย (ตร.มม)	ขนาดกระแส (แอมแปร์)				
	วิธีการเดินสาย				
	ก	ข	ค		
	สายแกนเดียวเดินในอากาศ	สายแกนเดียว 3 เส้นเดินในท่อโลหะในอากาศ	สายแกนเดียว 3 เส้นเดินในท่อฝังดิน		สายแกนเดียวไม่เกิน 3 เส้น หรือสายหลายแกนไม่เกิน 3 แกนฝังดินโดยตรง
			ท่อโลหะ	ท่ออโลหะ	
2.5	36	25	31	28	44
4	47	33	41	36	57
6	60	42	52	46	71
10	82	56	70	61	94
16	110	76	93	81	122
25	148	100	123	107	156
35	184	123	151	130	187
50	224	153	184	156	221
70	386	191	230	197	270
95	356	239	285	241	325
120	417	275	329	277	368
150	481	322	380	318	413
185	559	368	436	363	466
240	672	440	518	430	539
300	782	510	615	501	607
400	921	604	734	586	687
500	1080	686	855	685	773

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ ของตารางที่ 3

อุณหภูมิโดยรอบที่แตกต่างจาก 40 องศาเซลเซียส (สำหรับการเดินสายในอากาศ) หรือ 30 องศาเซลเซียส (สำหรับเดินสายใต้ดิน) ให้คูณค่ากระแสด้วยตัวคูณดังนี้

อุณหภูมิโดยรอบ	ตัวคูณ	
(องศาเซลเซียส)	การเดินสายในอากาศ	การเดินสายใต้ดิน
21-25	-	1.04
26-30	-	1
31-35	1.05	0.96
36-40	1	0.91
41-45	0.95	0.87
46-50	0.89	0.82
51-55	0.84	-
56-60	0.78	-

ตารางที่ 4

ขนาดกระแสของสายทองแดงหุ้มฉนวนครอสลิ้งค์โพลีเอททีลีน มีชีลด์ อุณหภูมิตัวนำ 90 องศาเซลเซียส ขนาดแรงดัน 12 หรือ 24 เควี อุณหภูมิโดยรอบ 40 องศาเซลเซียส (สำหรับการเดินสายในอากาศ) และ 30 องศาเซลเซียส (สำหรับการเดินสายใต้ดิน)

ขนาดสาย (ตร.มม)	ขนาดกระแส (แอมแปร์) วิธีการเดินสาย			
	สายแกนเดียว 3 เส้นเดินในท่อโลหะในอากาศ	สายแกนเดียว 3 เส้นเดินในท่อฝังดิน		สายแกนเดียว 1 วงจร ฝังดิน โดยตรง
		ท่อโลหะ	ท่ออโลหะ	
35	148	176	149	209
50	175	209	478	247
70	215	258	218	302
95	265	315	265	361
120	303	361	303	410
150	348	413	341	460
185	396	469	386	519
240	478	563	454	601
300	551	650	521	679
400	636	751	607	772
500	730	869	706	878

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ ของตารางที่ 4

อุณหภูมิโดยรอบที่แตกต่างจาก 40 องศาเซลเซียส (สำหรับการเดินสายในอากาศ) หรือ 30 องศาเซลเซียส (สำหรับการเดินสายใต้ดิน) ให้คูณค่าขนาดกระแสด้วยตัวคูณดังนี้

อุณหภูมิโดยรอบ (องศาเซลเซียส)	ตัวคูณ	
	การเดินสายในอากาศ	การเดินสายใต้ดิน
21-25	-	1.04
26-30	-	1
31-35	1.05	0.96
36-40	1	0.91
41-45	0.95	0.87
46-50	0.89	0.82
51-55	0.84	-
56-60	0.78	-

ตารางที่ 5

ขนาดกระแสของสายทองแดงหุ้มฉนวนครอสลิ้งค์โพลีเอททีลีน มีชีลด์ อุณหภูมิตัวนำ 90 องศาเซลเซียส ขนาดแรงดัน 12 หรือ 24 เควี อุณหภูมิโดยรอบ 30 องศาเซลเซียส เดินใน Duct Bank ไม่เกิน 8 ท่อ

ขนาดสาย (ตร.มม.)	ขนาดกระแสต่อหนึ่งวงจร จำนวนวงจรทั้งหมด							
	1	2	3	4	5	6	7	8
35	175	160	147	137	130	122	116	110
50	210	191	175	162	153	144	136	130
70	251	228	208	193	182	171	161	154
95	313	282	256	236	222	208	196	187
120	357	322	292	270	254	238	224	213
150	405	362	327	300	282	263	248	235
185	461	410	369	339	318	296	278	264
240	535	475	427	392	367	342	321	305
300	611	539	481	440	411	382	358	339
400	694	619	553	507	473	440	412	391
500	797	695	616	560	522	483	451	427

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ ของตารางที่ 5

อุณหภูมิโดยรอบที่แตกต่างจาก 30 องศาเซลเซียส ให้คูณค่าของกระแสด้วยตัวคูณดังนี้

อุณหภูมิโดยรอบ(องศาเซลเซียส)	ตัวคูณ
21-25	1.04
26-30	1
31-35	0.96
36-40	0.91
41-45	0.87
46-50	0.82
51-55	-
56-60	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6

ข้อกำหนดการใช้งานของสายไฟฟ้าที่ผลิตตาม มอก. 11-2531 (อุณหภูมิใช้งาน 70 องศาเซลเซียส)

สายไฟฟ้าตาม มอก. 11-2531 ตารางที่	แรงดันที่กำหนด (โวลต์)	สถานที่ใช้งาน	ลักษณะการติดตั้ง
1	300	ใช้ในสถานที่แห้งและสถานที่เปียก	-เดินลอย (Open Wiring) ต้องยึดด้วยวัสดุฉนวน -เดินในท่อสายในสถานที่แห้ง -ห้ามร้อยท่อฝังดินหรือฝังดินโดยตรง
2	300	ใช้ในสถานที่แห้งและสถานที่เปียก	สายกลม -เดินลอย -เดินฝังในผนังปูนฉาบ -เดินซ่อน(Conceal)ในผนัง -เดินในท่อสาย -เดินร้อยท่อ(Conduit)ฝังดินได้แต่ต้องป้องกันไม่ให้น้ำเข้าในท่อและป้องกันไม่ให้สายมีโอกาสแช่น้ำ -ห้ามฝังดินโดยตรง สายแบน -เดินเกาะผนัง -เดินซ่อน(Conceal)ในผนัง -ห้ามฝังดินโดยตรง -เดินฝังในผนังปูนฉาบ
3	300	ใช้ในสถานที่แห้งและสถานที่เปียก	-ใช้งานได้ทั่วไป -ห้ามฝังดินโดยตรง
4	750	ใช้ในสถานที่แห้งและสถานที่เปียก	-เดินลอยต้องยึดด้วยวัสดุฉนวน -เดินในท่อสายในสถานที่แห้ง -ห้ามฝังดินโดยตรง -ร้อยท่อฝังดินได้ แต่ต้องป้องกันไม่ให้น้ำเข้าไปในท่อและป้องกันไม่ให้สายมีโอกาสแช่น้ำ
5	750	ใช้ในสถานที่แห้ง	
6	750	ใช้ในสถานที่แห้งและสถานที่เปียก	-ใช้งานได้ทั่วไป -ฝังดินโดยตรง
7	750	ใช้ในสถานที่แห้งและสถานที่เปียก	-ใช้งานได้ทั่วไป -ฝังดินโดยตรง
8	750	ใช้ในสถานที่แห้งและสถานที่เปียก	-ใช้งานได้ทั่วไป -ฝังดินโดยตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6 (ต่อ)

สายไฟฟ้าตาม มอก. 11-2531 ตารางที่	แรงดันที่กำหนด (โวลต์)	สถานที่ใช้งาน	ลักษณะการติดตั้ง
9	750	ใช้ในสถานที่แห้งและสถานที่เปียก	-ใช้งานได้ทั่วไป -ฝังดินโดยตรง
10	300	ใช้ในสถานที่แห้งและสถานที่เปียก	-ใช้ต่อเข้าเครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดหยิบยกได้ และใช้ต่อเข้าดวงโคม
11	300	ใช้ในสถานที่แห้งและสถานที่เปียก	-เดินเกาะผนัง -เดินซ่อน(Conceal)ในผนัง -เดินฝังในผนังปูนฉาบ -ห้ามร้อยท่อฝังดินหรือฝังดินโดยตรง
12	300	ใช้ในสถานที่แห้งและสถานที่เปียก	-ใช้งานได้ทั่วไป -ห้ามฝังดินโดยตรง
13	750	ใช้ในสถานที่แห้งและสถานที่เปียก	-เดินเกาะผนัง -เดินซ่อน(Conceal) ในผนัง -เดินฝังในผนังปูนฉาบ -ห้ามฝังดินโดยตรง
14	750	ใช้ในสถานที่แห้งและสถานที่เปียก	-ใช้งานได้ทั่วไป -ฝังดินโดยตรง
15	750	ใช้ในสถานที่แห้งและสถานที่เปียก	-ใช้ต่อเข้าเครื่องอุปกรณ์ไฟฟ้าและเครื่องใช้ไฟฟ้า
16	300	ใช้ในสถานที่แห้งและสถานที่เปียก	-ใช้ต่อเข้าเครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดหยิบยกได้และใช้ต่อเข้าดวงโคม
17	300	ใช้ในสถานที่แห้งและสถานที่เปียก	-ใช้ต่อเข้าเครื่องอุปกรณ์ไฟฟ้าและเครื่องใช้ไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

กฎการเดินสายและติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้า พ.ศ.2538 ; การไฟฟ้านครหลวง

หลักการและเทคนิคการออกแบบระบบไฟฟ้ากำลัง ; ศุลี บรรจงจิต

PHELPS DODGE'S DESIGN MANUAL ON ELECTRICAL CONDUCTOR FOR INTERIOR WRING

การออกแบบระบบไฟฟ้า(ELECTRICAL SYSTEM DESIGN) ; ธนบูรณ์ ศศิภานุเดช

VISUAL BASIC 4.0 ; สุทธิศักดิ์ พงศ์ธนาพาณิช

VISUAL BASIC 4 FOR WINDOW 95 ; Wallace wang

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้