



กรมโรงงานอุตสาหกรรม
DEPARTMENT OF OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH

คู่มือ

การเขียนแบบแปลน โดยแสดงเป็นแผนภาพเส้นเดี่ยว SINGLE LINE DIAGRAM



กรมโรงงานอุตสาหกรรม
DEPARTMENT OF OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH

สำนักเทคโนโลยีความปลอดภัย กรมโรงงานอุตสาหกรรม
75/6 ถนนพหลโยธิน 8 เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10400
โทรศัพท์ 0-2202-4217 โทรสาร 0-2354-3992

สำนักเทคโนโลยีความปลอดภัย
กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม
www2.diw.go.th/safety

คำนำ

ระบบไฟฟ้าภายในโรงงานอุตสาหกรรมเป็นหัวใจสำคัญของขบวนการผลิตสินค้าต่าง ๆ และอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นภายในโรงงานอุตสาหกรรมก็มีสาเหตุเกิดจากไฟฟ้าเป็นลำดับต้น ๆ ของการเกิดอุบัติเหตุทั้งหมด ดังนั้น การกำหนดมาตรการความปลอดภัยเกี่ยวกับระบบไฟฟ้าภายในโรงงานอุตสาหกรรม จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อขบวนการผลิต ความปลอดภัยของพนักงาน ความปลอดภัยของโรงงาน ตลอดจนชุมชน และสภาพแวดล้อมรอบข้างของโรงงานอุตสาหกรรม ให้มีคุณภาพดียิ่งขึ้น

กรมโรงงานอุตสาหกรรม มีภาระหน้าที่ ความรับผิดชอบในการกำกับดูแล ส่งเสริม สนับสนุน ผู้ประกอบการธุรกิจอุตสาหกรรมให้สามารถแข่งขันได้ มีความปลอดภัยในการประกอบกิจการของโรงงาน กรมโรงงานฯ จึงได้จัดทำคู่มือการเขียนแบบแปลนโดยแสดงเป็นแผนภาพเส้นเดียว (Single Line Diagram) ซึ่งนำเสนอเนื้อหาเกี่ยวกับ สัญลักษณ์ในการเขียนแบบ การเตรียมข้อมูล และการเขียนแบบแปลน โดยแสดงเป็นแผนภาพเส้นเดียว (Single Line Diagram) โดยเนื้อหา มุ่งเน้นให้ผู้ประกอบการสามารถนำไปปฏิบัติใช้งานได้จริง เพื่อปรับปรุงแก้ไขแบบแปลน โดยแสดงเป็นแผนภาพเส้นเดียว (Single Line Diagram) ให้สอดคล้องตามกฎกระทรวง

สำนักเทคโนโลยีความปลอดภัย

กรมโรงงานอุตสาหกรรม

มิถุนายน 2551

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 สัญลัษณ์ในการเขียนแบบ	1-1
1.1 บทนำ	1-1
1.2 ขอบเขต	1-1
1.3 สัญลัษณ์ในการเขียนแบบ	1-1
บทที่ 2 การเตรียมข้อมูลการเขียนแบบแปลนโดยแสดงเป็นแผนภาพเส้นเดียว	2-1
2.1 ข้อมูลด้านระบบไฟฟ้าแรงสูง	2-1
2.2 ข้อมูลด้านอุปกรณ์ไฟฟ้า (หม้อแปลงไฟฟ้าและอุปกรณ์แรงต่ำ)	2-7
บทที่ 3 ขั้นตอนการเขียนแบบแปลนโดยแสดงเป็นแผนภาพเส้นเดียว (Single Line Diagram) สำหรับโรงงานอุตสาหกรรม	3-1
3.1 การแบ่งส่วนการเขียนแบบแปลนโดยแสดงแผนภาพเส้นเดียว	3-1
บทที่ 4 การจัดทำตารางโหลด (Load Schedule)	4-1
4.1 ประโยชน์ที่ได้รับจากการจัดทำตารางโหลด	4-1
4.2 ขั้นตอนการทำตารางโหลด	4-1
4.3 ตัวอย่างการจัดทำตารางโหลด	4-4
บทที่ 5 ตัวอย่างในการเขียนแบบแปลนโดยแสดงเป็นแผนภาพเส้นเดียว	5-1

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 1.1	สัญลักษณ์ในการเขียนแบบไฟฟ้า	1-3
ตารางที่ 2.1	แสดงข้อมูลที่ต้องจัดเตรียมสำหรับหม้อแปลงไฟฟ้า	2-8
ตารางที่ 4.1	แสดงตารางโหลด	4-3
ตารางที่ 4.2	แสดงค่าต่างๆในตารางโหลด	4-7

สารบัญรูป

	หน้า	
รูปที่ 1.1	แสดงสัญลักษณ์ทางไฟฟ้าเพื่อใช้แทนอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ	1-2
รูปที่ 2.1	แสดงสายอะลูมิเนียมเคลือบเกลียวเปลือย (AAC) ระดับแรงดัน 69 kV	2-1
รูปที่ 2.2	แสดงสายหุ้มฉนวนแรงสูง 2 ชั้น ไม่เติมพิกัด (SAC) ระดับแรงดัน 24 kV.	2-2
รูปที่ 2.3	แสดงสาย Cross-linked Polyethylene (XLPE)	2-2
รูปที่ 2.4	แสดงสาย Cross-linked Polyethylene (XLPE) แบบสายใต้ดิน ระดับแรงดัน 24 kV	2-3
รูปที่ 2.5	แสดง Drop fuse cutout และตำแหน่งติดตั้งใช้งาน	2-4
รูปที่ 2.6	แสดงลักษณะของ Power Fuse	2-4
รูปที่ 2.7	แสดงฟิวส์ และสวิตช์สำหรับตัดโหลด	2-5
รูปที่ 2.8	แสดงเซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit Breaker)	2-5
รูปที่ 2.9	แสดงสวิตช์แยกวงจร (Isolating Switch , Disconnecter)	2-6
รูปที่ 2.10	แสดงกับดักเสิร์จที่ติดตั้งใช้งานและสัญลักษณ์	2-7
รูปที่ 2.11	แสดง Name Plate ของหม้อแปลง	2-8
รูปที่ 2.12	แสดงสัญลักษณ์ของหม้อแปลง	2-9
รูปที่ 2.13	แสดงสายแรงต่ำในระบบจำหน่ายของการไฟฟ้า	2-10
รูปที่ 2.14	แสดงสายแรงต่ำภายในโรงงาน	2-11
รูปที่ 2.15	แสดงการเดินทางสายร้อยท่อโลหะชนิด EMT ภายในโรงงาน	2-12
รูปที่ 2.16	แสดงการติดตั้งรางเดินสาย	2-12
รูปที่ 2.17	แสดงการเดินทางในรางเคเบิลแบบบันได	2-13
รูปที่ 2.18	แสดงการเดินทางสายใน Cable Trench	2-14
รูปที่ 2.19	แสดงตู้สวิตช์ประธาน (Main Distribution Board (MDB))	2-15
รูปที่ 2.20	แสดงประเภทของเซอร์กิตเบรกเกอร์	2-16
รูปที่ 2.21	แสดงสัญลักษณ์ของเซอร์กิตเบรกเกอร์	2-17
รูปที่ 2.22	แสดงเมนเซอร์กิตเบรกเกอร์และตำแหน่งติดตั้ง Name Plate	2-17
รูปที่ 2.23	แสดง Name Plate ของเซอร์กิตเบรกเกอร์เพื่อพิจารณาค่าต่างๆ	2-18
รูปที่ 2.24	แสดงฟิวส์แรงต่ำ	2-19
รูปที่ 2.25	แสดงสัญลักษณ์ของฟิวส์	2-19
รูปที่ 2.26	แสดงฟิวส์โหลดเบรก	2-19

สารบัญรูป(ต่อ)

	หน้า	
รูปที่ 2.27	แสดงสัญลักษณ์ฟิวส์โหลดเบรก	2-20
รูปที่ 2.28	แสดงเซฟตี้สวิตช์	2-20
รูปที่ 2.29	แสดงอุปกรณ์เครื่องมือวัด	2-21
รูปที่ 2.30	แสดงสัญลักษณ์ของเครื่องมือวัดแบบต่าง ๆ	2-21
รูปที่ 2.31	แสดงสัญลักษณ์และตำแหน่งการติดตั้งเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าต่างๆ	2-22
รูปที่ 2.32	แสดงสัญลักษณ์และตำแหน่งการติดตั้งคาปาซิเตอร์	2-23
รูปที่ 2.33	แสดงชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	2-24
รูปที่ 2.34	แสดงระบบไฟฟ้าที่มีชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพร้อม Transfer Switch	2-24
รูปที่ 2.35	แสดงแผงสวิตช์ (Distribution Board (DB))	2-25
รูปที่ 2.36	แสดงสัญลักษณ์ของแผงสวิตช์	2-25
รูปที่ 2.37	แสดงแผงย่อย (Panelboard (PB))	2-26
รูปที่ 2.38	แสดงสัญลักษณ์ของแผงย่อย	2-27
รูปที่ 2.39	แสดงโหลดประเภทมอเตอร์ไฟฟ้า	2-28
รูปที่ 2.40	แสดงสัญลักษณ์โหลดมอเตอร์ไฟฟ้า	2-28
รูปที่ 3.1	แสดงส่วนประกอบการจ่ายไฟฟ้า	3-1
รูปที่ 3.2	แสดงสายไฟฟ้าแรงสูงแบบเดินสายอากาศและหม้อแปลงไฟฟ้า	3-2
รูปที่ 3.3	แสดงแผนภาพเส้นเดี่ยวของสายไฟฟ้าแรงสูงแบบเดินสายอากาศและหม้อแปลงไฟฟ้า	3-2
รูปที่ 3.4	แสดงสายไฟฟ้าแรงสูงแบบเดินสายใต้ดินและหม้อแปลงไฟฟ้า	3-3
รูปที่ 3.5	แสดงแผนภาพเส้นเดี่ยวของสายไฟฟ้าแรงสูงแบบเดินสายใต้ดิน และหม้อแปลงไฟฟ้า	3-3
รูปที่ 3.6	แสดงการเดินสายไฟฟ้าแรงต่ำจากหม้อแปลงไฟฟ้าไปตู้สวิตช์ประธาน	3-4
รูปที่ 3.7	แสดงแผนภาพเส้นเดี่ยวของสายไฟฟ้าแรงต่ำจากหม้อแปลงไฟฟ้าไปตู้สวิตช์ประธาน	3-5
รูปที่ 3.8	แสดงการเดินสายไฟฟ้าแรงต่ำจากตู้สวิตช์ประธานไปแผงสวิตช์(DB) หรือโหลดขนาดใหญ่	3-6
รูปที่ 3.9	แสดงแผนภาพเส้นเดี่ยวจากตู้สวิตช์ประธาน(MDB)ไปแผงสวิตช์หรือโหลดขนาดใหญ่	3-7
รูปที่ 3.10	แสดงการเดินสายไฟฟ้าแรงต่ำจากแผงสวิตช์(DB)ไปโหลดหรือแผงย่อย(PB)	3-8
รูปที่ 3.11	แสดงแผนภาพเส้นเดี่ยวจากแผงสวิตช์ไปโหลดหรือแผงย่อย(PB)	3-8

สารบัญรูป(ต่อ)

	หน้า	
รูปที่ 4.1	แสดงแผงย่อย (Panelboard (PB))	4-2
รูปที่ 4.2	แสดงวงจรไฟฟ้า	4-5
รูปที่ 5.1	แสดงแผนภาพเส้นเดี่ยวด้านระบบไฟฟ้าแรงสูงและหม้อแปลงไฟฟ้า	5-1
รูปที่ 5.2	แสดงแผนภาพเส้นเดี่ยวด้านไฟฟ้าแรงต่ำจากหม้อแปลงไฟฟ้าและตู้สวิตช์ประธาน (MDB)	5-3
รูปที่ 5.3	แสดงแผนภาพเส้นเดี่ยวด้านไฟฟ้าแรงต่ำจากตู้สวิตช์ประธาน (MDB) ไปแผงสวิตช์ (DB) หรือโหนดขนาดใหญ่	5-5
รูปที่ 5.4	แสดงแผนภาพเส้นเดี่ยวด้านไฟฟ้าแรงสูงถึงแผงสวิตช์ (DB)	5-6
รูปที่ 5.5	แสดงแผนภาพเส้นเดี่ยวด้านแผงสวิตช์ DB 1	5-7
รูปที่ 5.6	แสดงแผนภาพเส้นเดี่ยวด้านแผงสวิตช์ DB 12	5-8

บทที่ 1

สัญลักษณ์ในการเขียนแบบ

1.1 บทนำ

เนื้อหาของหนังสือเล่มนี้มุ่งเน้นให้ผู้ที่ปฏิบัติงานด้านไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม ที่มีหน้าที่รับผิดชอบในการควบคุม ซ่อมบำรุง หรือติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าใหม่ ซึ่งอาจจะเป็นวิศวกรไฟฟ้า หรือช่างไฟฟ้า ที่ทำหน้าที่รับผิดชอบด้านไฟฟ้าภายในโรงงานอุตสาหกรรม ได้ศึกษารายละเอียด เกี่ยวกับการเขียนแบบแปลนโดยแสดงเป็นแผนภาพเส้นเดี่ยว (Single Line Diagram) และสามารถ นำความรู้ไปเขียนแผนภาพฯ ระบบการจ่ายไฟของโรงงานที่ดูแลรับผิดชอบได้ ทั้งนี้ เพื่อให้เกิดความ ปลอดภัยในการใช้ไฟฟ้าภายในโรงงานอุตสาหกรรม และเป็นไปตามกฎกระทรวง เรื่อง กำหนดมาตรการ ความปลอดภัยเกี่ยวกับระบบไฟฟ้าในโรงงาน พ.ศ.2550 ซึ่งกฎหมายได้กำหนดให้โรงงานอุตสาหกรรม จะต้องมีการจัดทำแผนภาพเส้นเดี่ยว ให้แล้วเสร็จภายในระยะเวลา 3 ปี

1.2 ขอบเขต

เนื้อหาในหนังสือเล่มนี้มีส่วนประกอบ ดังนี้

1. สัญลักษณ์ในการเขียนแบบ
2. การเตรียมข้อมูลในการเขียนแบบแปลนโดยแสดงเป็นแผนภาพเส้นเดี่ยว
3. ขั้นตอนการเขียนแบบแปลนโดยแสดงเป็นแผนภาพเส้นเดี่ยว
4. การจัดทำตารางโหลด (Load Schedule)
5. ตัวอย่างในการเขียนแบบแปลนโดยแสดงเป็นแผนภาพเส้นเดี่ยว

1.3 สัญลักษณ์ในการเขียนแบบ

การเขียนแบบทางไฟฟ้าต้องมีการกำหนดสัญลักษณ์ทางไฟฟ้า เพื่อใช้แทนอุปกรณ์ไฟฟ้า ต่าง ๆ ทั้งนี้ สัญลักษณ์ที่ใช้ต้องเป็นสัญลักษณ์ตามมาตรฐานสากล เพื่อให้มีความเข้าใจตรงกัน โดยในหนังสือเล่มนี้จะกำหนดให้ใช้มาตรฐาน IEC 60617 ตัวอย่างสัญลักษณ์ที่ใช้ เช่น

โหลดไฟฟ้า

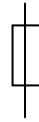


เซอร์กิตเบรกเกอร์

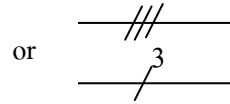


โครงการจัดทำคู่มือการเขียนแบบแปลนโดยแสดงเป็นแผนภาพเส้นเดี่ยว(Single Line Diagram)

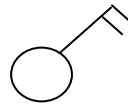
ฟิวส์



จำนวนตัวนำ

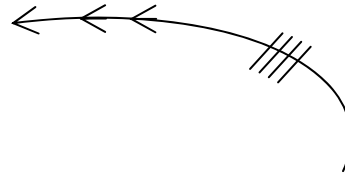


สวิตช์ 2 ขั้ว



L 1, 3, 5

LP 5

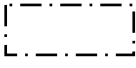




สัญลักษณ์วงจรไฟฟ้า เช่น




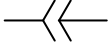

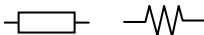






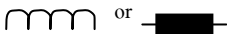





ลูกศรแสดงวงจรย่อย วงจรที่ 1 (เฟส A) , 3 (เฟส B) , 5 (เฟส C) และสายนิวทรัลรวม 4 เส้น
เดินสายไปยังแผงจ่ายไฟ LP5







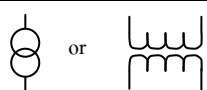

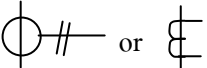

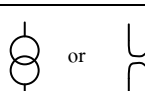

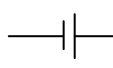



รูปที่ 1.1 แสดงสัญลักษณ์ทางไฟฟ้าเพื่อใช้แทนอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ

ตารางที่ 1
สัญลักษณ์ในการเขียนแบบไฟฟ้า
Standard symbols (อ้างอิง IEC 60617)



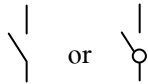












หมายเลขตาม IEC	รายการ	Standard symbol
02-01-06	Line of separation between functional unit	
02-02-01	Direct current	—
02-02-04	Alternating current	~
02-02-05	Alternating current of 50 Hz	~50Hz
02-02-07	Alternating current: three-phase with neutral 50 Hz, 400 V (230 V between phase and neutral)	3N~50Hz 400/230V
02-08-01	Thermal effect	
02-08-02	Electromagnetic effect	
02-08-04	Magnetic field effect or dependence	×
02-12-04	Line of application, optional, denoting small interval	==
02-13-01	Manual operation, general use	-----
02-13-03	Operated by pulling]-----
02-13-04	Operated by turning	┌-----
02-13-05	Operated by pushing	└-----
02-13-08	Emergency switch	⌋-----
02-13-13	Operated by key	○-----
02-13-23	Electromagnetic operation	□-----

หมายเลขตาม IEC	รายการ	Standard symbol
02-13-24	Operated by electromagnetic overcurrent protection	
02-13-25	Operated by thermal overcurrent protection	
02-13-26	Operated by electric motor	
02-15-01	Earth, general symbol	
02-15-03	Protective earth	
02-17-01	Fault (indicated of assumed fault location)	
02-A1-02	Operated by electromagnetic actuator	
03-01-01	Conductor	
03-01-02	Number pf conductors	
03-01-03		or
03-01-05	Three-phase circuit, 50 Hz, 400 V, three conductors of 120 mm ² , with neutral of 50 mm ²	$\frac{3N \sim 50\text{Hz } 400\text{V}}{3 \times 120 \text{ mm}^2 + 1 \times 50}$
03-01-09	Conductor in cable	
03-02-01	Connection of conductors	
03-02-02	Terminal	
03-02-03	Terminal strip / block	
03-02-04	Junction of conductors	
03-02-05		or
03-03-01	Female contact (of socket or plug)	
03-03-02	Female contact (of socket or plug)	












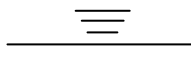
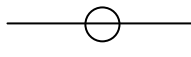
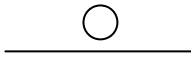


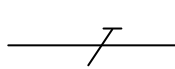
หมายเลขตาม IEC	รายการ	Standard symbol
03-03-03	Male contact (of socket or plug)	
03-03-04	Male contact (of socket or plug)	
03-03-05	Connector with plug and socket	
03-03-06	Connector with plug and socket	
03-03-08	Socket and plug, multipole	
04-01-01 04-01-02	Resistor, general symbol	
04-01-03	Variable resistor, general symbol	
04-01-09	Resistor with fixed tapplings	
04-02-01	Capacitor, general	
04-02-02	Capacitor, general	
04-02-07	Adjustable capacitor	
04-02-08	Adjustable capacitor	
04-03-01 04-03-02	Winding, inductance, general symbol	
04-03-03	Inductor with magnetic core	
04-03-06	Winding with fixed tapping	
06-02-05	Three-phase winding, delta	
06-02-07	Three-phase winding, star	
06-02-08	Three-phase winding, star, with neutral brought out	

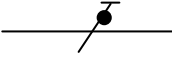
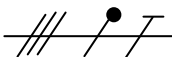
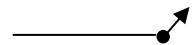
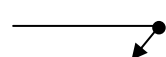



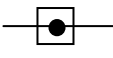









หมายเลขตาม IEC	รายการ	Standard symbol
06-04-01	Generator	
06-04-01	Motor, general symbol	
06-04-01	DC motor, general symbol	
06-04-01	AC motor, general symbol	
06-08-01	Three-phase asynchronous with squirrel cage rotor	
06-08-03	Three-phase asynchronous with slip-ring rotor	
06-09-01 06-09-02	Transformers with two windings	
06-09-07	Autotransformer	
06-09-10 06-09-11	Current transformer	
06-10-07	Three-phase transformer, connection star-delta	
06-13-01A	Voltage transformer	
06-04-05	Inverter	
06-15-01	Primary cell, Secondary cell, Battery of primary or secondary cell	
07-01-01	Contactor function	
07-01-02	Circuit breaker function	
07-01-03	Disconnecter (Isolator) function	

โครงการจัดทำคู่มือการเขียนแบบแปลนโดยแสดงเป็นแผนภาพเส้นเดี่ยว(Single Line Diagram)

หมายเลขตาม IEC	รายการ	Standard symbol
07-01-04	Switch-disconnector (Isolating-switch) function	
07-01-05	Automatic tripping function initiated by built-in measuring relay or release	
07-02-01 07-02-02	Make contact	
07-02-03	Break contact	
07-02-05	Change-over contact with off-position in the center	
07-02-01	Make contact, delay when device is being activated	
07-05-02	Make contact, delay when device is being de-activated	
07-05-03	Breaking contact, delay when device is being activated	
07-05-04	Breaking contact, delay when device is being de-activated	
07-07-02	Push-button (non stay-put)	
07-13-02	Contact (make contact)	
07-13-05	Circuit breaker	
07-13-06	Disconnecter	
07-13-08	Switch-disconnector (On-load isolating switch)	
07-13-09	Switch-disconnector with built-in automatic tripping	


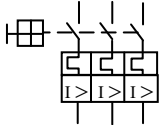
หมายเลขตาม IEC	รายการ	Standard symbol
07-14-01	Motor starter, general symbol	
07-15-01	Electromechanical operating device, general symbol, relay coil, general symbol	
07-15-07	Electromechanical device with off-delay	
07-15-08	Electromechanical operating device with on-delay	
07-15-09	Electromechanical device with on-and off-delay	
07-15-21	Electromechanical device of a thermal relay	
07-16-03	Residual voltage	U_{rsd}
07-16-04	Reverse current	$I \leftarrow$
07-16-05	Differential current	I_d
07-16-06	Percentage differential current	I_d/I
07-16-07	Earth fault current	$I \perp \underline{\underline{\quad}}$
07-16-08	Current in the neutral conductor	I_N
07-17-01	No voltage relay	
07-17-02	Reverse current relay	
07-17-03	Under-pressure relay, make contact	
07-21-01	Fuse, general symbol	
07-21-07	Fuse-switch	

หมายเลขตาม IEC	รายการ	Standard symbol
07-21-08	Fuse-disconnector (fues isolator)	
07-21-09	Fuse switch-disconnector (on-load isolating switch)	
08-02-01	Voltmeter	
08-02-04	Varmeter	
08-02-05	Power-factor meter	
08-02-07	Frequency meter	
08-04-03	Watt-hour meter	
08-10-01	Indicator light, general symbol	
08-10-05	Horn, claxon	
08-10-10	Buzzer	
08-10-11	Buzzer	
10-03-01	Underground line	
11-03-03	Overhead line	
11-03-04	Line within a duct, Line within a pipe	
11-04-01	Overground weather-proof enclosure, general symbol	
11-11-01	Neutral conductor	
11-11-02	Protective conductor	

หมายเลขตาม IEC	รายการ	Standard symbol
11-11-03	Combined protective and neutral conductor	
11-11-04	EXAMPLE: Three-phase wiring with neutral conductor and protective conductor	
11-12-01	Wiring going upwards	
11-12-02	Wiring going downwards	
11-12-03	Wiring passing through vertically	
11-12-04	Box, general symbol	
11-12-05	Connection box, Junction box	
11-12-06	Consumers terminal, Service entrance equipment	
11-12-07	Distribution center (shown 5 wirings)	
11-13-01	Socket outlet	
11-13-02	Multiple socket outlet	
11-13-04	Socket outlet (power) with protective contact	
11-13-05	Socket outlet (power) with shutter	
11-13-08	Socket outlet (power) with isolating transformer	
11-13-09	Socket outlet (telecommunication), general symbol	
11-14-01	Switch, general symbol	
11-14-02	Switch with pilot lamp	

หมายเลขตาม IEC	รายการ	Standard symbol
11-14-04	Two pole switch	
11-14-06	Two-way single pole switch	
11-14-08	Dimmer	
11-14-10	Push-button	
11-14-11	Push-button with indicator lamp	
11-14-13	Timer	
11-14-14	Time switch	
11-14-15	Key-operated switch, Watchman's system device	
11-15-01	Lighting outlet position (shown with wiring)	
11-15-02	Lighting outlet on wall	
11-15-03	Lamp, general symbol	
11-15-04	Luminaire, general symbol	
11-15-05	Luminaire with three fluorescent tubes	
11-15-06	Luminaire with three fluorescent tubes	
11-15-08	Spot light	
11-15-09	Flood light	
11-15-11	Emergency lighting luminaire on special circuit	
11-15-12	Self-contained emergency lighting luminaire	

โครงการจัดทำคู่มือการเขียนแบบแปลนโดยแสดงเป็นแผนภาพเส้นเดี่ยว(Single Line Diagram)

หมายเลขตาม IEC	รายการ	Standard symbol
103-01-01	Conductor (for later expansion)	-----
104-02-01	Variable capacitor	
107-05-01	3-pole breaker with mechanism with three thermoelectric overcurrent releases, three electromagnetic overcurrent releases, motor protective circuit breaker	

บทที่ 2

การจัดเตรียมข้อมูลการเขียนแบบแปลนโดยแสดงเป็นแผนภาพเส้นเดียว

การเขียนแผนภาพเส้นเดี่ยวมุ่งองค์ประกอบที่สำคัญ คือ การจัดเตรียมข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับระบบไฟฟ้า อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ติดตั้งอยู่ในโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งข้อมูลต่าง ๆ ที่ต้องจัดเตรียมมีดังนี้

2.1 ข้อมูลด้านระบบไฟฟ้าแรงสูง

2.1.1 ตรวจสอบระบบไฟฟ้าแรงสูงที่จ่ายเข้าในโรงงานอุตสาหกรรม ว่ามีระดับแรงดันเท่าไร
เช่น

การไฟฟ้านครหลวง มีระดับแรงดัน 12 , 24 , 69 , 115 , 230 kV

การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค มีระดับแรงดัน 22 , 33 , 115 , 230 kV

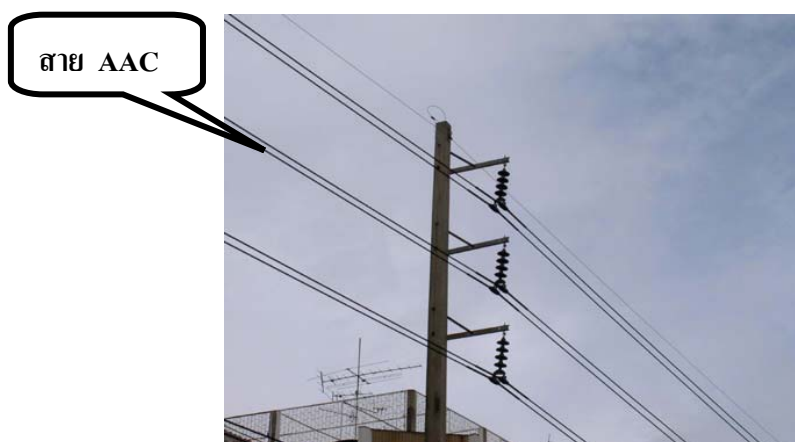
บริษัทผลิตไฟฟ้าอิสระที่จ่ายไฟให้แก่มอุตสาหกรรม ต้องตรวจสอบระดับแรงดันว่ามีระดับแรงดันเท่าไร

2.1.2 ตรวจสอบระบบการเดินสายไฟฟ้าแรงสูง ว่าเป็นระบบสายอากาศหรือระบบสายใต้ดิน และตรวจสอบขนาด/ชนิดของสายไฟฟ้า ซึ่งสายไฟฟ้าแรงสูงแบ่งออกเป็น

1) ระบบสายอากาศ แบ่งประเภทของสายไฟฟ้าได้ดังนี้

- สายอะลูมิเนียมตีเกลียวเปลือย (All Aluminum Conductor (AAC))
- สายหุ้มฉนวนแรงสูงไม่เต็มพิกัด (Partially Insulated Conductor (PIC))
- สายหุ้มฉนวนแรงสูง 2 ชั้นไม่เต็มพิกัด (Space Aerial Cable (SAC))
- สายหุ้มฉนวนแรงสูงเต็มพิกัดตีเกลียว (Fully Insulated Cable (FIC))

โดยระบุขนาดของสายไฟฟ้า เช่น 35 , 70 , 120, 185 ตร.มม. ฯลฯ

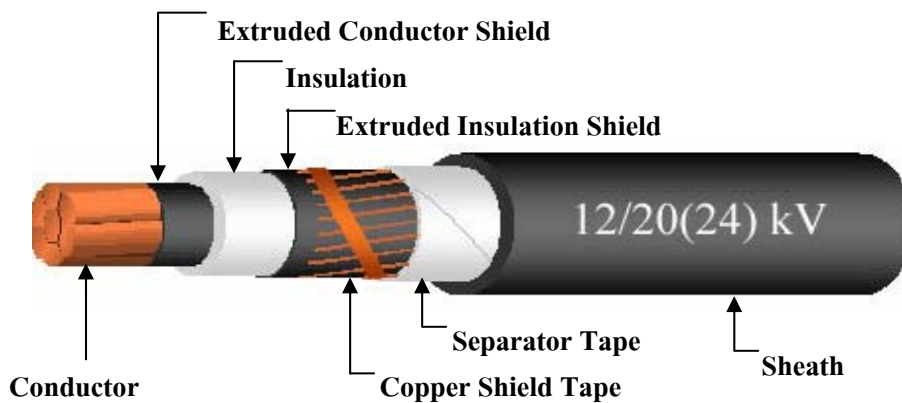


รูปที่ 2.1 แสดงสายอะลูมิเนียมตีเกลียวเปลือย (AAC) ระดับแรงดัน 69 kV



รูปที่ 2.2 แสดงสายหุ้มฉนวนแรงสูง 2 ชั้น ไม่เต็มพิกัด (SAC) ระดับแรงดัน 24 kV

2) ระบบสายใต้ดินใช้สายชนิด Cross-linked Polyethylene (XLPE) ซึ่งเป็นสายทองแดงหุ้มฉนวน XLPE และมีชิลด์ด้วย จัดอยู่ในประเภทสายหุ้มฉนวนที่สามารถสัมผัสได้โดยไม่เกิดอันตราย เหมาะที่จะใช้งาน สายประเภทนี้ที่ปลายสายต้องมีหัวเคเบิลด้วย ลักษณะโครงสร้างของสายเป็นไปตามรูป



รูปที่ 2.3 สาย Cross-linked Polyethylene (XLPE)

หมายเหตุ 12/20(24) kV ในมาตรฐาน IEC 502 หมายถึง U_0/U (U_{max})

U_0 = แรงดันเทียบกับดิน

U = Phase voltage

U_{max} = แรงดันสูงสุดระหว่างสาย

โดยระบุขนาดของสายไฟฟ้า เช่น 35 , 70 , 120, 185 ตร.มม. ฯลฯ



ระบบสายใต้ดินแรงสูง
24 kV เดินสายเข้าโรงงาน

รูปที่ 2.4 แสดงสาย Cross-linked Polyethylene (XLPE) แบบสายใต้ดิน ระดับแรงดัน 24 kV

2.1.3 เครื่องป้องกันกระแสเกิน (Overcurrent Protective Device)

เครื่องป้องกันกระแสเกิน (Overcurrent Protective Device) ของระบบไฟฟ้าในปัจจุบันมีหลายชนิดด้วยกัน เช่น ฟิวส์ คัทเอาต์ (Fuse Cutouts) เพาเวอร์ฟิวส์ (Power Fuses) รีโคลสเซอร์ (Reclosers) และเซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit Breakers) การเลือกชนิดของอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินให้เหมาะสมกับระบบ ซึ่งจะต้องพิจารณาถึงสภาพของโหลด ระบบแรงดันไฟฟ้า กระแสลัดวงจร เป็นต้น จะทำให้ระบบ มีความมั่นคงและเป็นการประหยัด

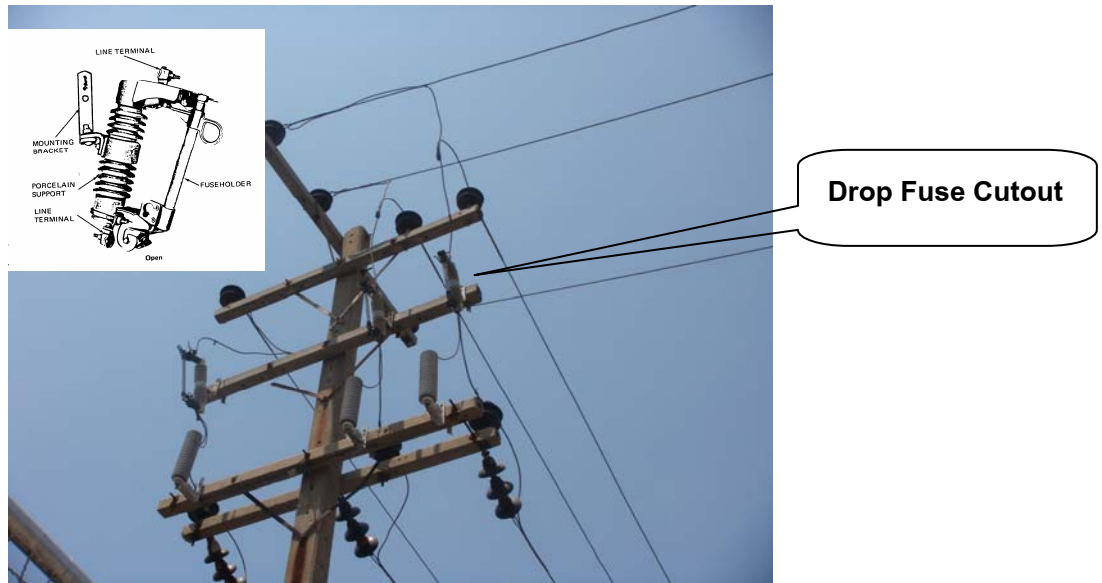
ข้อมูลที่ต้องจัดเตรียม

- ขนาดพิกัดกระแสลัดวงจร พิกัดในการตัดกระแสลัดวงจร
- ระบบแรงดันไฟฟ้า

สำหรับสายป้อนมีการติดตั้งเครื่องป้องกันกระแสเกินหลายแบบเพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งาน เครื่องป้องกันกระแสเกินที่นิยมใช้มีดังนี้

1) Drop Fuse Cutout

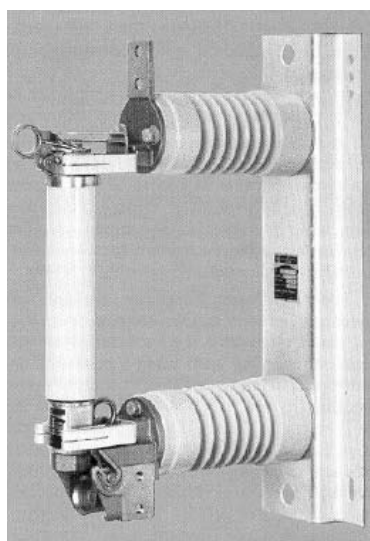
Drop Fuse Cutout หรือเรียกสั้นๆ ว่า fuse cutout ที่นิยมใช้ในระบบจำหน่ายของ กฟน. และ กฟภ. นั้น จะมีลักษณะเป็นแบบ open type ดังแสดงตามรูป



รูปที่ 2.5 แสดง Drop Fuse Cutoutและตำแหน่งติดตั้งใช้งาน

2) Power Fuse

Power Fuse ประกอบด้วย fuse unit และ fuse support fuse unit อาจประกอบด้วย fuse link ชนิดที่เปลี่ยนได้เรียกว่า refill unit มาตรฐานที่กำหนดการผลิตคือ ANSI C37.46 มีขนาดกระแสสูงสุด 400 แอมแปร์ ใช้กับแรงดันในช่วง 24 ถึง 69 กิโลโวลต์ แต่อาจมีบางบริษัทที่ผลิตนอกเหนือไปจากนี้ ซึ่งถือว่าเป็นขนาดที่ไม่อยู่ในมาตรฐาน ลักษณะของ power fuse แสดงตามรูป



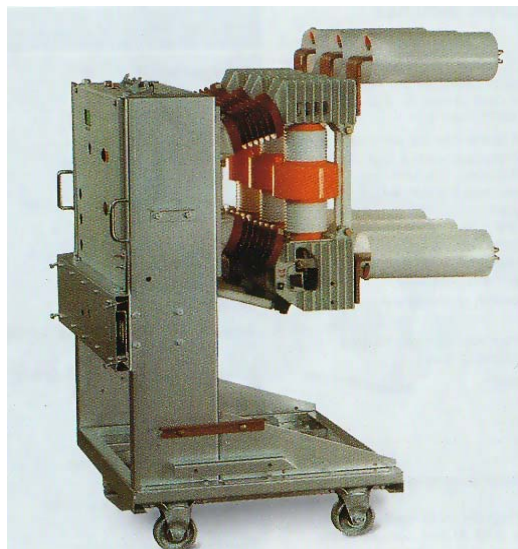
รูปที่ 2.6 แสดงลักษณะของ Power Fuse

3) ฟิวส์ และสวิตช์สำหรับตัดโหลด (Load Break Switch , Switch Disconnecter)



รูปที่ 2.7 แสดงฟิวส์ และสวิตช์สำหรับตัดโหลด

4) เซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit Breaker)

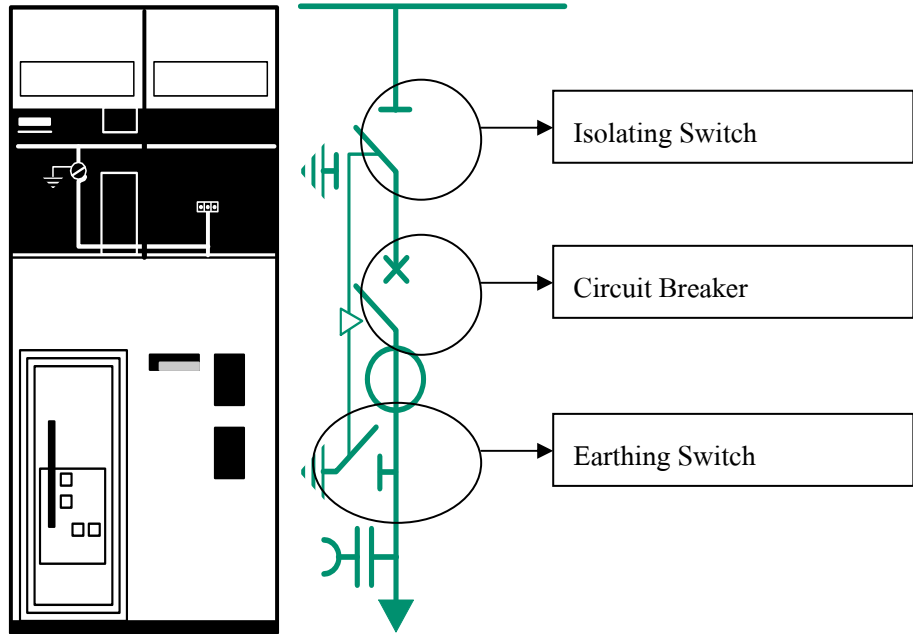


รูปที่ 2.8 แสดงเซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit Breaker)

ปัจจุบันชนิดที่ใช้มี

- SF6 Insulated Circuit Breaker
- Vacuum Circuit Breaker
- Oil Circuit Breaker

5) สวิตช์แยกวงจร (Isolating Switch , Disconnecter) พร้อมอุปกรณ์ป้องกันของเมนสวิตช์แรงสูง



รูปที่ 2.9 แสดงสวิตช์แยกวงจร (Isolating Switch , Disconnecter)

2.1.4 เครื่องป้องกันแรงดันเกิน (Overvoltage Protection)

แรงดันไฟฟ้าเกินเกิดจากหลายสาเหตุด้วยกัน เช่น เกิดจากฟ้าผ่า (lightning) หรือการปลด-สับสวิตช์ (switching) แรงดันเกินเหล่านี้จะเกิดขึ้นชั่วขณะเท่านั้น แต่อาจทำให้เกิดความเสียหายกับอุปกรณ์ไฟฟ้าได้

แรงดันไฟฟ้าเกินที่เกิดจากการปลดสับสวิตช์หรือเรียกว่า switching surge จะมีค่าน้อยเมื่อเทียบกับแรงดันไฟฟ้าเกินที่เกิดจากฟ้าผ่า ปกติในระบบแรงดันไม่เกิน 230 กิโลโวลต์ จะไม่ต้องคำนึงถึง switching surge มากนัก ในคู่มือเล่มนี้จึงพิจารณาเฉพาะแรงดันเกินเนื่องจากฟ้าผ่าเท่านั้น

การออกแบบเพื่อป้องกันแรงดันไฟฟ้าเกินเนื่องจากฟ้าผ่า นั้น โดยทั่วไปจะพิจารณาเป็นสองลักษณะคือ

- ป้องกันฟ้าผ่าลงอุปกรณ์ไฟฟ้า การป้องกันฟ้าผ่าในลักษณะนี้จะใช้สายล่อฟ้า (overhead ground wire) หรือบางครั้งเรียกว่า shield wire ซึ่งต่อลงดินและติดตั้งอยู่เหนือแนวสายส่ง หรือสายป้อนทั้งหมดเป็นตัวป้องกัน โดยมีจุดประสงค์เพื่อรับกระแสฟ้าผ่าให้ลงไปที่ยาวล่อฟ้านี้เป็นส่วนใหญ่ แทนที่จะลงไปที่ยาวไฟฟ้าหรืออุปกรณ์ไฟฟ้าโดยตรง
- ป้องกันอุปกรณ์ไฟฟ้าไม่เสียหายเนื่องจากฟ้าผ่า ในกรณีนี้จะใช้กับดักเสิร์จ (Lightning หรือ Surge arrester) เป็นอุปกรณ์ป้องกัน เนื่องจากเป็นอุปกรณ์ที่มีราคาแพง จึงมีการติดตั้งเฉพาะอุปกรณ์ไฟฟ้าบางประเภทเท่านั้น เช่น หม้อแปลงไฟฟ้า riser ของสายใต้ดิน เป็นต้น

กัปดักเสิร์จเป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับลดความเสียหายของอุปกรณ์ไฟฟ้า เนื่องจากกระแสฟ้าผ่า มีคุณสมบัติแตกต่างกันออกไปตามขบวนการผลิต การผลิตจะผลิตตามมาตรฐานต่างๆ เช่น IEC 60099-1, ANSI C 62-1 และ NEMA LA.1 เป็นต้น



รูปที่ 2.10 แสดงกัปดักเสิร์จที่ติดตั้งใช้งานและสัญลักษณ์

ข้อมูลที่ต้องจัดเตรียม

- ระบบแรงดันไฟฟ้า
- พิกัดแรงดันของกัปดักเสิร์จ
- พิกัดกระแส Discharge

2.2 ข้อมูลด้านอุปกรณ์ไฟฟ้า (หม้อแปลงไฟฟ้าและอุปกรณ์แรงต่ำ)

ข้อมูลด้านอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้สำหรับเขียนแบบแปลนโดยแสดงเป็นแผนภาพเส้นเดี่ยว มีดังนี้

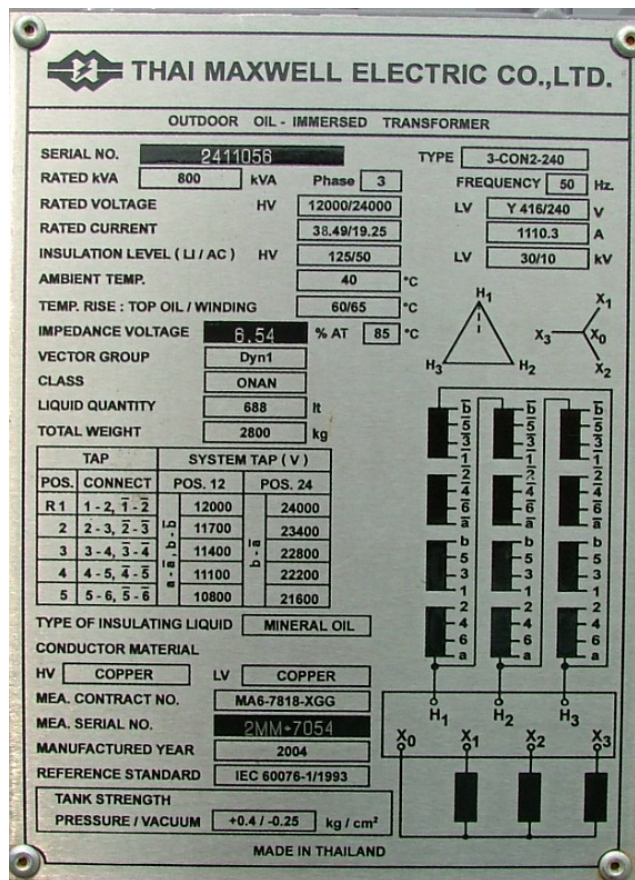
2.2.1 หม้อแปลงไฟฟ้า

หม้อแปลงไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญมาก เนื่องจากเป็นอุปกรณ์ที่ลดแรงดันไฟฟ้าลงมาให้เหมาะสมกับระบบแรงดันของโรงงานเพื่อจ่ายไฟฟ้าเข้าสู่โรงงาน ข้อมูลที่ต้องจัดเตรียม มีดังนี้

ตารางที่ 2.1 แสดงข้อมูลที่ต้องจัดเตรียมสำหรับหม้อแปลงไฟฟ้า

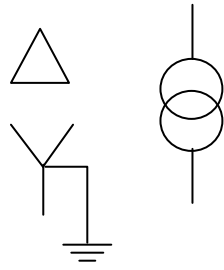
ข้อมูล	ผลการตรวจสอบ
จำนวนหม้อแปลง	
ขนาดของหม้อแปลง	
ชนิดของหม้อแปลง	
แรงดันไฟฟ้า	
เปอร์เซ็นต์อิมพีแดนซ์	
เวกเตอร์ไดอะแกรม	
ลักษณะการติดตั้ง	

- ตรวจสอบข้อมูลต่างๆจาก Name Plate เช่น Serial Number , Rated kVA / Rated Voltage , Basic Insulation Level ,Ventilation Class



รูปที่ 2.11 แสดง Name Plate ของหม้อแปลง

โดยสามารถแสดงสัญลักษณ์ของหม้อแปลงได้ ตามรูป



TR 1000 kVA OA 22 kV/400 – 230 V

3 Ø 4 W Dyn 11 % uk = 6 %

รูปที่ 2.12 แสดงสัญลักษณ์ของหม้อแปลง

จากรูปแสดงว่าเป็นหม้อแปลงขนาด 1000 kVA จำนวน 1 ลูก เป็นหม้อแปลงชนิดน้ำมัน โดยระบายความร้อนด้วยตัวเอง (oil – immersed Self – Cooled ; (OA)) รับไฟฟ้าด้านแรงสูง 22 kV จ่ายไฟฟ้าด้านแรงต่ำ 400 – 230 V 3 เฟส 4 สาย มีค่าเปอร์เซ็นต์อิมพีแดนซ์ของหม้อแปลง 6% เวกเตอร์ไดอะแกรมแบบ Dyn 11

2.2.2 สายไฟฟ้าแรงต่ำและวิธีการเดินสาย

ส่วนนี้ หมายถึง การเดินสายไฟฟ้าจากหม้อแปลงไปตู้สวิตช์ประธาน (สำหรับโรงงาน ที่รับเฉพาะด้านระบบไฟฟ้าแรงต่ำ จะหมายถึงการเดินสายไฟฟ้าระบบแรงต่ำจากการไฟฟ้าฯ ไปตู้สวิตช์ประธาน) จากตู้สวิตช์ประธานไปแผงสวิตช์ จากแผงสวิตช์ไปแผงย่อย และจากแผงย่อยไปโหลด การเดินสายส่วนนี้มีหลายแบบ เช่น เดินสายใต้ดิน เดินสายอากาศ เดินในรางเดินสาย (Wire Way) รางเคเบิล (Cable Tray) รางเคเบิลแบบบันได (Cable Ladder) Cable Trench หรือวิธีอื่น ๆ ทั้งนี้ ต้องระบุระดับแรงดันไฟฟ้า ชนิดของสายไฟฟ้า ขนาดสายไฟฟ้า จำนวน และวิธีการเดินสาย

1) สายแรงต่ำในระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าฯ แบ่งออกเป็น

- สายแรงต่ำชนิดทนสภาพอากาศ (Weatherproof Aluminum Conductor : AW) เป็นสายอะลูมิเนียมชนิดอัดแน่นหุ้มด้วยฉนวน polyethylene (PE) หรือ polyvinyl chloride (PVC) ฉนวนของสายมีสีดำ
- สายชนิด Self-supporting Service Drop Cable หรือเรียกว่าสาย multiplex เป็นสายอะลูมิเนียมชนิดอัดแน่นหุ้มด้วยฉนวน cross-link polyethylene (XLPE)



รูปที่ 2.13 แสดงสายแรงต่ำในระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าฯ

ขนาดของสายไฟฟ้าที่ใช้งาน เช่น 35 , 70 , 120, 185 ตร.มม. ฯลฯ
ข้อมูลที่ต้องจัดเตรียม

- ชนิดของสายไฟฟ้า
- ขนาดและจำนวนของสายไฟฟ้า
- ระบบแรงดันไฟฟ้า
- วิธีการเดินสาย

2) สายแรงต่ำภายในโรงงาน สายไฟฟ้าแรงต่ำที่ใช้ภายในโรงงานที่เป็นสายทองแดง แบ่งชนิดของฉนวนเป็นฉนวนพีวีซี (PVC) และเอ็กซ์แอลพีอี (XLPE) ฉนวนของสายทั้งสองชนิดนี้ต่างที่ ฉนวนพีวีซี มีอุณหภูมิใช้งาน 70°C แต่ เอ็กซ์แอลพีอี มีอุณหภูมิใช้งาน 90°C แบ่งชนิดของสายไฟฟ้าเป็นดังนี้

- สายวีเอเอฟ (VAF) เป็นสายที่ผลิตตามมาตรฐาน มอก.11-2531 ตารางที่ 2 และตารางที่ 11 มีลักษณะเป็นสายแบนหุ้มฉนวนพีวีซี สายตารางที่ 2 เป็นสายชนิด 2 แกน และ 3 แกน สำหรับตารางที่ 11 เป็นสายชนิด 2 แกน และ 3 แกน มีสายดินด้วย แรงดันใช้งาน 300 โวลต์
- สายทีเอชดับเบิลยู (THW) เป็นสายกลมหุ้มฉนวนพีวีซีตาม มอก.11-2531 ตารางที่ 4 แรงดันใช้งาน 750 โวลต์
- สายเอ็นวายวาย (NYY) เป็นสายกลมหุ้มฉนวนพีวีซี มีทั้งชนิดแกนเดี่ยวและหลายแกน รวมทั้งมีชนิดที่มีสายดินอยู่ด้วย แรงดันใช้งาน 750 โวลต์ ผลิตตาม มอก. 11-2531
- สายวีซีที (VCT) เป็นสายกลมหุ้มฉนวนพีวีซี มีทั้งชนิดแกนเดี่ยวและหลายแกน รวมทั้งมีชนิดที่มีสายดินอยู่ด้วย แรงดันใช้งาน 750 โวลต์

โครงการจัดทำคู่มือการเขียนแบบแปลนโดยแสดงเป็นแผนภาพเส้นเดี่ยว(Single Line Diagram)

- สายซีวี (CV) เป็นสายกลมหุ้มฉนวนคลอสลิงโพลีเอททีลีน (XLPE) มีทั้งชนิดแกนเดี่ยวและหลายแกน รวมทั้งมีชนิดที่มีสายดินอยู่ด้วย สายชนิดนี้ไม่ได้ผลิตตามมาตรฐาน มอก. แต่อ้างอิงมาตรฐาน IEC 60502

ขนาดของสายไฟฟ้าที่ใช้งาน เช่น 2.5 , 4 , 6 , 10 ,..., 500 ตร.มม.



รูปที่ 2.14 แสดงสายแรงต่ำภายในโรงงาน

ข้อมูลที่ต้องจัดเตรียม

- ชนิดของสายไฟฟ้า
- ขนาดและจำนวนของสายไฟฟ้า
- ระบบแรงดันไฟฟ้า
- วิธีการเดินสาย

3) วิธีการเดินสาย

ก. การเดินสายร้อยท่อโลหะชนิด RMC ,IMC ,EMT และ ท่อทั้ง 3 ชนิด ได้แก่

- ท่อโลหะหนา (Rigid Metal Conduit)
- ท่อโลหะหนานปานกลาง (Intermediate Metal Conduit)
- ท่อโลหะบาง (Electrical Metallic Tubing)



รูปที่ 2.15 แสดงการเดินสายร้อยท่อโลหะชนิด EMT ภายในโรงงาน

ข้อมูลที่ต้องจัดเตรียม

- ชนิดของท่อร้อยสายไฟฟ้า
- ขนาด และจำนวนของท่อร้อยสายไฟฟ้า

ข. การเดินสายในรางเดินสาย (Wireways)



รูปที่ 2.16 แสดงการติดตั้งรางเดินสาย

รางเดินสายมีขนาดมาตรฐานต่างๆที่ติดตั้งใช้งานดังนี้

H (ความสูง) = 50, 75, 100, 150 และ 200 mm

W (ความกว้าง) = 50, 75, 100, 150, 200, 250 และ 300 mm

L (ความยาว) = 1200 และ 2400 mm

T (ความหนา) = 1.0 และ 1.5 mm

ข้อมูลที่ต้องจัดเตรียม

- ขนาดและจำนวนของรางเดินสาย

ค. การเดินสายบนรางเคเบิล (Cable Trays)

รางเคเบิล แบ่งเป็น 3 ชนิดคือ

1. รางเคเบิลแบบบันได (Ladder Type)
2. รางเคเบิลแบบมีช่องระบายอากาศ (Perforated Type)
3. รางเคเบิลแบบด้านล่างทึบ (Solid - Bottom Type)



แบบบันได



แบบมีช่องระบายอากาศ



แบบด้านล่างทึบ



รูปที่ 2.17 แสดงการเดินในรางเคเบิลแบบบันได

รางเคเบิลแบบบันไดมีขนาดมาตรฐานต่างๆที่ติดตั้งใช้งานดังนี้

H (ความสูง) = 100, 120 mm

W (ความกว้าง) = 200, 300, 400, 500, 600,700,800, 900 และ 1,000 mm

L (ความยาว) = 3,000 mm

T (ความหนา) = 2.0 mm

รางเคเบิลแบบรางมีช่องระบายอากาศมีขนาดมาตรฐานต่างๆที่ติดตั้งใช้งานดังนี้

H (ความสูง) = 100 mm

W (ความกว้าง) = 200, 300, 400, 500, 600, 700, และ 800 mm

L (ความยาว) = 2,400 mm

T (ความหนา) = 1.6 และ 2.0 mm

ข้อมูลที่ต้องจัดเตรียม

- ขนาด จำนวนและชนิดของรางเคเบิล

ง. การเดินสายใน Cable Trench



รูปที่ 2.18 แสดงการเดินสายใน Cable Trench

ข้อมูลที่ต้องจัดเตรียม

- ขนาดและจำนวนของCable Trench

2.2.3 ตู้สวิตช์ประธาน (Main Distribution Board(MDB))

หมายถึง ส่วนที่รับไฟฟ้าแรงต่ำจากหม้อแปลง (สำหรับโรงงานที่รับเฉพาะด้านระบบไฟฟ้าแรงต่ำจะหมายถึงการเดินสายไฟฟ้าระบบแรงต่ำจากการไฟฟ้าฯ)เพื่อจ่ายไฟไปแผงสวิตช์ (Distribution Board(DB)) ในตู้สวิตช์ประธานจะต้องมีอุปกรณ์ป้องกัน เช่น เซอร์กิตเบรกเกอร์ ฟิวส์ อุปกรณ์เครื่องวัดทางไฟฟ้าต่าง ๆ คาปาซิเตอร์ ชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรอง วงจรสำรอง (Spare) หรืออื่น ๆ



รูปที่ 2.19 แสดงตู้สวิตช์ประธาน (Main Distribution Board (MDB))

ตู้สวิตช์ประธานมีส่วนประกอบหลายอย่างที่สำคัญ ๆ ดังนี้

1. เซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit Breakers)
2. ฟิวส์แรงต่ำ (Low Voltage Fuse)
3. อุปกรณ์เครื่องวัด (Measuring Instruments)
4. คาปาซิเตอร์ (Capacitors)
5. ชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรอง (Standby Generator Set)

2.2.4 เซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit Breakers (CB))

เซอร์กิตเบรกเกอร์ที่ติดตั้งอยู่ในตู้สวิตช์ประธาน แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ใหญ่ ๆ คือ

- 1) เซอร์กิตเบรกเกอร์สำหรับวงจรมเมน (Main Circuit Breaker) มีหน้าที่ป้องกันสายเมนที่จ่ายไฟฟ้าไปที่เซอร์กิตเบรกเกอร์สำหรับสายป้อน (Feeder Circuit Breaker)
- 2) เซอร์กิตเบรกเกอร์สำหรับสายป้อน (Feeder Circuit Breaker) มีหน้าที่ป้องกันสายป้อนเส้นต่าง ๆ เช่น จ่ายไฟฟ้าไปแผงสวิตช์(Distribution Board (DB)) แผงจ่ายไฟฟ้าระบบแสงสว่างและเต้ารับ (LP) แผงจ่ายไฟฟ้าระบบปรับอากาศ (AP) แผงจ่ายไฟฟ้าให้กับโหลตมอเตอร์ต่างๆ แผงจ่ายไฟฟ้าให้ระบบไฟฟ้าฉุกเฉิน (Emergency Main Distribution Board (EMDB)) แผงจ่ายไฟฟ้าสำรอง (Sparel)

ปัจจุบันมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย (ว.ส.ท.) จะอ้างอิงมาตรฐาน IEC โดยแบ่งเซอร์กิตเบรกเกอร์ตามสภาพการใช้งานออกเป็น 2 ชนิด คือ IEC 60898 และ IEC 60947 – 2

เซอร์กิตเบรกเกอร์ที่ใช้ในสถานที่อยู่อาศัย หรือสถานที่คล้ายคลึงกัน ขนาดไม่เกิน 125 แอมแปร์ ให้เป็นไปตาม IEC 60898

เซอร์กิตเบรกเกอร์ที่ใช้ในสถานที่อื่นๆ ให้เป็นไปตาม IEC 60947-2

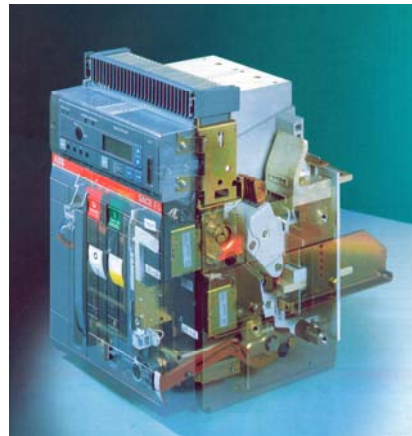
ประเภทของเซอร์กิตเบรกเกอร์

เซอร์กิตเบรกเกอร์แบ่งตามลักษณะภายนอก และ การใช้งานได้เป็น 2 ชนิด คือ

- Molded Case Circuit Breaker (MCCB)
- Air Circuit Breaker (ACB)



Molded Case Circuit Breaker (MCCB)



Air Circuit Breaker (ACB)

รูปที่ 2.20 แสดงประเภทของเซอร์กิตเบรกเกอร์

ขนาดพิกัดกระแสต่อเนื่องสำหรับเซอร์กิตเบรกเกอร์มีค่าขนาดพิกัดกระแสต่อเนื่อง 2 ค่า คือ

- แอมแปร์เฟรม (Ampere Frame (AF))
- แอมแปร์ทริป (Ampere Trip (AT))

มาตรฐาน IEC ได้กำหนด AF ไว้ดังนี้คือ

63, 100, 125, 160, 200, 250, 320, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000, 2500, 3200 , 4000, 5000, 6300 A

ค่า AT ที่บริษัทต่างๆ จะผลิตออกมานั้นมีหลายค่า เช่น บริษัทผลิตเซอร์กิตเบรกเกอร์ ที่ AF = 250 A อาจตั้ง AT ไว้ ดังนี้ คือ 100 , 125, 150 , 175 , 200 , 225 A และ 250 A ที่ AF = 1600 A มี AT ค่าต่างๆ คือ 800 , 1000 , 1250 ,1600 A

พิกัดการตัดกระแสลัดวงจร (Interrupting Capacity = IC , Breaking Capacity) คือ กระแสลัดวงจรสูงสุดที่เซอร์กิตเบรกเกอร์สามารถตัดได้โดยที่ตัวเซอร์กิตเบรกเกอร์ไม่ได้รับความเสียหาย

สัญลักษณ์ของเซอร์กิตเบรกเกอร์แสดงตามรูป

ชนิดของเซอร์กิตเบรกเกอร์ ACB

ขนาดพิกัดกระแส $\frac{1250AT}{2500AF}$

พิกัดการตัดกระแสลัดวงจร IC 25 kA



รูปที่ 2.21 แสดงสัญลักษณ์ของเซอร์กิตเบรกเกอร์

ตามรูป ให้ความหมายดังนี้ เซอร์กิตเบรกเกอร์ที่ใช้เป็นชนิดแอร์เซอร์กิตเบรกเกอร์ (Air Circuit Breaker) มีขนาดพิกัดกระแส 1250 แอมแปร์ทริป 2500 แอมแปร์เฟรม พิกัดการตัดกระแสลัดวงจรสูงสุดที่ 25 kA



เมนเซอร์กิตเบรกเกอร์

Name Plate

รูปที่ 2.22 แสดงเมนเซอร์กิตเบรกเกอร์ และตำแหน่งติด Name Plate

type		C60a	C60N	C60H				
current rating (A)		6...40	0.5...63	0.5...63				
maximum voltage rating Ue (V)	AC	440						
	DC	60 V/pole						
min. voltage rating Ue min (V AC-DC)		12						
insulation voltage Ui (V)		500						
impulse voltage Uimp (kV)		6						
number of poles		1 2 3 4	1 1P+N 2 3 4	1 2 3 4				
breaking capacity AC								
EN 60898 (A)	Icn	230/400 V	4500 ⁽¹⁾ 4500 ⁽¹⁾	6000 6000	10000 10000			
	Ics	230/400 V	4500 ⁽¹⁾ 4500 ⁽¹⁾	6000 6000	7500 7500			
IEC 60947-2 (kA)	Icu	130 V	10	20	30			
		240 V	5	10	15	30		
		415 V	3	5	3	10	4	15
		440 V		3		6		10
	Ics		75 % Icu	75 % Icu	50 % Icu			
breaking capacity DC								
IEC 60947-2 (kA) ⁽²⁾	Icu	60 V (1P)	10	15	20			
		125 V (2P)		10	20	25		
		125 V (3P)		20	30	40		
		250 V (4P)		25	40	50		

การพิจารณาค่า I_c ให้พิจารณาจากค่า

Rated Ultimate Short-circuit Breaking Capacity (I_{cu})

รูปที่ 2.23 แสดง Name Plateของเซอร์กิตเบรกเกอร์เพื่อพิจารณาค่าต่าง ๆ

ข้อมูลที่ต้องจัดเตรียมสำหรับเซอร์กิตเบรกเกอร์

- ชนิดของเซอร์กิตเบรกเกอร์
- ขนาดพิกัดกระแสของเซอร์กิตเบรกเกอร์
- ระบบแรงดันไฟฟ้า
- พิกัดการตัดกระแสลัดวงจร

2.2.5 ฟิวส์แรงต่ำ (Low Voltage Fuse)

ฟิวส์เป็นอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกิน ตัดวงจรส่วนลอมละลายโดยใช้ความร้อน

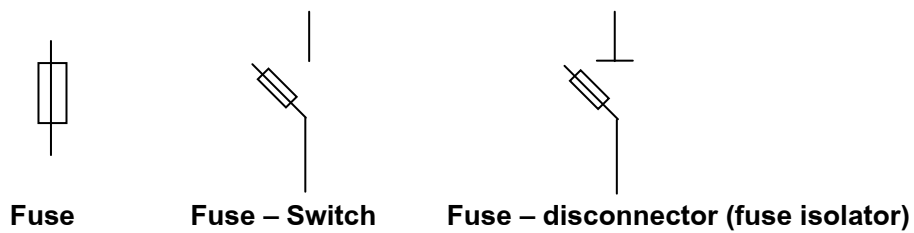
ฟิวส์แบ่งตามมาตรฐาน IEC มี 3 แบบ คือ

- D-fuse Link (Diazed)
- Do-fuse Link (Neozed)
- NH (HRC) Fuse



รูปที่ 2.24 แสดงฟิวส์แรงต่ำ

สัญลักษณ์ของฟิวส์แสดงตามรูป



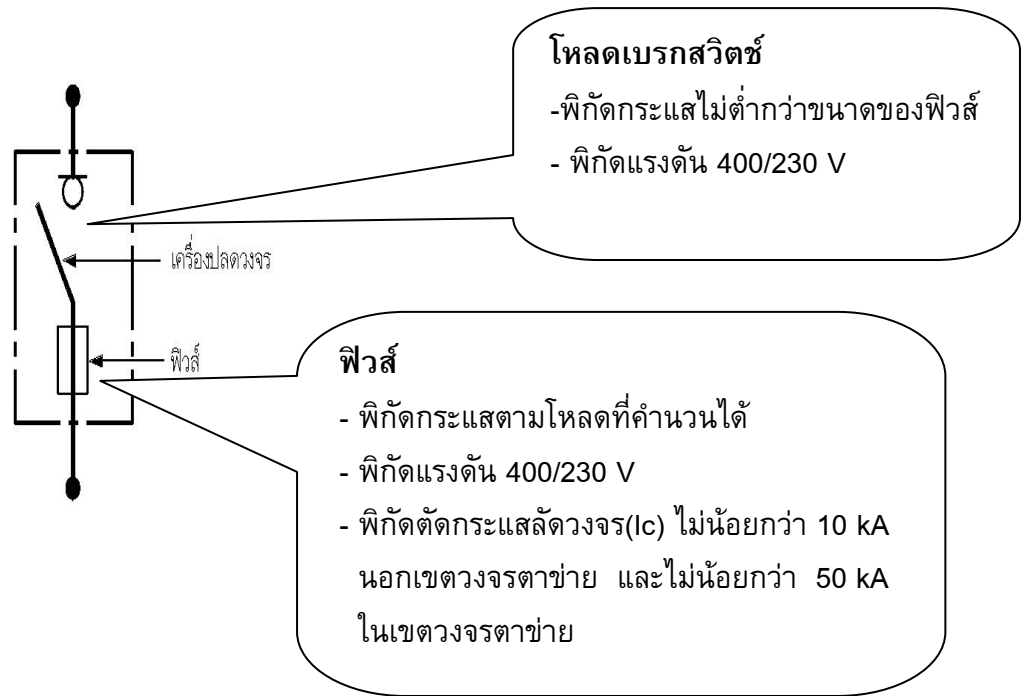
รูปที่ 2.25 แสดงสัญลักษณ์ของฟิวส์

สำหรับฟิวส์แรงต่ำที่นิยมใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมมี 2 ชนิด คือ

- 1) ฟิวส์โหลดเบรก (Fuse-Loadbreak Switch)



รูปที่ 2.26 แสดงฟิวส์โหลดเบรก



รูปที่ 2.27 แสดงสัญลักษณ์ฟิวส์โพลิตเบรก

2) เซฟตี้สวิตช์(Safety Switch)



รูปที่ 2.28 แสดงเซฟตี้สวิตช์

ข้อมูลที่ต้องจัดเตรียมสำหรับฟิวส์แรงต่ำ

- ชนิดของฟิวส์
- ขนาดพิกัดกระแสของฟิวส์
- ระบบแรงดันไฟฟ้า
- พิกัดการตัดกระแสลัดวงจร

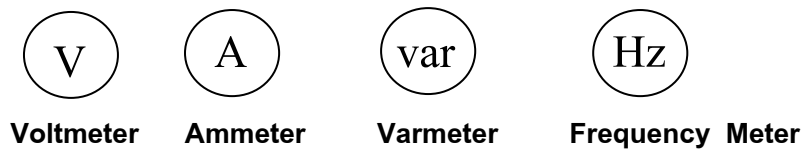
2.2.6 อุปกรณ์เครื่องมือวัด (Measuring Instruments)

เป็นส่วนที่แสดงการวัดค่าต่าง ๆ ทางไฟฟ้า เช่น แรงดันไฟฟ้า (V), กระแสไฟฟ้า (A), กำลังไฟฟ้า (W), ความถี่ไฟฟ้า (Hz) เป็นต้น ทั้งนี้อุปกรณ์เครื่องมือวัดจะติดตั้งที่แผงสวิตช์

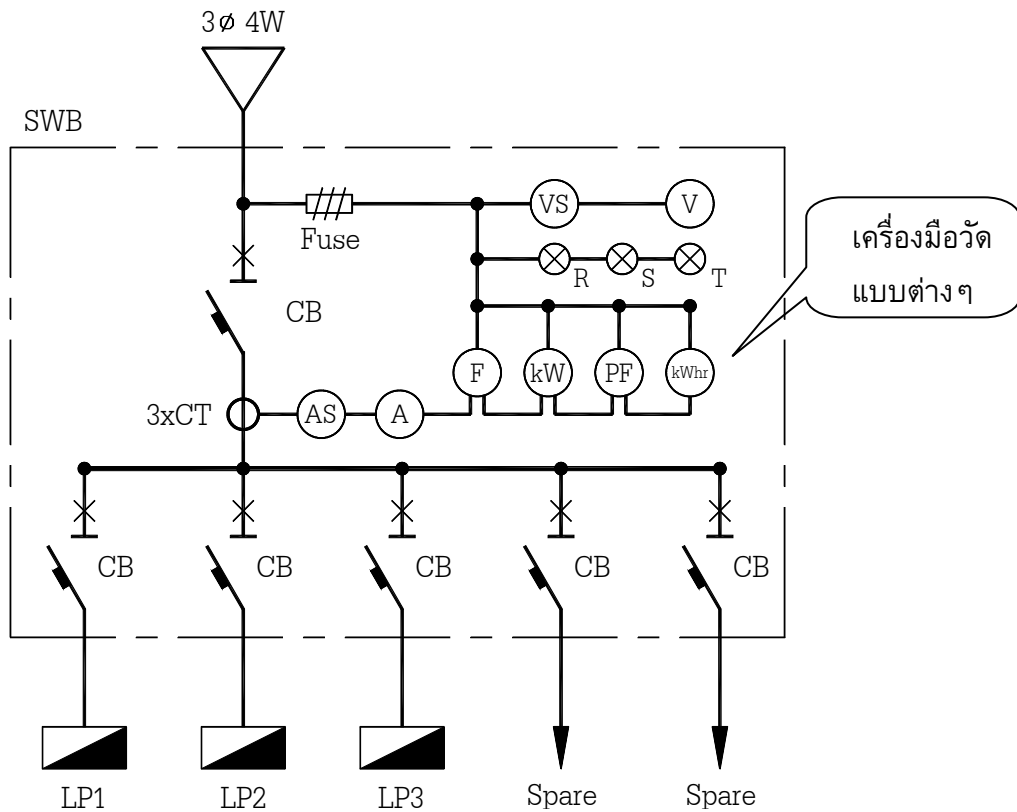


อุปกรณ์เครื่องมือวัด

รูปที่ 2.29 แสดงอุปกรณ์เครื่องมือวัด



รูปที่ 2.30 แสดงสัญลักษณ์ของเครื่องมือวัดแบบต่าง ๆ



รูปที่ 2.31 แสดงสัญลักษณ์และตำแหน่งการติดตั้งเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าต่าง ๆ

ข้อมูลที่ต้องจัดเตรียม

- ชนิดของอุปกรณ์เครื่องมือวัด
- Capacity
- Calibration

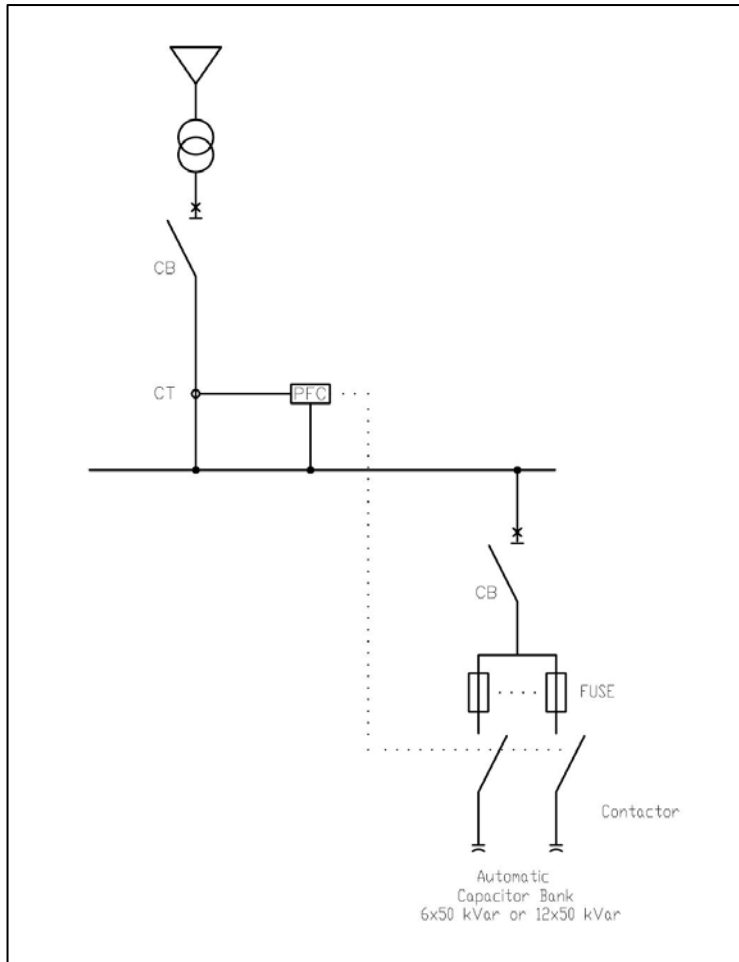
2.2.7 คาปาซิเตอร์ (Capacitors)

คาปาซิเตอร์ เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ทำหน้าที่ปรับค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ คาปาซิเตอร์จะเป็นตัวจ่ายกระแสไฟฟ้านำที่พรีแอกทีฟ ซึ่งกระแสไฟฟ้านำมีทิศทางนำหน้าแรงดัน (Leading) เพื่อชดเชยกับกระแสไฟฟ้าของวงจรไฟฟ้าโดยทั่วไป ซึ่งโดยปกติกระแสไฟฟ้าจะล่าหลังแรงดัน (Lagging)

พิกัดของคาปาซิเตอร์

- 1) พิกัดกำลังไฟฟ้า มีหน่วยเป็น kVAR ขนาดที่นิยมใช้ คือ 10 , 20 , 30 , 40 , 50 , 60 , 75 , 100 kVAR เป็นต้น
- 2) พิกัดแรงดัน 400 V , 525 V เป็นต้น

- 3) พิกัดกระแส กระแสที่ใช้สามารถคำนวณจากพิกัดกำลังไฟฟ้า และพิกัดแรงดันของคาปาซิเตอร์ได้



รูปที่ 2.32 แสดงสัญลักษณ์และตำแหน่งการติดตั้งคาปาซิเตอร์

ข้อมูลที่ต้องจัดเตรียม

- ชนิดของคาปาซิเตอร์
- พิกัดกระแส
- ระดับแรงดัน

2.2.8 ชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรอง (Standby Generator Set)

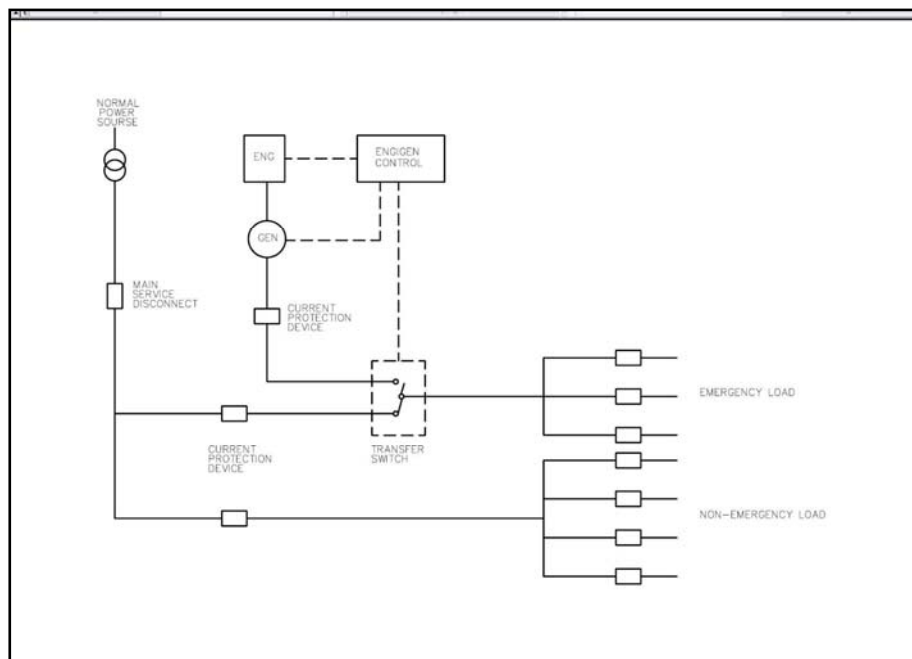
ชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า มีไว้สำหรับจ่ายโหลดที่สำคัญ ๆ ภายในโรงงานอุตสาหกรรม เมื่อเกิดกรณีระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้าฯ เกิดขัดข้อง

ชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ

- 1) เครื่องต้นกำลัง (Engine Prime Mover)
- 2) เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Alternator)
- 3) แผงควบคุม (Control Panel)
- 4) สวิตช์สับเปลี่ยน (Transfer Switch)



รูปที่ 2.33 แสดงชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า



รูปที่ 2.34 แสดงระบบไฟฟ้าที่มีชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพร้อม Transfer Switch

ข้อมูลที่ต้องจัดเตรียม

- ขนาดพิกัดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรอง

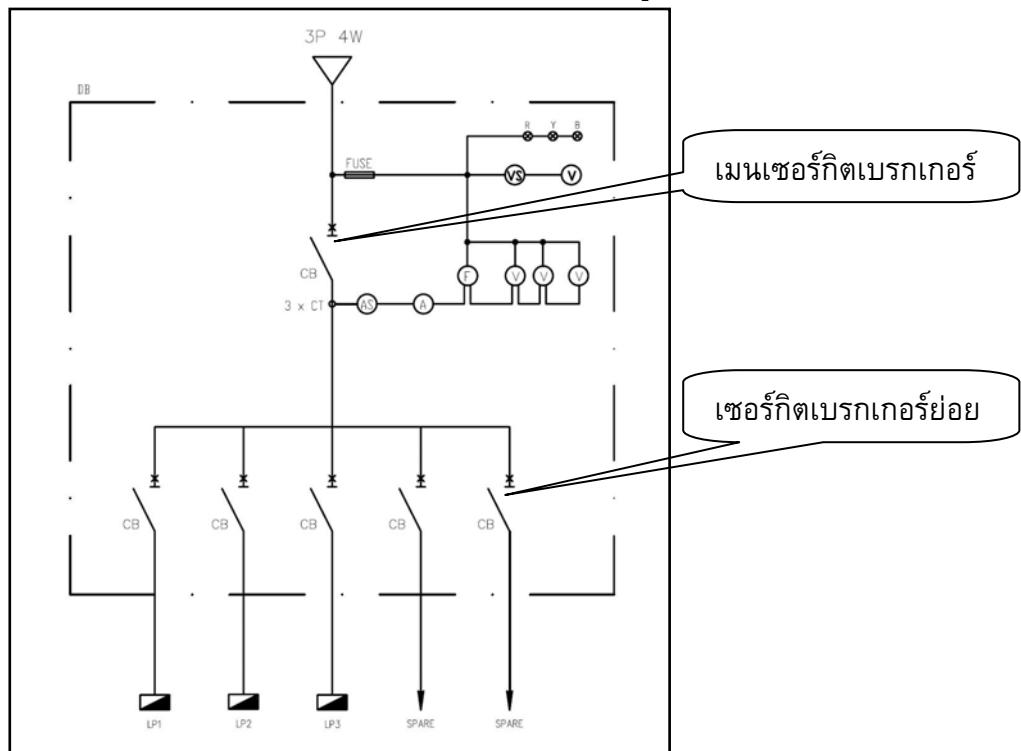
2.2.9 แผงสวิตช์ (Distribution Board (DB))

แผงสวิตช์ หมายถึง แผงที่รับไฟจากตู้สวิตช์ประธานแล้วจ่ายไฟไปที่แผงย่อย (Panelboard) หรือ จ่ายไปที่โหลดที่ใช้กำลังมาก ๆ เช่น มอเตอร์กำลัง เครื่องทำความร้อนขนาดใหญ่ เป็นต้น ทั้งนี้ ภายในแผงสวิตช์ จะประกอบไปด้วยเมนเซอร์กิตเบรกเกอร์ และ เซอร์กิตเบรกเกอร์ย่อยที่ควบคุมแผงย่อย



รูปที่ 2.35 แสดงแผงสวิตช์ (Distribution Board (DB))

สัญลักษณ์ของแผงสวิตช์ แสดงตามรูป



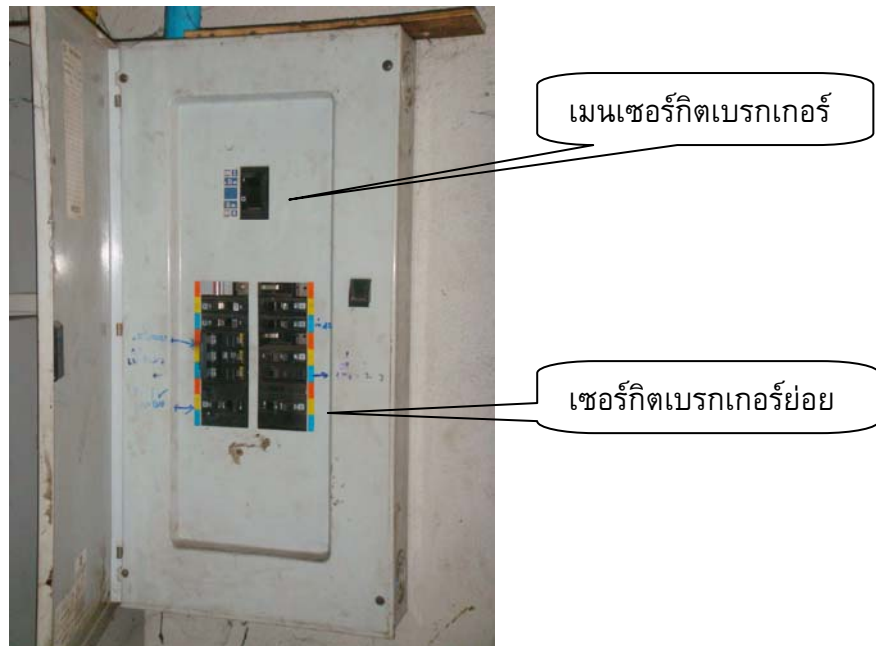
รูปที่ 2.36 แสดงสัญลักษณ์ของแผงสวิตช์

ข้อมูลที่ต้องจัดเตรียมสำหรับเซอร์กิตเบรกเกอร์ในแผงสวิตช์

- ชนิดของเซอร์กิตเบรกเกอร์
- ขนาดพิกัดกระแสของเซอร์กิตเบรกเกอร์
- ระบบแรงดันไฟฟ้า
- พิกัดการตัดกระแสลัดวงจร

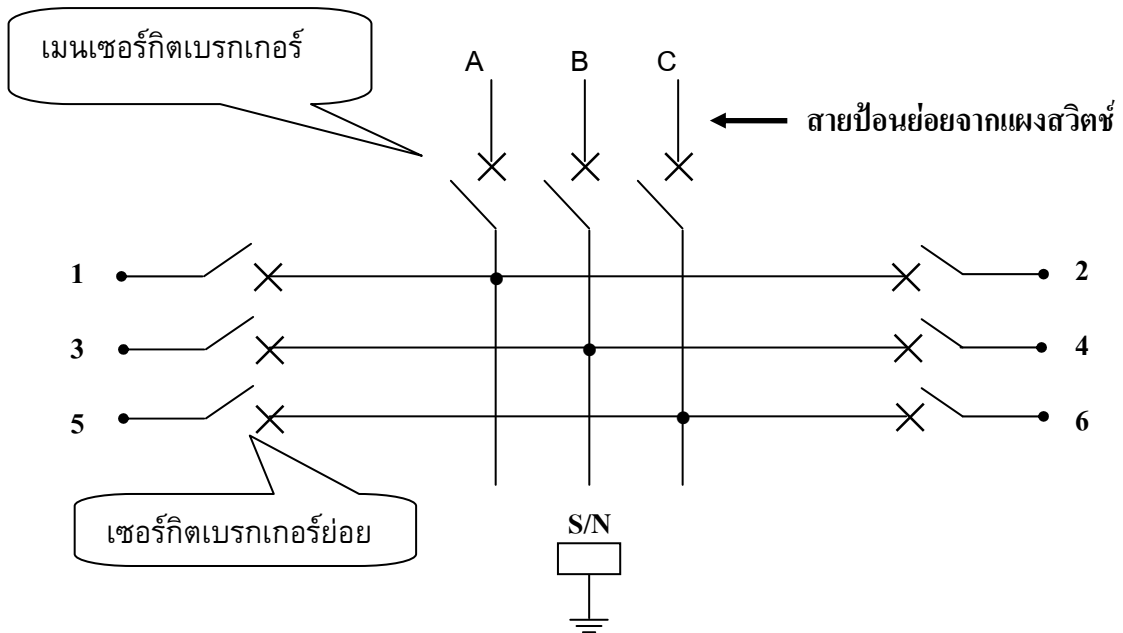
2.2.10 แผงย่อย (Panelboard (PB))

แผงย่อย หมายถึง แผงไฟฟ้าที่รับไฟจากแผงสวิตช์ แล้วแยกการจ่ายไฟฟ้าออกเป็น วงจรย่อยหลาย ๆ วงจรย่อย เพื่อจ่ายไฟฟ้าให้กับโหลดต่าง ๆ โดยภายในแผงย่อย (Panelboard) จะประกอบไปด้วยเมนเซอร์กิตเบรกเกอร์ และเซอร์กิตเบรกเกอร์ย่อย ๆ ที่ควบคุมโหลดแต่ละตัว



รูปที่ 2.37 แสดงแผงย่อย (Panelboard (PB))

สัญลักษณ์ของแผงย่อย แสดงตามรูป



รูปที่แสดง 2.38 สัญลักษณ์ของแผงย่อย

ข้อมูลที่ต้องจัดเตรียมสำหรับเซอร์กิตเบรกเกอร์ในแผงย่อย

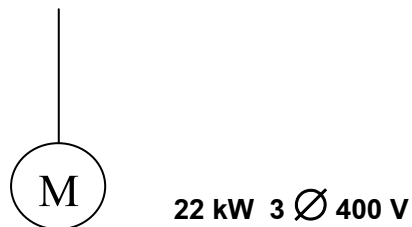
- ชนิดของเซอร์กิตเบรกเกอร์
- ขนาดพิกัดกระแสของเซอร์กิตเบรกเกอร์
- ระบบแรงดันไฟฟ้า
- พิกัดการตัดกระแสลัดวงจร

2.2.11 การต่อเข้ากับโหลด (Load)

โหลด เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าตัวสุดท้ายที่แสดงในแผนภาพเส้นเดี่ยว โหลดในทางไฟฟ้า มีหลายชนิด แล้วแต่การใช้งานในแต่ละโรงงาน โหลดหลัก ๆ โดยทั่วไป ได้แก่ หลอดไฟฟ้า เตารีด มอเตอร์ไฟฟ้า เครื่องเชื่อมไฟฟ้า เครื่องทำความร้อน เครื่องปรับอากาศ เป็นต้น



รูปที่ 2.39 แสดงโหลดประเภทมอเตอร์ไฟฟ้า



รูปที่ 2.40 แสดงสัญลักษณ์โหลดมอเตอร์ไฟฟ้า

ข้อมูลที่ต้องจัดเตรียมสำหรับโหลด

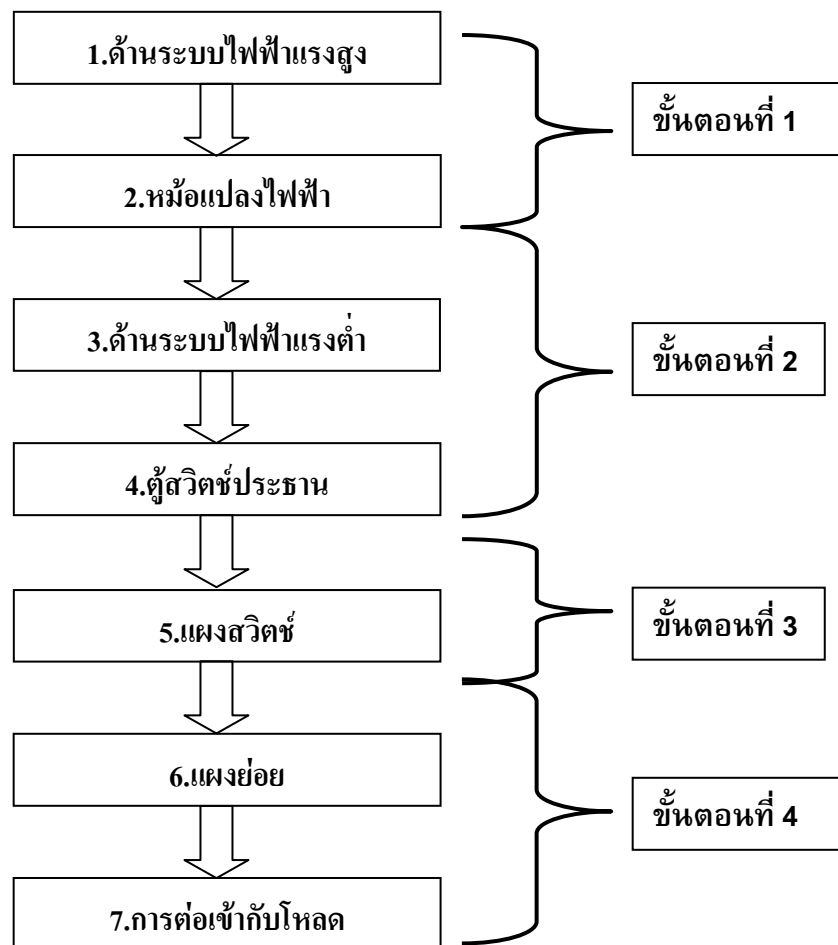
- จำนวนและชนิดของโหลด
- ขนาดพิกัดกระแสของของโหลดแต่ละตัว
- ขนาดพิกัดกำลังของของโหลดแต่ละตัว
- ระบบแรงดันไฟฟ้า

บทที่ 3

ขั้นตอนการเขียนแบบแปลนโดยแสดงเป็นแผนภาพเส้นเดียว (Single Line Diagram) สำหรับโรงงานอุตสาหกรรม

โดยปกติระบบการจ่ายไฟฟ้าภายในโรงงานอุตสาหกรรม จะต้องมียุทธศาสตร์แผนภาพเส้นเดียวอยู่แล้ว ตอนที่การไฟฟ้าจะจ่ายไฟฟ้าให้กับโรงงาน แต่เมื่อระยะเวลาผ่านไปแผนภาพเส้นเดียวอาจไม่มีการปรับปรุงแก้ไขตามสภาพการใช้ไฟฟ้าจริงภายในโรงงาน หรือในโรงงานบางแห่งแผนภาพเส้นเดียวนั้น อาจจะชำรุดหรือสูญหายไปแล้ว ดังนั้นผู้ที่รับผิดชอบเกี่ยวกับระบบไฟฟ้าภายในโรงงาน จึงต้องทำการปรับปรุงแผนภาพเส้นเดียว หรือต้องเขียนขึ้นใหม่ โดยใช้ข้อมูลการใช้ไฟฟ้าของโรงงานในปัจจุบัน เป็นเกณฑ์อ้างอิง ดังนั้น ข้อเสนอแนะต่อไปนี้จะมุ่งเน้นการเขียนแผนภาพเส้นเดียว ตามสภาพการใช้งานจริงในปัจจุบัน

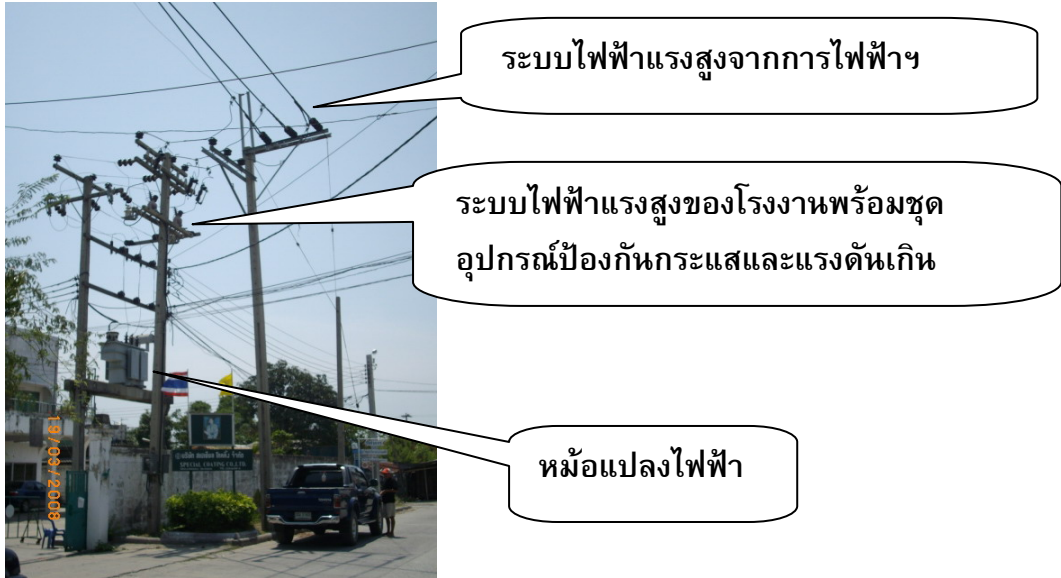
3.1 การแบ่งส่วนการเขียนแบบแปลนโดยแสดงแผนภาพเส้นเดียว



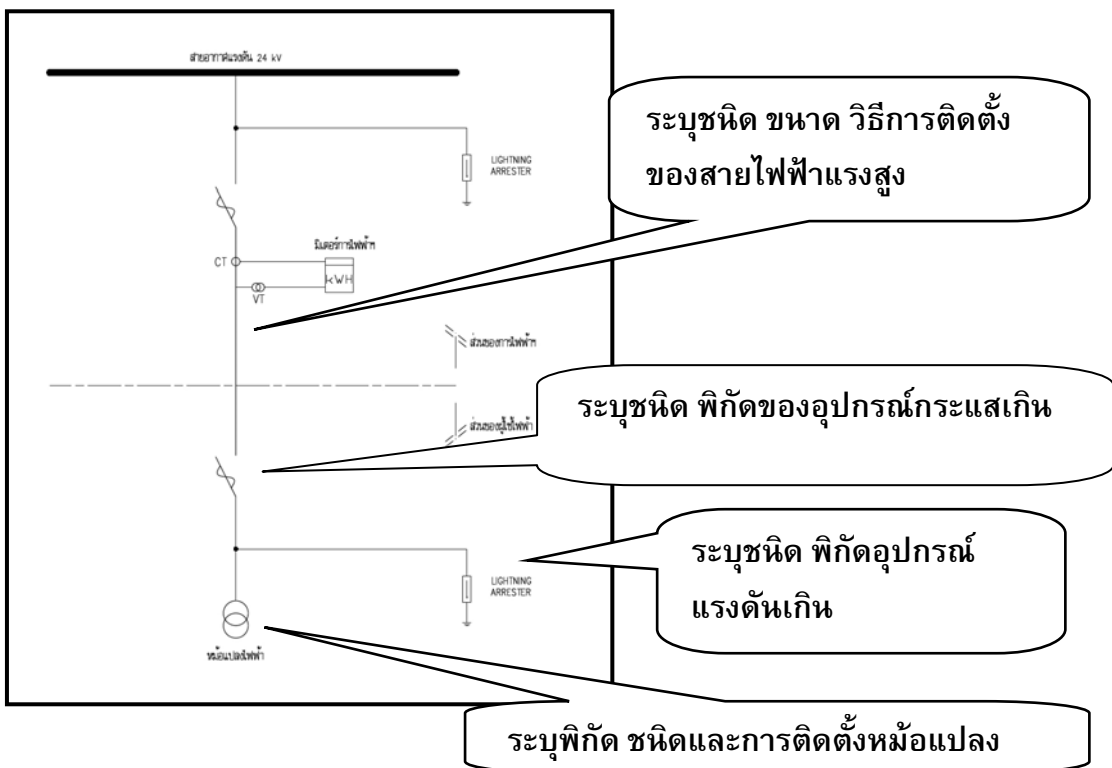
รูปที่ 3.1 แสดงส่วนประกอบของการจ่ายไฟฟ้า

3.1.1 ชั้นตอนที่ 1 ด้านระบบไฟฟ้าแรงสูงและหม้อแปลงไฟฟ้า

หมายถึง การเขียนแบบแปลนส่วนที่รับระบบไฟฟ้าแรงสูงจากการไฟฟ้าฯ แล้วเดินสายไฟฟ้าไปยังหม้อแปลงไฟฟ้า



รูปที่ 3.2 แสดงสายไฟฟ้าแรงสูงแบบเดินสายอากาศและหม้อแปลงไฟฟ้า



รูปที่ 3.3 แสดงแผนภาพเส้นเดี่ยวของสายไฟฟ้าแรงสูงแบบเดินสายอากาศ และหม้อแปลงไฟฟ้า

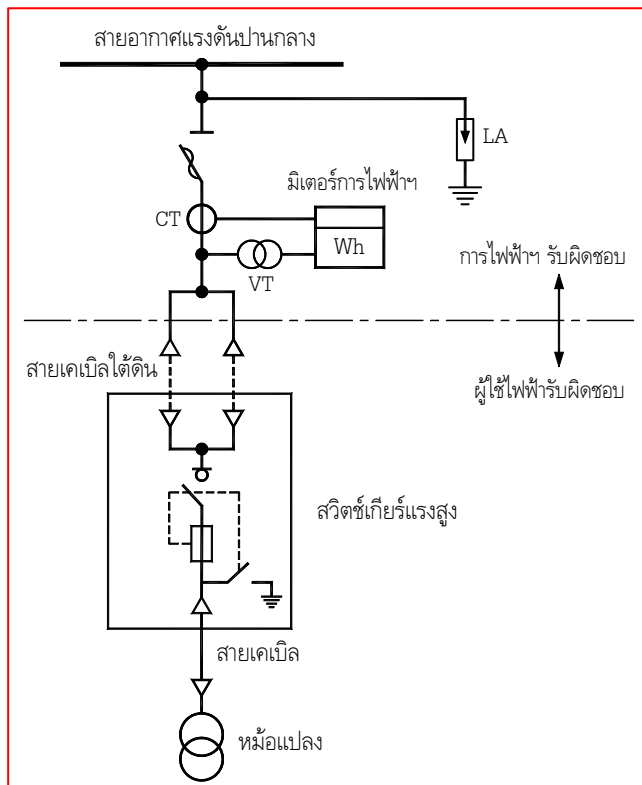


สายไฟฟ้าแรงสูงแบบเดินสายใต้ดิน



หม้อแปลงตั้งพื้นรับไฟฟ้าจากการเดินสายใต้ดิน

รูปที่ 3.4 แสดงสายไฟฟ้าแรงสูงแบบเดินสายใต้ดินและหม้อแปลงไฟฟ้า



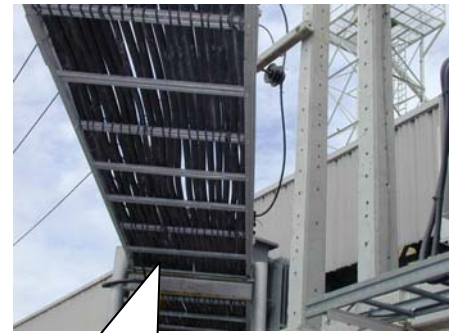
รูปที่ 3.5 แสดงแผนภาพเส้นเดียวของสายไฟฟ้าแรงสูงแบบเดินสายใต้ดิน และหม้อแปลงไฟฟ้า

3.1.2 ขั้นตอนที่ 2 ด้านระบบไฟฟ้าแรงต่ำและตู้สวิตช์ประธาน

หมายถึง การเขียนแบบแปลนส่วนที่รับไฟฟ้าแรงต่ำจากหม้อแปลงไฟฟ้าของโรงงานหรือหม้อแปลงไฟฟ้าของการไฟฟ้า(กรณีรับไฟฟ้าแรงต่ำจากการไฟฟ้า)แล้วเดินสายไฟฟ้าไปตู้สวิตช์ประธาน



การเดินสายไฟฟ้าแรงต่ำจากหม้อแปลงไปตู้สวิตช์ประธาน

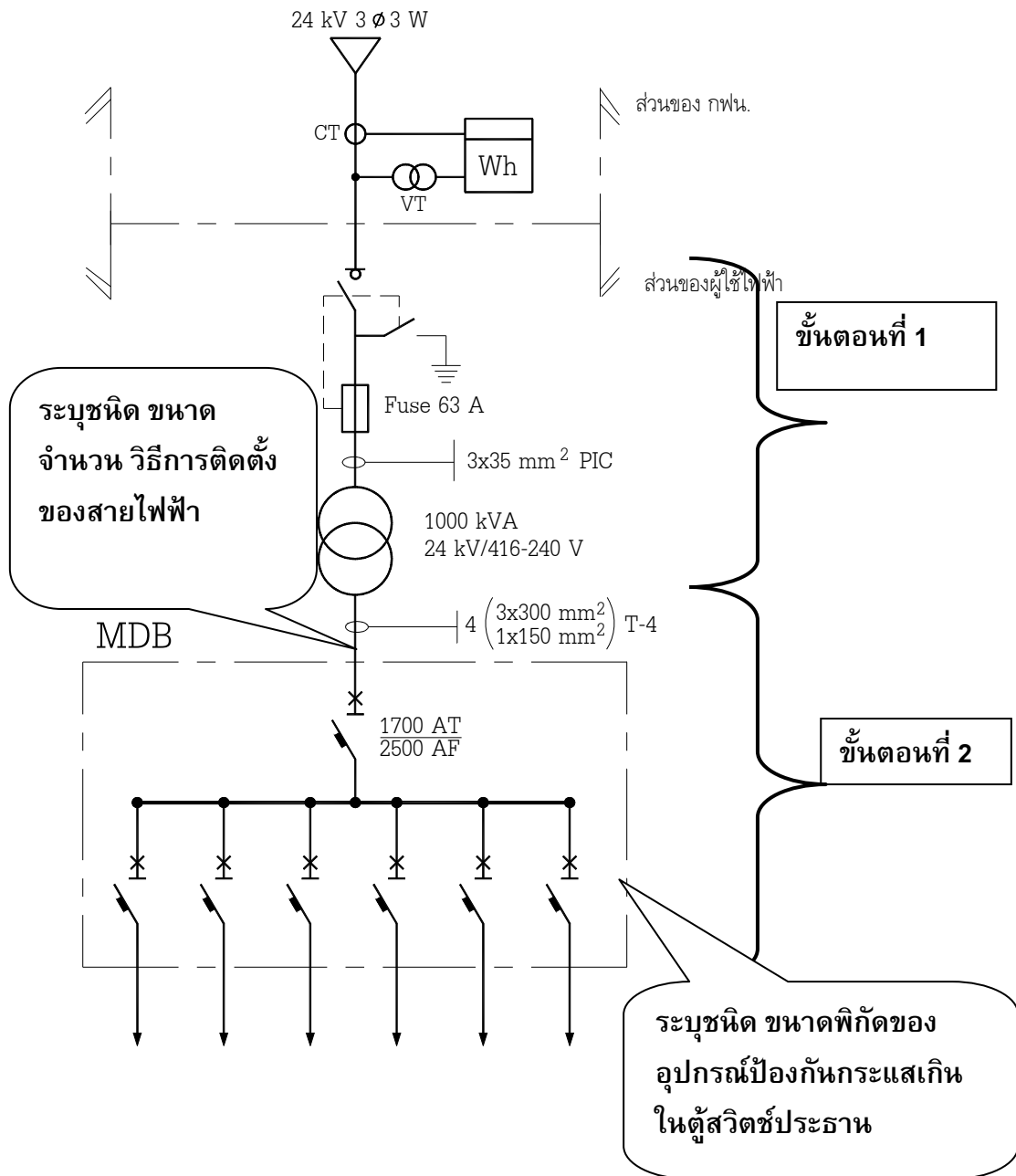


ระบุขนาด จำนวน วิธีการติดตั้ง ของสายไฟฟ้า



ระบุชนิด ขนาดพิกัดของอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินในตู้สวิตช์ประธาน

รูปที่ 3.6 แสดงการเดินสายไฟฟ้าแรงต่ำจากหม้อแปลงไฟฟ้าไปตู้สวิตช์ประธาน



รูปที่ 3.7 แสดงแผนภาพเส้นเดี่ยวของสายไฟฟ้าแรงต่ำจากหม้อแปลงไฟฟ้าไปตู้สวิตช์ประธาน

3.1.3 ชั้นตอนที่ 3 ด้านไฟฟ้าแรงต่ำจากตู้สวิตช์ประธาน (MDB) ไปแผงสวิตช์ (DB) หรือโหลดขนาดใหญ่

หมายถึง การเขียนแบบแปลนส่วนไฟฟ้าแรงต่ำจากตู้สวิตช์ประธานไปแผงสวิตช์

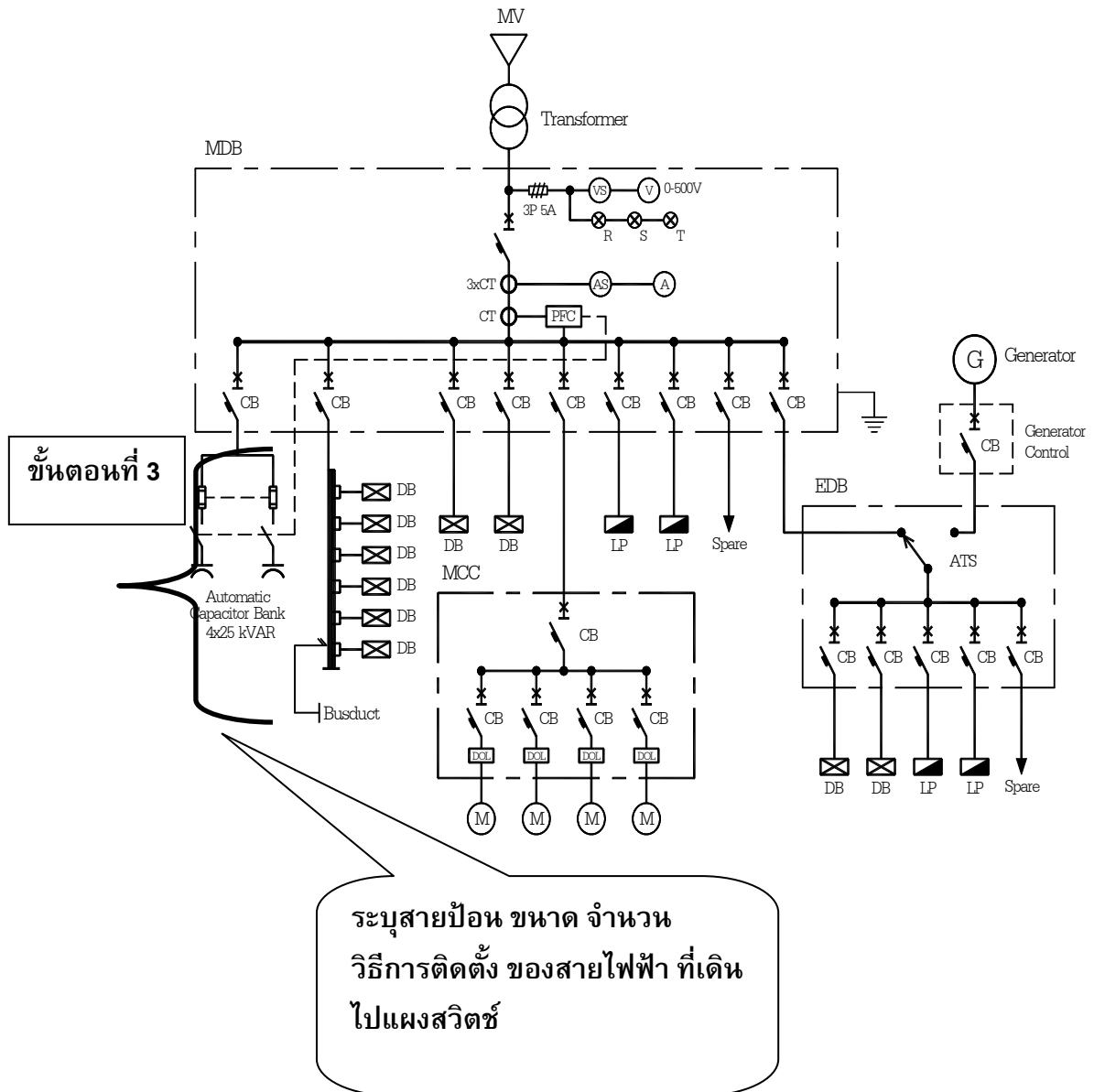


ระบุสายบ่อน ขนาด จำนวน วิธีการติดตั้ง ของสายไฟฟ้า ที่เดินไปแผงสวิตช์



ระบุสายบ่อน ขนาด จำนวน วิธีการติดตั้ง ของสายไฟฟ้า ที่เดินไปแผงสวิตช์

รูปที่ 3.8 แสดงการเดินสายไฟฟ้าแรงต่ำจากตู้สวิตช์ประธานไปแผงสวิตช์ (DB) หรือโหลดขนาดใหญ่



รูปที่ 3.9 แสดงแผนภาพเส้นเดี่ยวจากตู้สวิตช์ประธาน(MDB)ไปแผงสวิตช์(DB) หรือโหลดขนาดใหญ่

3.1.4 ชั้นตอนที่ 4 ด้านแผงสวิตช์ (DB) ไปโหลดหรือแผงย่อย (PB)

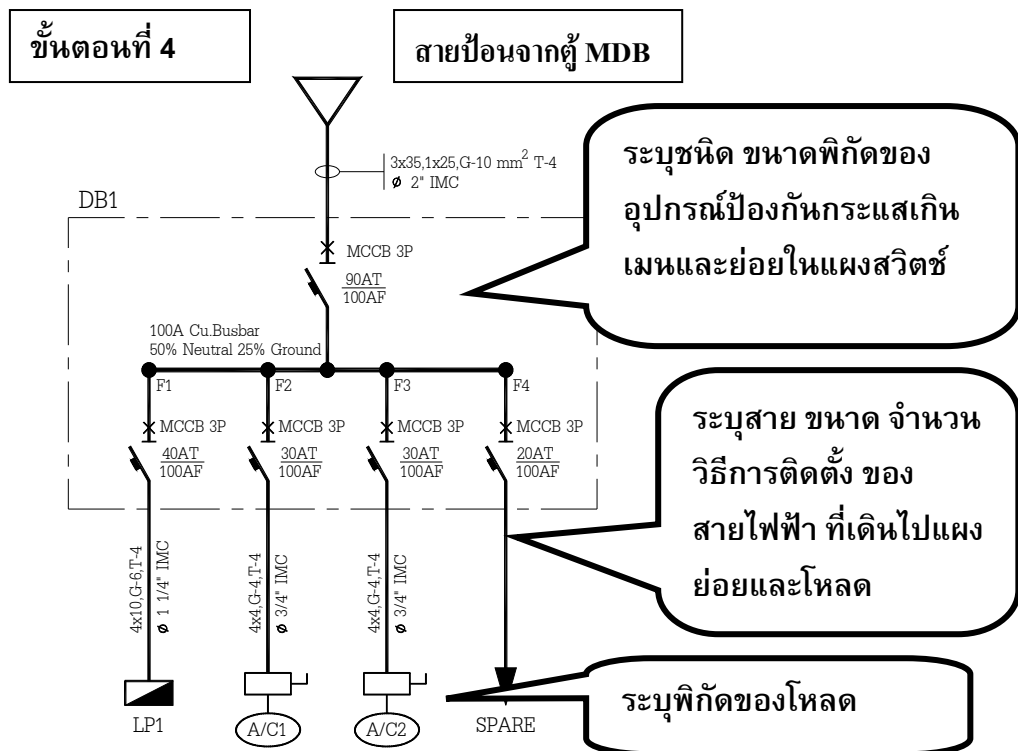
หมายถึง การเขียนแบบแปลนส่วนที่รับไฟฟ้าแรงต่ำจากแผงสวิตช์ไปแผงย่อย และโหลด



ระบุสาย ขนาด จำนวน
วิธีการติดตั้ง ของ
สายไฟฟ้า ที่เดินไปแผง
ย่อยและโหลด

ระบุชนิด ขนาดพิกัดของ
อุปกรณ์ป้องกันกระแส
เกิน ในแผงสวิตช์

รูปที่ 3.10 แสดงการเดินสายไฟฟ้าแรงต่ำจากแผงสวิตช์ (DB) ไปโหลดหรือแผงย่อย (PB)



ระบุชนิด ขนาดพิกัดของ
อุปกรณ์ป้องกันกระแสเกิน
เมนและย่อยในแผงสวิตช์

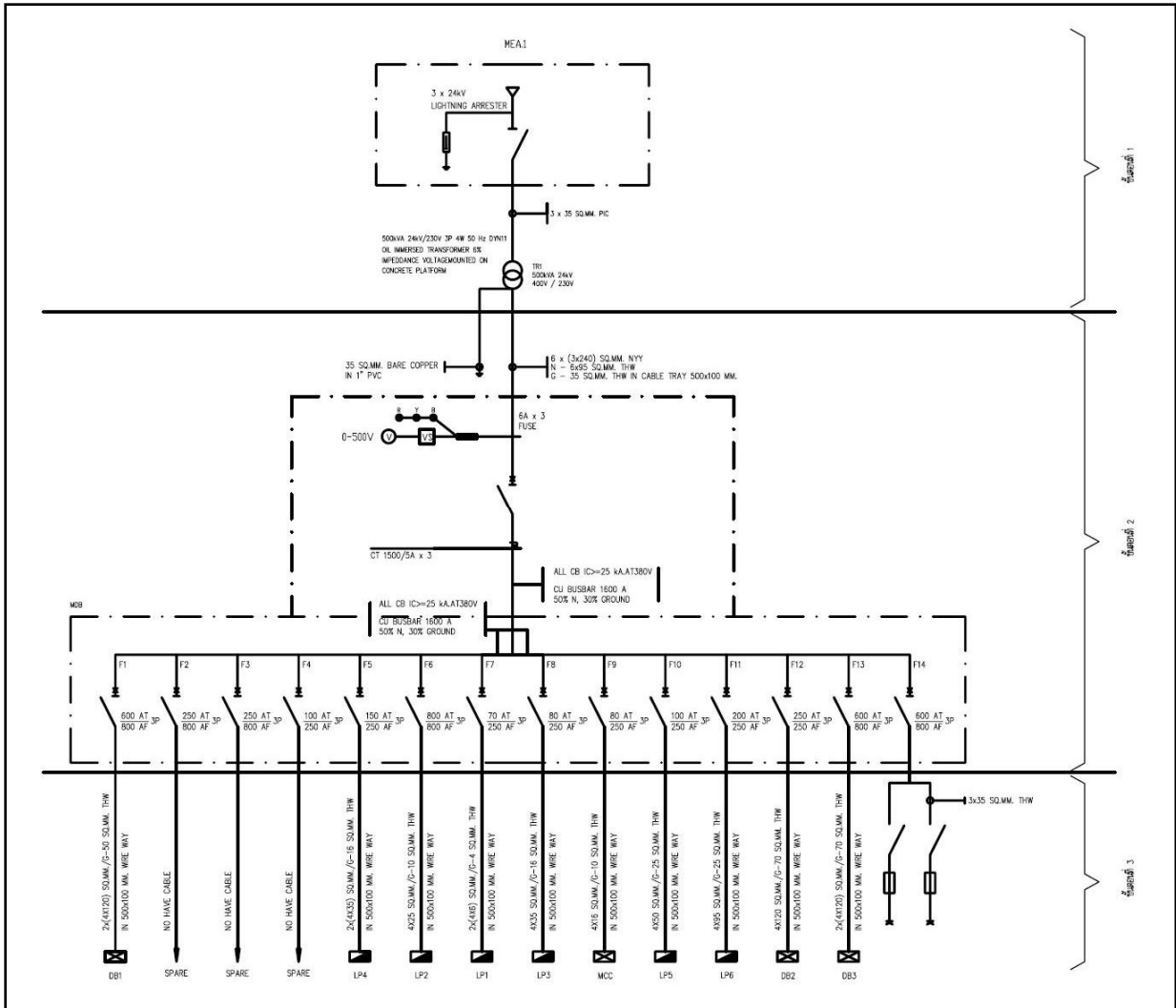
ระบุสาย ขนาด จำนวน
วิธีการติดตั้ง ของ
สายไฟฟ้า ที่เดินไปแผง
ย่อยและโหลด

ระบุพิกัดของโหลด

รูปที่ 3.11 แสดงแผนภาพเส้นเดี่ยวจากแผงสวิตช์ไปโหลดหรือแผงย่อย (PB)

หมายเหตุ สิ่งที่ต้องระบุควบคู่กับแผงย่อย คือ ตารางโหลด (Load Schedule) ซึ่งการจัดทำตารางโหลดจะเขียนไว้ในบทที่ 4

โครงการจัดทำคู่มือการเขียนแบบแปลนโดยแสดงเป็นแผนภาพเส้นเดี่ยว(Single Line Diagram)



รูปที่ 3.11 แสดงการเขียนแผนภาพเส้นเดี่ยวขั้วที่ 1 ถึงขั้วที่ 3

บทที่ 4

การจัดทำตารางโหลด (Load Schedule)

4.1 ประโยชน์ที่ได้รับจากการจัดทำตารางโหลด

การจัดทำตารางโหลด (Load Schedule) ของระบบไฟฟ้าที่ใช้ภายในโรงงานอุตสาหกรรม หรืออาคารสำนักงาน มีส่วนสำคัญอย่างมาก เพราะตารางโหลดจะกำหนดรายละเอียดต่าง ๆ ไว้ เช่น จำนวนการใช้โหลด (VA) ขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์ ขนาดสายไฟฟ้า และอุปกรณ์ประกอบ เป็นต้น ประโยชน์ที่ได้รับจากการจัดทำตารางโหลด มีดังนี้

1. ทำให้จัดการโหลดแต่ละเฟสให้เกิดความสมดุลได้ดี (Balanced Load)
2. ทำให้การคำนวณโหลดในแต่ละเฟส และการรวมโหลดได้ง่ายขึ้น
3. ทำให้ระบุการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าลงในตารางโหลดได้ละเอียดยิ่งขึ้น นอกเหนือจากที่ระบุในแผนภาพเส้นเดี่ยว

4.2 ขั้นตอนการทำตารางโหลด

ขั้นตอนการทำตารางโหลดสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม หรืออาคารที่มีการใช้ไฟฟ้าอยู่แล้ว มีดังนี้

1. สืบหาโหลดของวงจรย่อยต่าง ๆ ได้แก่ วงจรย่อยไฟฟ้าแสงสว่าง วงจรย่อยเต้ารับ วงจรเครื่องปรับอากาศ วงจรโหลดเฉพาะอย่าง วงจรมอเตอร์ วงจรเครื่องทำความร้อน หรือวงจรอื่น ๆ
2. นำวงจรย่อยจากข้อ 1 ไปใส่ในตารางโหลด โดยใช้หมายเลขวงจรย่อยตามลำดับดังนี้ 1 (เฟส A) 3 (เฟส B) 5 (เฟส C) ตามด้วย 2 (เฟส A) 4 (เฟส B) 6 (เฟส C) และ 7 (เฟส A) 9 (เฟส B) 11 (เฟส C) จนครบวงจรย่อย และต่อด้วยวงจรย่อยโหลดประเภทอื่นต่อไป
3. ตรวจสอบด้วยว่าที่แผงย่อยมีการจัดทำวงจรย่อยสำรอง (Spare Branch Circuit) และวงจรย่อยว่าง (Space Branch Circuit) หรือไม่ ถ้ามีต้องจัดทำตารางโหลดด้วย โดยปกติแผงย่อยจะต้องมีจำนวนวงจรมาตรฐานเป็น 12 , 18 , 24 , 30 , 36 และ 42 วงจร



รูปที่ 4.1 แสดงแผงย่อย (Panelboard (PB))

4. ต้องระบุขนาดของเซอร์กิตเบรกเกอร์ ขนาดและชนิดของสายไฟฟ้า วิธีการเดินสาย ขนาดท่อสาย แล้วนำไปใส่ในตารางโหลด
5. สรุปการใช้โหลดทั้งหมด ขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่ควบคุมวงจรมิน และวงจรรย่อยทั้งหมด ขนาดสายเมน สายวงจรรย่อย สายนิวทรัล สายดิน ขนาดท่อสาย ลงในตารางโหลด
6. เมื่อจัดทำตารางโหลดครบทุกแผงย่อยแล้ว ลำดับต่อไปจึงไปจัดทำที่แผงสวิตช์ (DB) และตู้สวิตช์ประธาน (MDB) ตามลำดับ

ตารางโหลด
แผงย่อยที่

สถานที่.....

จำนวน วงจร

วงจร ที่	รายการ โหลด	โหลด (VA)			เซอร์กิตเบรกเกอร์			สายไฟฟ้า และท่อร้อยสาย
		A	B	C	ขั้ว	AT	AF	
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
รวม								

ตารางที่ 4.1 แสดงตารางโหลด

4.3 ตัวอย่างการจัดทำตารางโหลด

ขั้นตอนที่ 1 สํารวจโหลดของวงจรย่อยต่าง ๆ

โรงงานอุตสาหกรรมแห่งหนึ่งตรวจสอบที่แผงย่อย (PB) แผงหนึ่งมีการใช้โหลด เซอร์กิตเบรกเกอร์ และสายไฟฟ้า ดังนี้

- แผงย่อย กำหนดชื่อเป็น PB 5
- จำนวนวงจร 12 วงจรย่อย
 - วงจรย่อย 1 – 6 เป็นวงจรไฟฟ้าแสงสว่าง ใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ วัตต์ค่ากระแสได้ ชุดละ 0.6 แอมแปร์ โดยในแต่ละวงจรมี 8 ชุด
- วงจรย่อยที่ 7 – 9 เป็นวงจรเต้ารับวงจรละ 5 ชุด โดยไฟฟ้าในโรงงานเป็นไฟระบบ 380/220 V 3 เฟส 4 สาย
- วงจรย่อยที่ 10 –12 เป็นวงจรย่อยสำรอง(Spare Branch Circuit)
 - ทั้งหมดใช้ THW มอก.11-2531 ตารางที่ 4 (T4) เดินในท่อโลหะเกาะผนัง
 - สายป้อนเป็นแบบ 3 เฟส

ขั้นตอนที่ 2 นำวงจรย่อยไปใส่ในตารางโหลด คอลัมน์ที่ 1,2 และ 3

สำหรับขนาดของโหลดที่จะนำไปใส่ในคอลัมน์ที่ 3 คำนวนได้ดังนี้

วงจรย่อย 1 ถึง 6 ซึ่งเป็นวงจรย่อยแสงสว่าง แต่ละวงจรคำนวณโหลดได้ดังนี้

$$\begin{aligned}\text{โหลดเป็น VA} &= \text{กระแส} \times \text{แรงดัน} \times \text{จำนวนชุด} \\ &= 0.6\text{A} \times 220\text{V} \times 8 \text{ ชุด} \\ &= 1,056 \text{ VA}\end{aligned}$$

นำค่าโหลด 1,056 VA ไปใส่ในคอลัมน์ที่ 3 เรียงลำดับเฟส A,B และ C

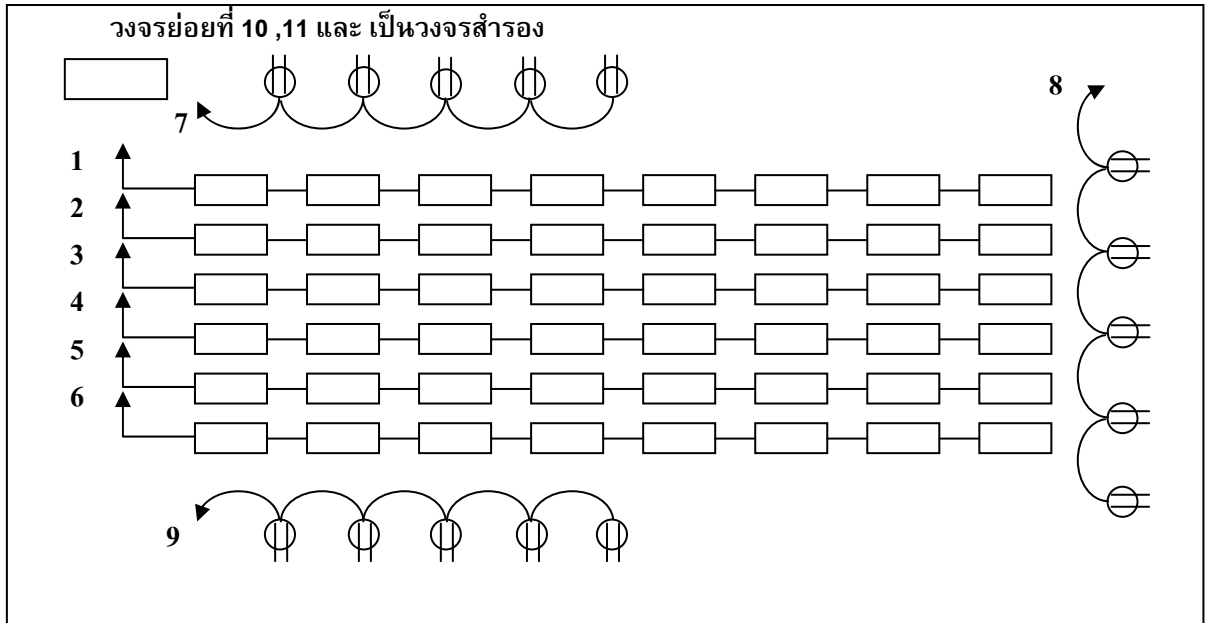
วงจรย่อย 1 ถึง 9 ซึ่งเป็นวงจรเต้ารับวงจร แต่ละวงจรคำนวณโหลดได้ดังนี้

$$\begin{aligned}\text{โหลดเป็น VA} &= 180 \times 5 \\ &= 900 \text{ VA}\end{aligned}$$

นำค่าโหลด 900 VA ไปใส่ในคอลัมน์ที่ 3 เรียงลำดับเฟส A,B และ C

ขั้นตอนที่ 3 นำวงจรย่อยสำรองไปใส่ในตารางโหลด คอลัมน์ที่ 1 และ 2

L - 5



รูปที่ 4.2 แสดงวงจรไฟฟ้า

ขั้นตอนที่ 4 และ 5

1. การคำนวณโหลดเซอร์กิตเบรกเกอร์ ขนาดสายไฟฟ้า ท่อร้อยสายไฟฟ้า
วงจรร้อย

วงจรร้อย 1 ถึง 6

$$\begin{aligned}
 \text{ขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์} &= 1.25 \times \text{กระแส} \times \text{จำนวนชุด} \\
 &= 1.25 \times 0.6\text{A} \times 8 \text{ ชุด} \\
 &= 6 \text{ แอมแปร์}
 \end{aligned}$$

ใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาด 16 AT/125 AF, 1 P

สาย THW เดินในท่อโลหะเกาะผนัง ขนาด 2.5 ตร.มม. (18 A) ท่อ EMT \varnothing 1/2 นิ้ว

วงจรร้อย 7 ถึง 9

$$\begin{aligned}
 \text{โหลดเป็น VA} &= 180 \times 5 \\
 &= 900 \text{ VA} \\
 \text{ขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์} &= \frac{1.25 \times 900}{220} \\
 &= 5.11 \text{ แอมแปร์}
 \end{aligned}$$

ใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาด 16 AT/125 AF, 1 P

สาย THW เดินในท่อโลหะเกาะผนัง ขนาด 2.5 ตร.มม. (18 A) ท่อ EMT \varnothing 1/2 นิ้ว

หมายเหตุ ค่าที่ได้เป็นค่าจากการคำนวณ ในสภาพหน้างานจริงต้องตรวจสอบจากการติดตั้ง เช่น ขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์ ขนาดสายไฟ ขนาดท่อ เป็นเท่าไร ซึ่งตามหลักการแล้ว จะสอดคล้องกับค่าที่คำนวณได้

สายป้อน

โหลดแสงสว่างใช้ดีมานด์แฟกเตอร์ 100%

$$\text{รวมโหลดแสงสว่าง} = (0.6 \times 8) \times 6 \times 220 = 6,336 \text{ VA}$$

โหลดเต้ารับ ใช้ดีมานด์แฟกเตอร์ 100%

$$\text{รวมโหลดเต้ารับ} = (180 \times 5) \times 3 = 2,700 \text{ VA}$$

$$\text{รวมโหลดทั้งหมด} = 6,336 + 2,700 = 9,036 \text{ VA}$$

$$\text{ขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์} = \frac{1.25 \times 9,036}{\sqrt{3} \times 380} = 17.16 \text{ แอมแปร์}$$

ใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาด 25 AT/125 AF , 3 P

ใช้สาย THW ขนาด 6 ตร.มม. เดินในท่อโลหะเกาะผนัง ท่อ EMT \varnothing 3/4 นิ้ว

- นำค่าที่คำนวณได้ ขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์ ขนาดสายไฟฟ้า ขนาดท่อ (หรือจากการตรวจสอบหน้างาน) ไปใส่ในตารางโหลด คอลัมน์ที่ 4 และ 5

ตารางโหลด
แผงย่อยที่ L – 5

สถานที่.....

จำนวน 12 วงจร

วงจร ที่	รายการ โหลด	โหลด (VA)			เซอร์กิตเบรกเกอร์			สายไฟฟ้าและท่อร้อยสาย
		A	B	C	ขั้ว	AT	AF	
1	แสงสว่าง	1056			1	16	125	THW 2 – 2.5 ตร.มม. EMT \varnothing ½ นิ้ว
2	แสงสว่าง	1056			1	16	125	THW 2 – 2.5 ตร.มม. EMT \varnothing ½ นิ้ว
3	แสงสว่าง		1056		1	16	125	THW 2 – 2.5 ตร.มม. EMT \varnothing ½ นิ้ว
4	แสงสว่าง		1056		1	16	125	THW 2 – 2.5 ตร.มม. EMT \varnothing ½ นิ้ว
5	แสงสว่าง			1056	1	16	125	THW 2 – 2.5 ตร.มม. EMT \varnothing ½ นิ้ว
6	แสงสว่าง			1056	1	16	125	THW 2 – 2.5 ตร.มม. EMT \varnothing ½ นิ้ว
7	เต้ารับ	900			1	16	125	THW 2 – 2.5 ตร.มม. EMT \varnothing ½ นิ้ว
8	เต้ารับ		900		1	16	125	THW 2 – 2.5 ตร.มม. EMT \varnothing ½ นิ้ว
9	เต้ารับ			900	1	16	125	THW 2 – 2.5 ตร.มม. EMT \varnothing ½ นิ้ว
10	สำรอง	-			1	16	125	THW 2 – 2.5 ตร.มม. EMT \varnothing ½ นิ้ว
11	สำรอง		-		1	16	125	THW 2 – 2.5 ตร.มม. EMT \varnothing ½ นิ้ว
12	สำรอง			-	1	16	125	THW 2 – 2.5 ตร.มม. EMT \varnothing ½ นิ้ว
รวม		3012	3012	3012	CB 25 AT/125 AF , 3 P			
		สาย THW 4 – 6 ตร.มม. ในท่อ EMT \varnothing ¾ นิ้ว						

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าต่าง ๆ ในตารางโหลด

บทที่ 5

ตัวอย่างในการเขียนแบบแปลนโดยแสดงเป็นแผนภาพเส้นเดียว

สำรวจข้อมูลต่างๆ พร้อมจัดทำแบบแปลนโดยแสดงเป็นแผนภาพเส้นเดียวเป็นดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ด้านระบบไฟฟ้าแรงสูงและหม้อแปลงไฟฟ้า

ด้านไฟฟ้าแรงสูง

ตรวจสอบแล้วพบว่า

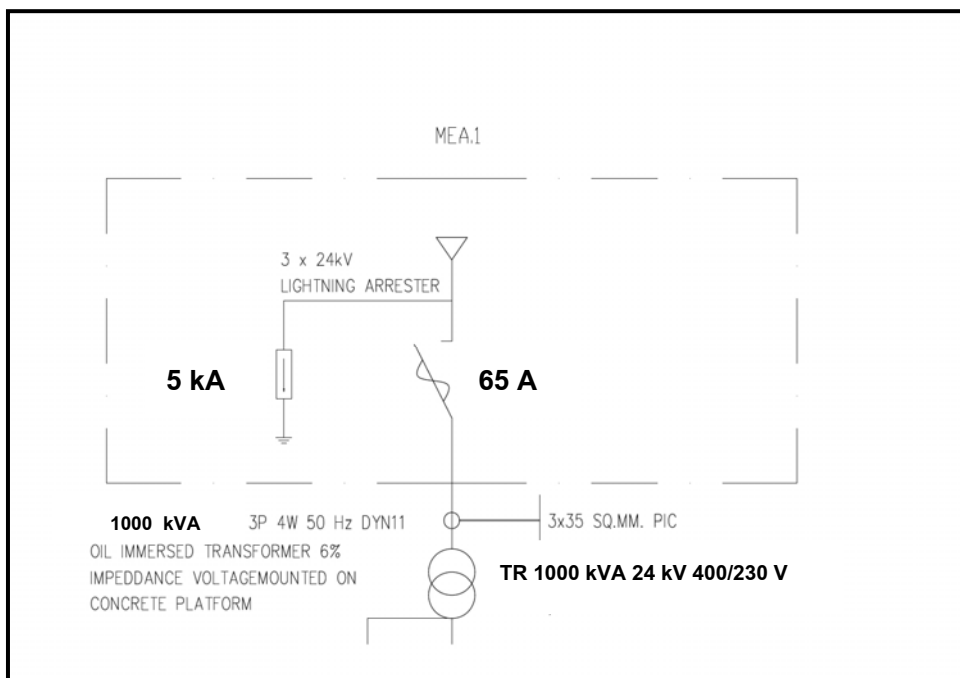
- รับไฟฟ้าจากการไฟฟ้านครหลวงระดับแรงดัน 24 kV. ระบบสายอากาศ
- สายสายหุ้มฉนวนแรงสูงไม่เต็มพิกัด(Partially Insulated Conductor) ขนาด 35 ตร.มม.
- อุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินเป็นชนิด Drop Fuse Cutout ขนาด 65 A จำนวน 3 ตัว
- อุปกรณ์ป้องกันแรงดันเกินใช้กับดักเสิร์จ (Lightning หรือ Surge Arrester) ขนาด 5 kA

ด้านหม้อแปลงไฟฟ้า

ตรวจสอบแล้วพบว่า

- หม้อแปลงขนาด 1000 kVA จำนวน 1 ลูก หม้อแปลงชนิดน้ำมัน โดยระบายความร้อนด้วยตัวเอง(OA) รับแรงดัน 24 kV ด้านแรงสูง และจ่ายแรงต่ำ 400/230 V 3 เฟส 4 สาย มีค่าเปอร์เซ็นต์อิมพีแดนซ์ของหม้อแปลง 6 % เวกเตอร์โตะะแกรมแบบ Dyn 11 ติดตั้งบนนั่งร้าน (Plat Form)

จากข้อมูลดังกล่าวนำไปเขียนแสดงเป็นแผนภาพเส้นเดียวได้ดังนี้



รูปที่ 5.1 แสดงแผนภาพเส้นเดียวด้านระบบไฟฟ้าแรงสูงและหม้อแปลงไฟฟ้า

ขั้นตอนที่ 2 ด้านไฟฟ้าแรงต่ำจากหม้อแปลงไฟฟ้าและตู้สวิตช์ประธาน (MDB)

ด้านแรงต่ำจากหม้อแปลงไฟฟ้า

ตรวจสอบแล้วพบว่า

สายเส้นเฟสเดินสาย NYY ขนาด 240 SQ.MM. จำนวน 6 ชุด {6X(3 X 240 SQ.MM.)}

สายเส้นนิวทรัลเดินสาย THW ขนาด 95 SQ.MM. จำนวน 6 ชุด

สายเส้นดินเดินสาย THW ขนาด 35 SQ.MM. จำนวน 1 ชุด

สายไฟฟ้าทั้งหมดวางอยู่ใน Cable Tray ขนาด 900 X 100 MM.

ด้านตู้สวิตช์ประธาน (MDB)

ตรวจสอบแล้วพบว่า

เมนสวิตช์เป็นเซอร์กิตเบรกเกอร์ (CB) ชนิด ACB ขนาด 1,800 AT/ 2,000 AF $IC \geq 40kA$

มีเซอร์กิตเบรกเกอร์ (CB) สำหรับสายป้อนจำนวน 14 ตัว (F1-F14) และชุดคาปาซิเตอร์ 1 ชุด

สายป้อน F1 CB ชนิด MCCB 3 ขั้ว ขนาด 600AT/800AF

สายป้อน F2 CB ชนิด MCCB 3 ขั้ว ขนาด 250AT/800AF

สายป้อน F3 CB ชนิด MCCB 3 ขั้ว ขนาด 250AT/800AF

สายป้อน F4 CB ชนิด MCCB 3 ขั้ว ขนาด 100AT/250AF

สายป้อน F5 CB ชนิด MCCB 3 ขั้ว ขนาด 150AT/250AF

สายป้อน F6 CB ชนิด MCCB 3 ขั้ว ขนาด 70AT/250AF

สายป้อน F7 CB ชนิด MCCB 3 ขั้ว ขนาด 70AT/250AF

สายป้อน F8 CB ชนิด MCCB 3 ขั้ว ขนาด 80AT/250AF

สายป้อน F9 CB ชนิด MCCB 3 ขั้ว ขนาด 80AT/250AF

สายป้อน F10 CB ชนิด MCCB 3 ขั้ว ขนาด 100AT/250AF

สายป้อน F11 CB ชนิด MCCB 3 ขั้ว ขนาด 200AT/250AF

สายป้อน F12 CB ชนิด MCCB 3 ขั้ว ขนาด 250AT/250AF

สายป้อน F13 CB ชนิด MCCB 3 ขั้ว ขนาด 600AT/800AF

สายป้อน F14 CB ชนิด MCCB 3 ขั้ว ขนาด 600AT/800AF

สายป้อน F14 เป็นสายป้อนชุดคาปาซิเตอร์ขนาด 6 X 500 kVAR

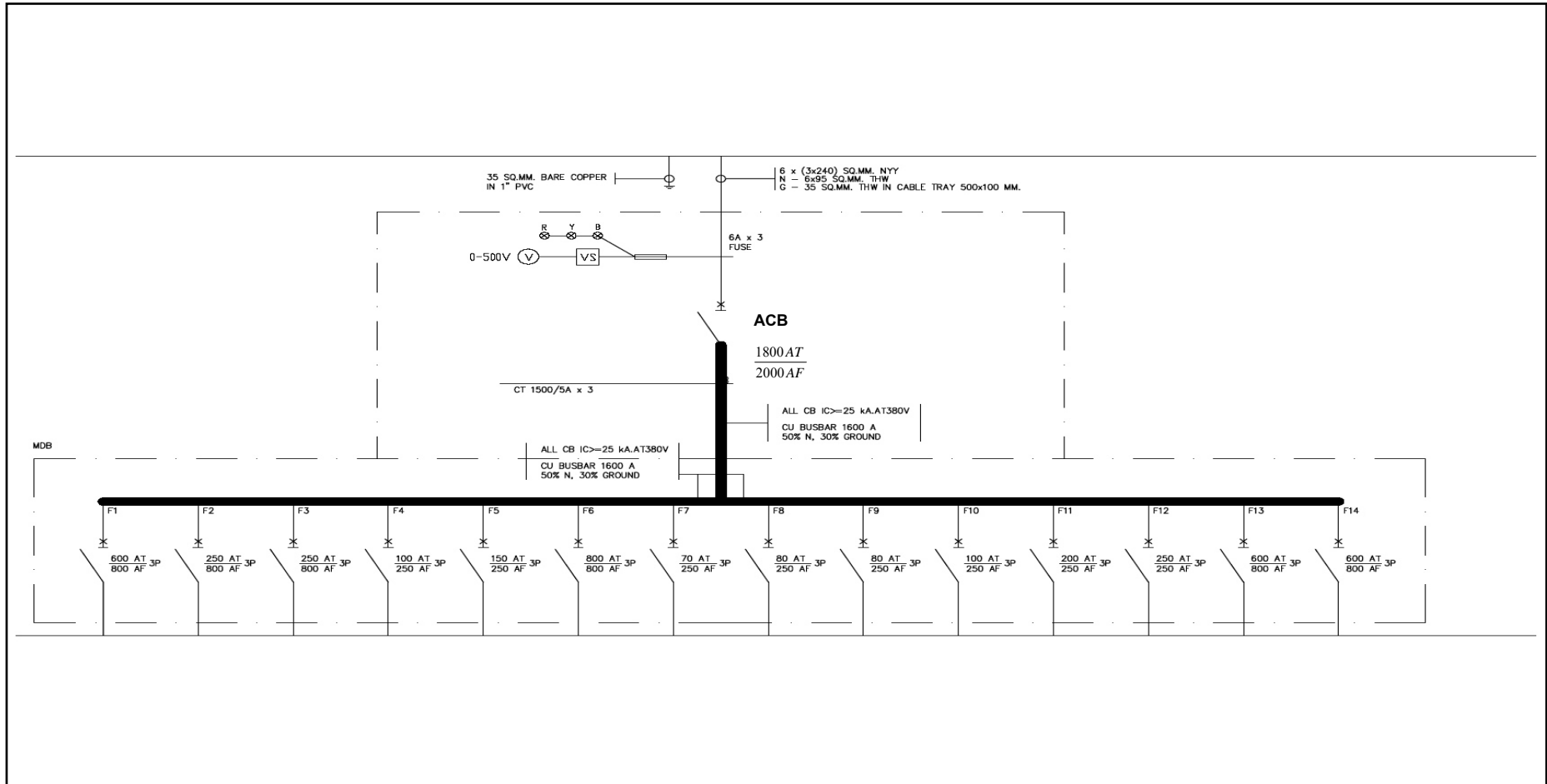
สายดินเดินสาย THW ขนาด 120 SQ.MM. จำนวน 1 เส้น

ภายในตู้ MDB เป็น Busbar

จากข้อมูลดังกล่าวนำไปเขียนแสดงเป็นแผนภาพเส้นเดียวต่อจากขั้นตอนที่ 1 ได้ดังนี้

โครงการจัดทำคู่มือการเขียนแบบแปลนโดยแสดงเป็นแผนภาพเส้นเดี่ยว (Single Line Diagram)

จากชั้นที่ 1 ด้านแรงต่ำของหม้อแปลง



รูปที่ 5.2 แสดงแผนภาพเส้นเดี่ยวด้านไฟฟ้าแรงต่ำจากหม้อแปลงไฟฟ้า และตู้สวิตช์ประธาน (MDB)

ขั้นตอนที่ 3 ด้านไฟฟ้าแรงต่ำจากตู้สวิตช์ประธาน (MDB) ไปแผงสวิตช์ (DB) หรือโหลดขนาดใหญ่

ตรวจสอบแล้วพบว่า

สายป้อน F1 จ่ายไปแผงสวิตช์ DB1 สาย THW ขนาด 2 X (4 X 120) SQ.MM./G-50 SQ.MM
เดินสายใน Wire Way ขนาด 500 X 100 MM.

สายป้อน F2 เป็นสายป้อนสำรอง (SPARE)

สายป้อน F3 เป็นสายป้อนสำรอง (SPARE)

สายป้อน F4 เป็นสายป้อนสำรอง (SPARE)

สายป้อน F5 จ่ายไปแผง LC4 สาย THW ขนาด 2 X (4 X 35) SQ.MM./G-16 SQ.MM
เดินสายใน Wire Way ขนาด 500 X 100 MM.

สายป้อน F6 จ่ายไปแผง LC2 สาย THW ขนาด (4 X 25) SQ.MM./G-10 SQ.MM
เดินสายใน Wire Way ขนาด 500 X 100 MM.

สายป้อน F7 จ่ายไปแผง LC1 สาย THW ขนาด 2 X (4 X 16) SQ.MM./G-4 SQ.MM
เดินสายใน Wire Way ขนาด 500 X 100 MM.

สายป้อน F8 จ่ายไปแผง LC3 สาย THW ขนาด (4 X 35) SQ.MM./G-16 SQ.MM
เดินสายใน Wire Way ขนาด 500 X 100 MM.

สายป้อน F9 จ่ายไปแผง MCC สาย THW ขนาด (4 X 16) SQ.MM./G-10 SQ.MM
เดินสายใน Wire Way ขนาด 500 X 100 MM.

สายป้อน F10 จ่ายไปแผง LC5 สาย THW ขนาด (4 X 50) SQ.MM./G-25 SQ.MM
เดินสายใน Wire Way ขนาด 500 X 100 MM.

สายป้อน F11 จ่ายไปแผง LC6 สาย THW ขนาด (4 X 95) SQ.MM./G-25 SQ.MM
เดินสายใน Wire Way ขนาด 500 X 100 MM.

สายป้อน F12 จ่ายไปแผงสวิตช์ DB2 สาย THW ขนาด (4 X 120) SQ.MM./G-70 SQ.MM
เดินสายใน Wire Way ขนาด 500 X 100 MM.

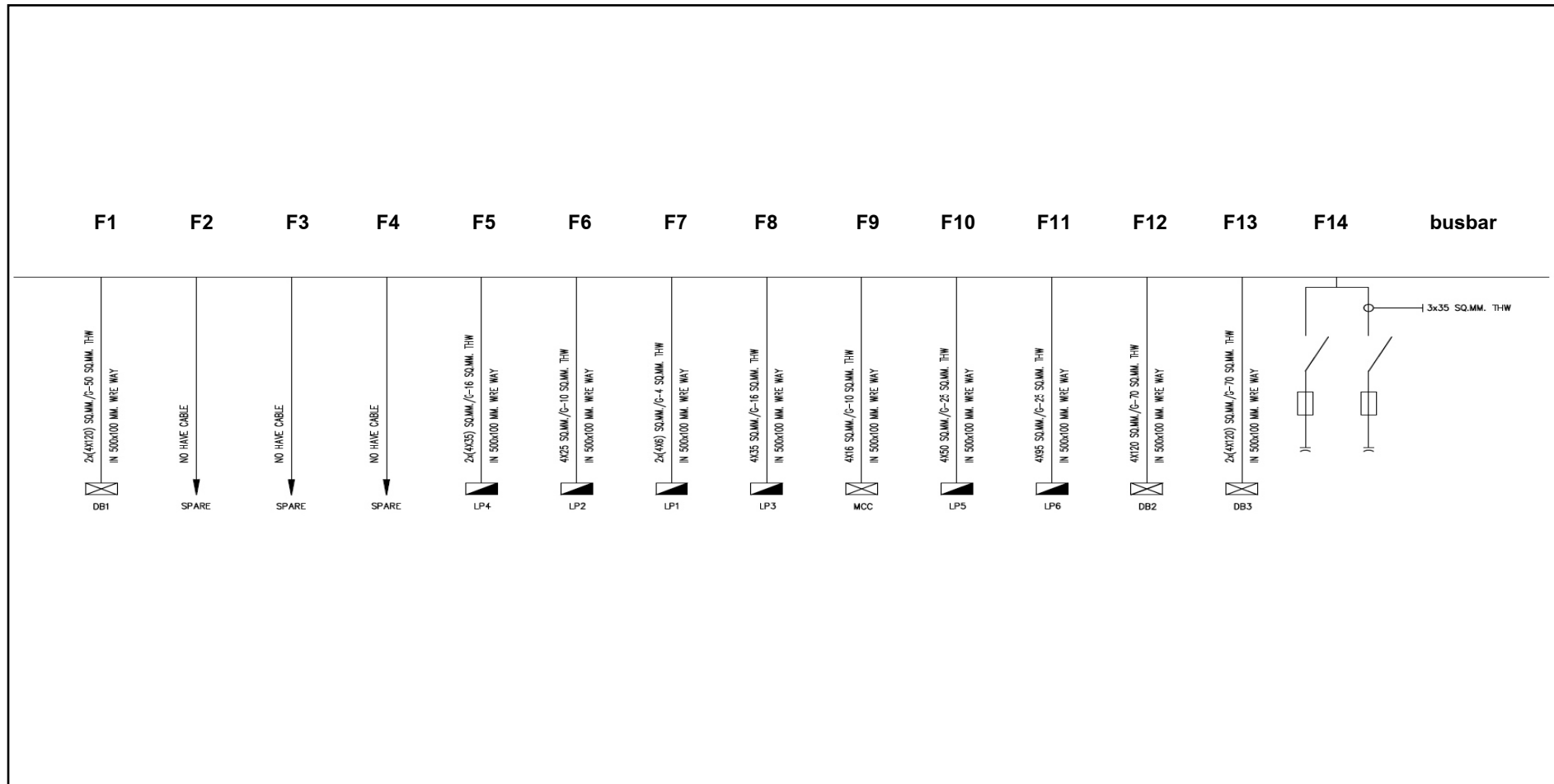
สายป้อน F13 จ่ายไปแผงสวิตช์ DB3 สาย THW ขนาด 2 X (4 X 120) SQ.MM./G-70 SQ.MM
เดินสายใน Wire Way ขนาด 500 X 100 MM.

สายป้อน F14 จ่ายไปแผงชุดคาปาซิเตอร์สาย THW ขนาด (3X 35) SQ.MM.

จากข้อมูลดังกล่าวนำไปเขียนแสดงเป็นแผนภาพเส้นเดียวต่อจากขั้นตอนที่ 2 ได้ดังนี้

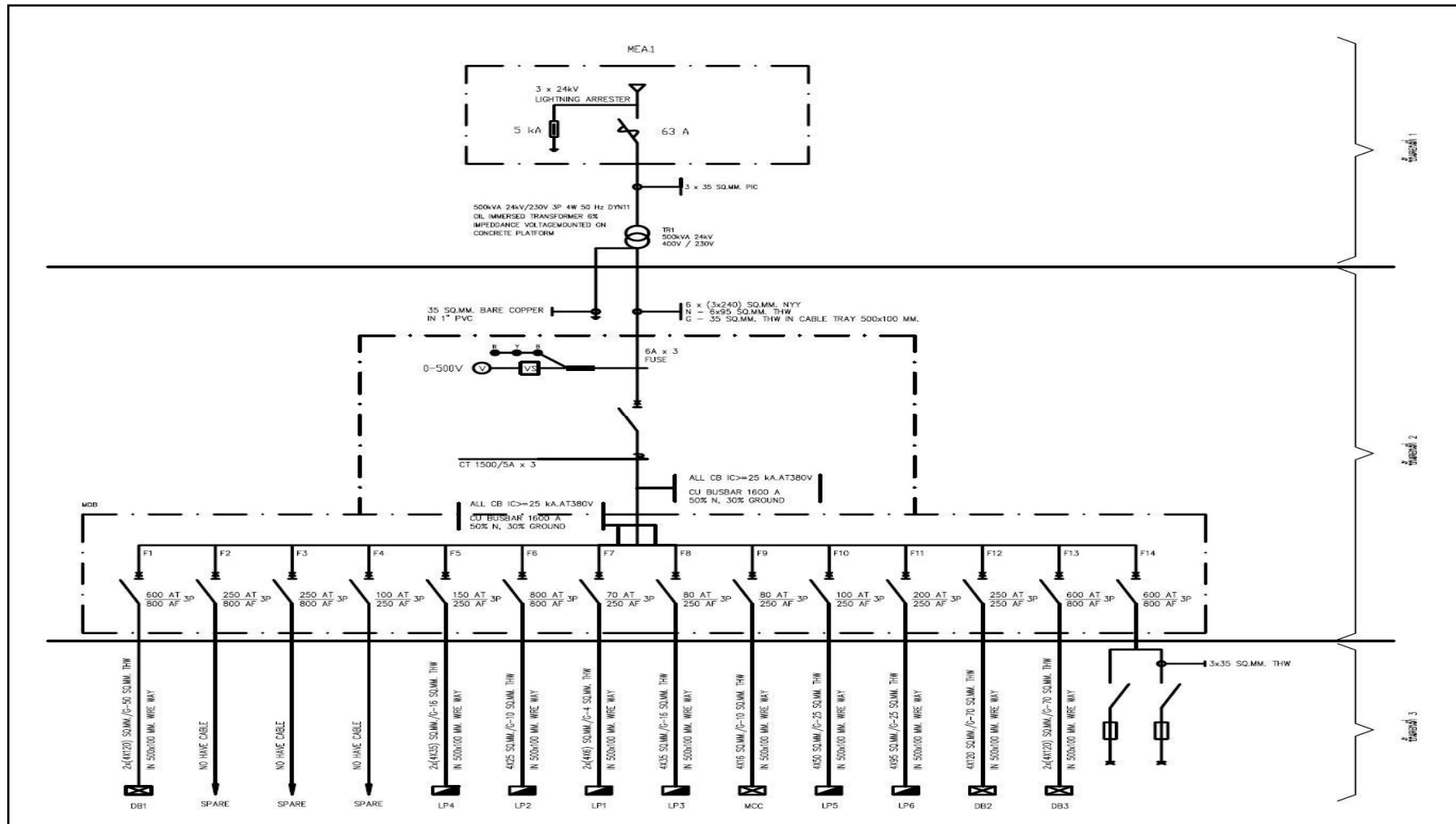
โครงการจัดทำคู่มือการเขียนแบบแปลนโดยแสดงเป็นแผนภาพเส้นเดี่ยว (Single Line Diagram)

จากชั้นที่ 2 ด้านตู้สวิตช์ประธาน (MDB)



รูปที่ 5.3 แสดงแผนภาพเส้นเดี่ยวด้านไฟฟ้าแรงต่ำจากตู้สวิตช์ประธาน (MDB) ไปแผงสวิตช์ (DB) หรือโหลดขนาดใหญ่

โครงการจัดทำคู่มือการเขียนแบบแปลนโดยแสดงเป็นแผนภาพเส้นเดี่ยว (Single Line Diagram)



รูปที่ 5.4 แสดงแผนภาพเส้นเดี่ยวด้านไฟฟ้าแรงสูงถึงแผงสวิตช์ (DB)

ขั้นตอนที่ 4 ด้านแผงสวิตช์ (DB) ไปโหลดหรือแผงย่อย (PB)

ขั้นตอนนี้ หมายถึง ที่แผงสวิตช์ซึ่งรับไฟฟ้าจากสายป้อน F1-F14 จากขั้นตอนที่ 3 แล้วจ่ายไปโหลดขนาดใหญ่ หรือแผงย่อยโดยต้องทำการตรวจสอบทั้งหมดแล้วนำไปเขียนแสดงเป็นแผนภาพเส้นเดี่ยวของแต่ละส่วนแผงสวิตช์ (DB) ต่อไป โดยในตัวอย่างนี้จะแนะนำจำนวน 2 สายป้อนคือสายป้อน F1 และสายป้อน F12

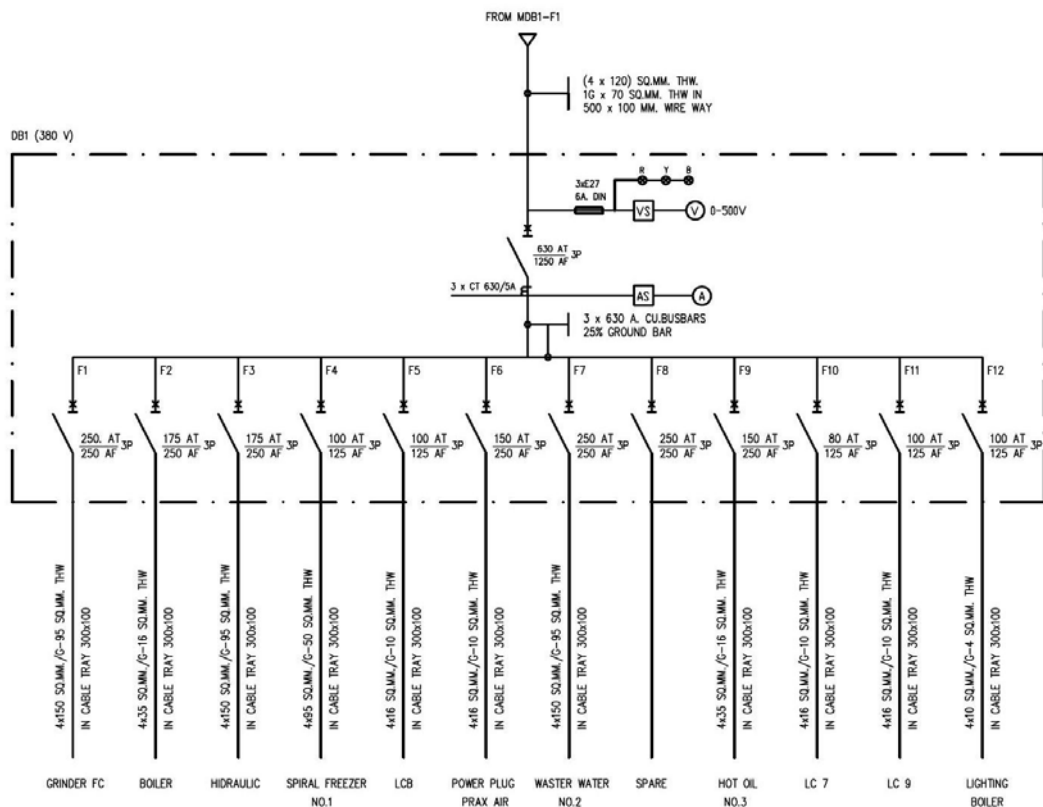
สายป้อน F1 จ่ายไปแผงสวิตช์ DB1 ตรวจสอบที่แผงDB1แล้วได้ข้อมูลดังนี้

แผง DB1

เมนสวิตช์เป็นเซอร์กิตเบรกเกอร์(CB) ชนิด MCCB ขนาด630 AT/1,250 AF 3 ขั้ว $IC \geq 40kA$

ภายในตู้เป็น Busbar ขนาด 3 X 630 A 25% Groundbar

สายป้อนย่อยจำนวน 12 สายป้อนย่อยคือ F1-F12 โดยมีรายละเอียดตามแผนภาพเส้นเดี่ยวตามรูป



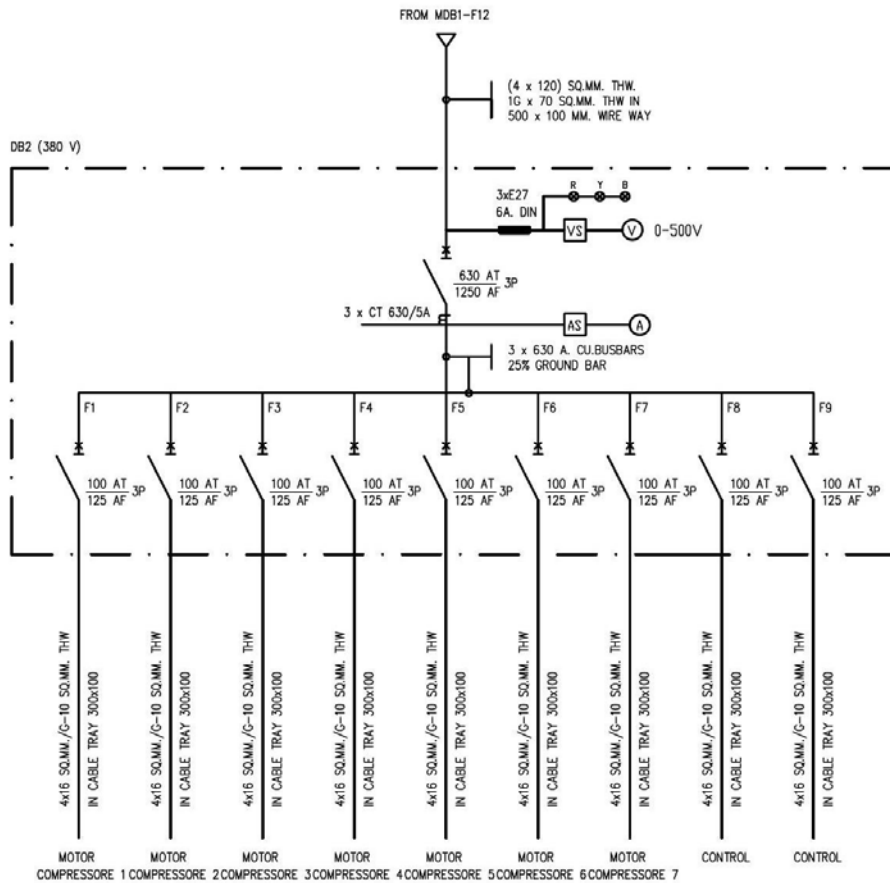
รูปที่ 5.5 แสดงแผนภาพเส้นเดี่ยวด้านแผงสวิตช์ DB 1

แผง DB2

เมนสวิตช์เป็นเซอร์กิตเบรกเกอร์(CB)ชนิด MCCBขนาด 630 AT/ 1,250 AF 3 ขั้ว $IC \geq 40kA$

ภายในตู้เป็น Busbar ขนาด 3 X 630 A 25% Groundbar

สายป้อนย่อยจำนวน 9 สายป้อนย่อยคือ F1-F9 โดยมีรายละเอียดตามแผนภาพเส้นเดียวตามรูป



รูปที่ 5.6 แสดงแผนภาพเส้นเดียวด้านแผงสวิตช์ DB 12

สำหรับขั้นตอนที่เหลื้ต่อไป คือ จัดทำแผนภาพเส้นเดียวของสายป้อนที่เหลื้ทั้งหมด และการจัดทำตารางโหลด

เอกสารอ้างอิง

John Wiley & Sons , **Electrical Installations Handbook** , Third Edition , 2000

John Cadick. **Electrical Safety Handbook**, 3rd Edition, McGraw-Hill, New York : 2006.

ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง มาตรการความปลอดภัยที่เกี่ยวกับระบบไฟฟ้าในโรงงาน พ.ศ. 2551, กระทรวงอุตสาหกรรม.

การไฟฟ้านครหลวง , คู่มือตรวจสอบสายภายใน , 2550

ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์, การออกแบบระบบไฟฟ้า, 2548

วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์, มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2545, 2545

ลือชัย ทองนิล, การออกแบบและติดตั้งระบบไฟฟ้าตามมาตรฐานของการไฟฟ้า, 2546

ลือชัย ทองนิล, คู่มือวิศวกรไฟฟ้า, 2546

ศุภี บรรจงจิต, หลักการและเทคนิคการออกแบบระบบไฟฟ้า , 2540

ชื่อหนังสือ : คู่มือการเขียนแบบแปลนโดยแสดงเป็นแผนภาพเส้นเดี่ยว
SINGLE LINE DIAGRAM

เจ้าของลิขสิทธิ์ : กรมโรงงานอุตสาหกรรม
75/6 ถนนพระรามที่ 6 แขวงทุ่งพญาไท เขตราชเทวี กรุงเทพฯ 10400
กรมโรงงานอุตสาหกรรมของสงวนสิทธิ์ ห้ามมิให้ผู้ใดนำส่วนหนึ่งส่วนใด
หรือ ตอนหนึ่งตอนใดของเนื้อเรื่อง และอื่นๆ ที่ประกอบในคู่มือนี้ ไป
คัดลอกโดยวิธี พิมพ์ดีด เรียงตัว คัดสำเนา ถ่ายฟิล์ม ถ่ายเอกสาร พิมพ์
โดยเครื่องจักรหรือวิธีการอื่นใด เพื่อนำไปแจก จำหน่าย เว้นแต่ได้รับ
อนุญาตจากกรมโรงงานอุตสาหกรรมเป็นลายลักษณ์อักษร

พิมพ์เมื่อ : มิถุนายน 2551 จำนวน 500 เล่ม

คณะกรรมการประสานและรับมอบงาน : กรมโรงงานอุตสาหกรรม

นายศิริพงษ์	สูงสุวรรณ	ประธานกรรมการ
		ผู้อำนวยการสำนักเทคโนโลยีความปลอดภัย
นายศุภกิจ	บุญศิริ	กรรมการ
นายณัฐพงศ์	ตัดดอกไม้	กรรมการ
นายชัชวาลย์	จิตติเรืองเกียรติ	กรรมการ
นายสมพล	จรัสรัตน์	กรรมการ
นายบวร	สัตยาวุฒิพงศ์	กรรมการและเลขานุการ
นายวิศิษฐ์ศักดิ์	กฤษณพันธ์	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

ที่ปรึกษาโครงการ : บริษัท พีวชั่นคอนซัลแตนท์ จำกัด

