

# บทที่ 16

## ตัวอย่างการออกแบบระบบไฟฟ้าของ โรงงานอุตสาหกรรม



1

### 16.1 บทนำ

- แสดงการออกแบบระบบไฟฟ้าของ  
โรงงานอุตสาหกรรม

#### กระบวนการออกแบบระบบไฟฟ้า

- พัฒนาตามความต้องการของขบวนการผลิต
- ทางด้านสถาปัตยกรรม
- ทางด้านเครื่องกล

2

### กระบวนการออกแบบระบบไฟฟ้า (ต่อ)

- จากข้อมูลเหล่านี้เราสามารถหาดำแหน่งของ
  - Panelboard
  - Distribution System
  - บริภัณฑ์ไฟฟ้าต่าง ๆ
- และสามารถนำข้อมูลที่ได้ไปทำ
  - Single Line Diagram
  - Riser Diagram

3

### 16.2 ข้อกำหนดในการออกแบบระบบไฟฟ้า

- โครงการนี้เกี่ยวกับการออกแบบโรงงานแห่งใหม่  
ของบริษัท Siam Plastic Company ( S.P.C. )
- บริษัท S.P.C. นี้ได้ว่าจ้าง  
บริษัท Siam Architect ( S.A. )  
มาเพื่อออกแบบ

4

## **16.2 ข้อกำหนดในการออกแบบระบบไฟฟ้า ( ต่อ )**

- สถาปนิกของบริษัท S.A. ได้ปรึกษากับเจ้าหน้าที่บริษัท S.P.C. ทำให้ทราบว่าต้องใช้พื้นที่ประมาณ 3,000 m<sup>2</sup>
  
- บริษัท S.A. ได้ติดต่อให้บริษัท PPT มาออกแบบระบบเครื่องกล  
ระบบสุขาภิบาล  
ระบบไฟฟ้า

5

### **16.2.1 แบบทางสถาปัตยกรรม**

- การออกแบบเบื้องต้นของสถาปนิก ได้แสดงในแบบ  
A-1  
A-2  
A-3

6

## แบบทางสถาปัตยกรรม

### - แบบ A-1

พื้นที่สำนักงานและพื้นที่การผลิต พื้นที่ทั้งหมด  
ประมาณ 3,000 m<sup>2</sup> และพื้นที่ทางด้านหลังสำหรับ  
การนำวัตถุดิบ , การขนส่งผลิตภัณฑ์และที่จอดรถ  
ครบถ้วน

7

## แบบทางสถาปัตยกรรม ( ต่อ )

### แบบ A-2

แสดงพื้นที่สำนักงานซึ่งมีพื้นที่ประมาณ 400 m<sup>2</sup>  
โดยแบ่งเป็น 2 ส่วน

### แบบ A-3

แสดงพื้นที่การผลิตซึ่งประกอบด้วย  
พื้นที่เก็บวัตถุดิบ , การผลิต , การเก็บอะไหล่ ,  
การประกอบชิ้นส่วนต่าง ๆ , โกดังและพื้นที่การขนส่ง

8

## 16.2.2 อุปกรณ์ใช้ไฟฟ้าที่กำหนดโดยเจ้าของ

แสดงในแบบงาน T-1 และ T-2

- แบบงาน T-1

แสดงข้อมูลของการใช้ไฟฟ้ารวม

ที่ตำแหน่งของอุปกรณ์ในพื้นที่สำนักงาน

- แบบงาน T-2

แสดงข้อมูลของการใช้ไฟฟ้ารวม

ทั้งตำแหน่งของอุปกรณ์ในพื้นที่การผลิต

9

## 16.2.3 อุปกรณ์ไฟฟ้าจากระบบเครื่องกล

### และระบบสุขาภิบาล

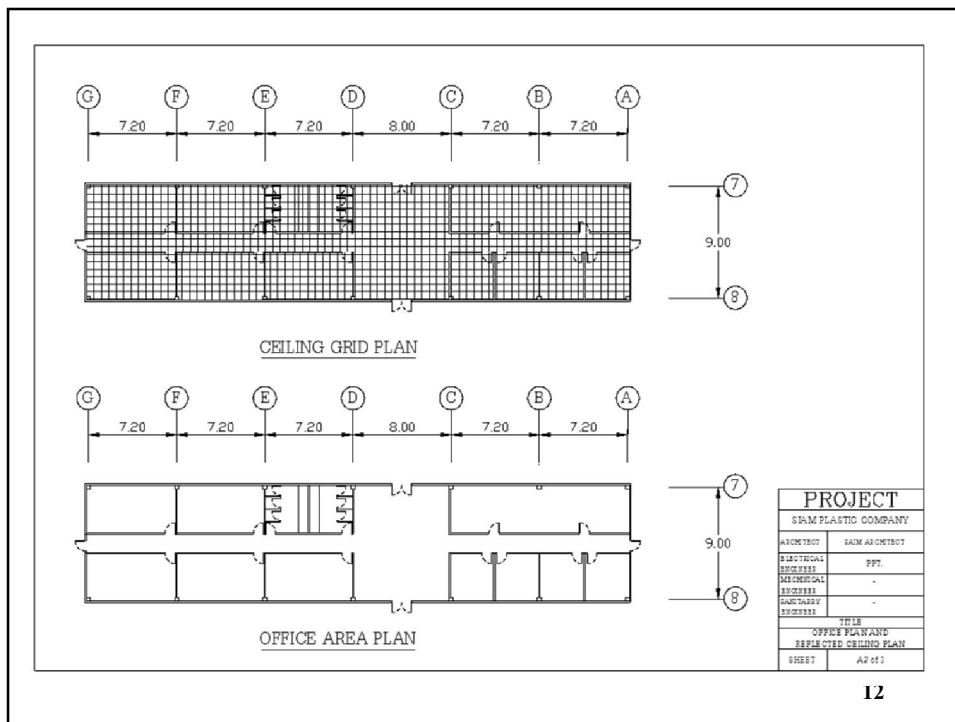
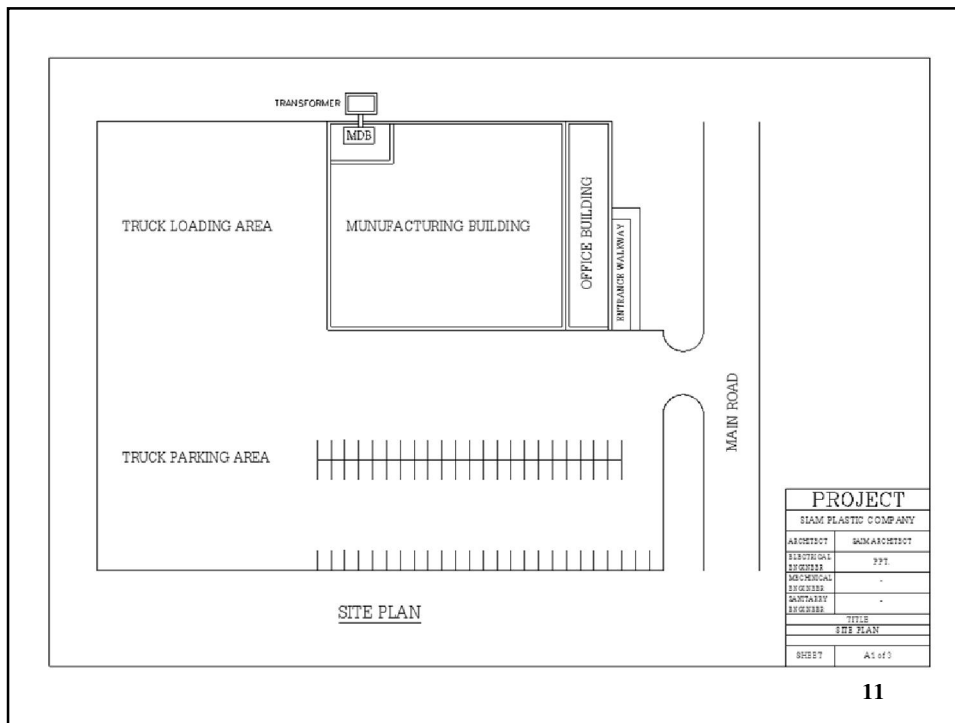
แบบงาน M-1

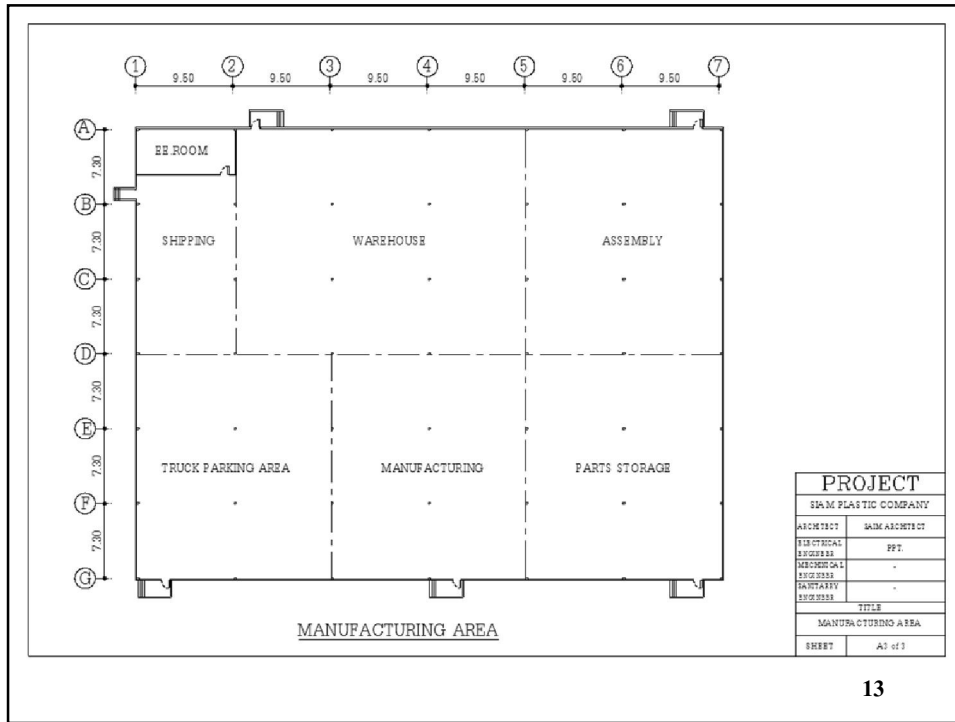
แสดงระบบภายในสำนักงาน

แบบงาน M-2

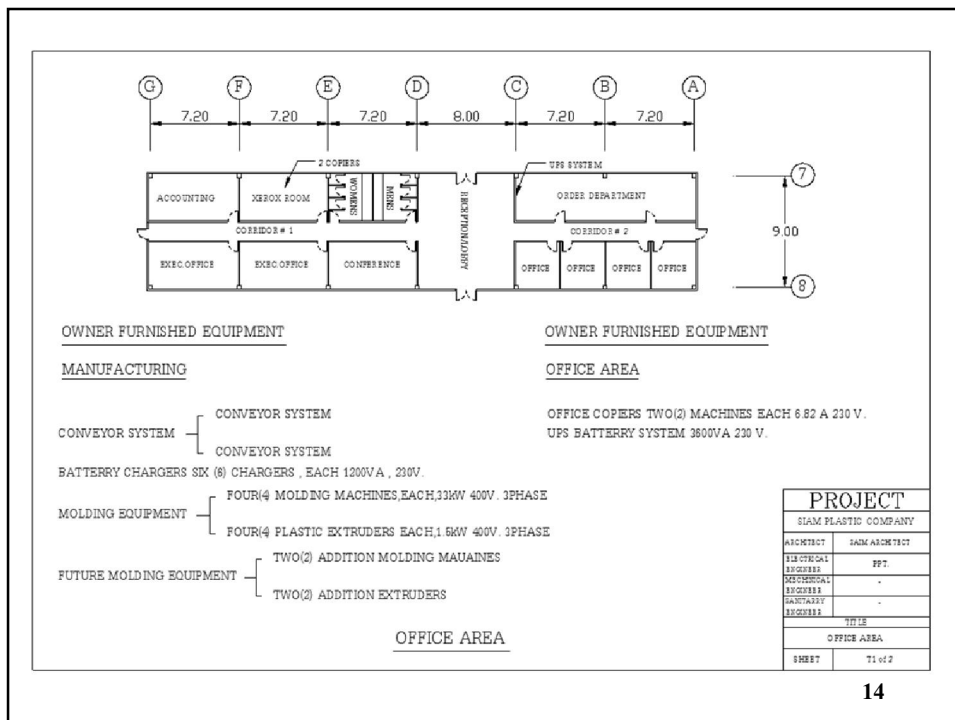
แสดงระบบของพื้นที่การผลิต

10

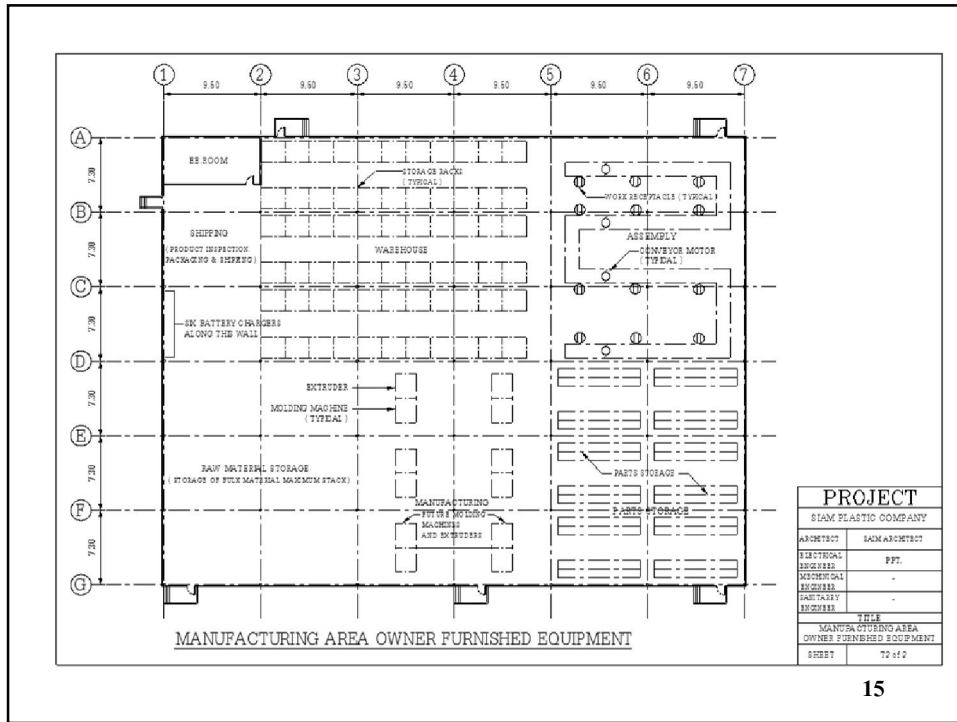




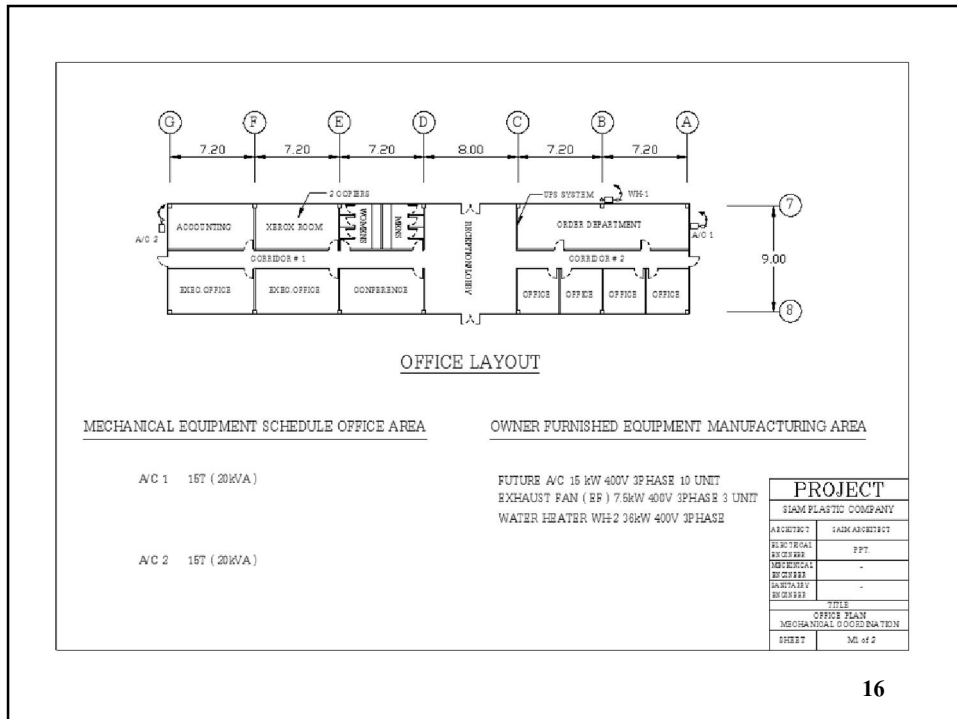
13



14

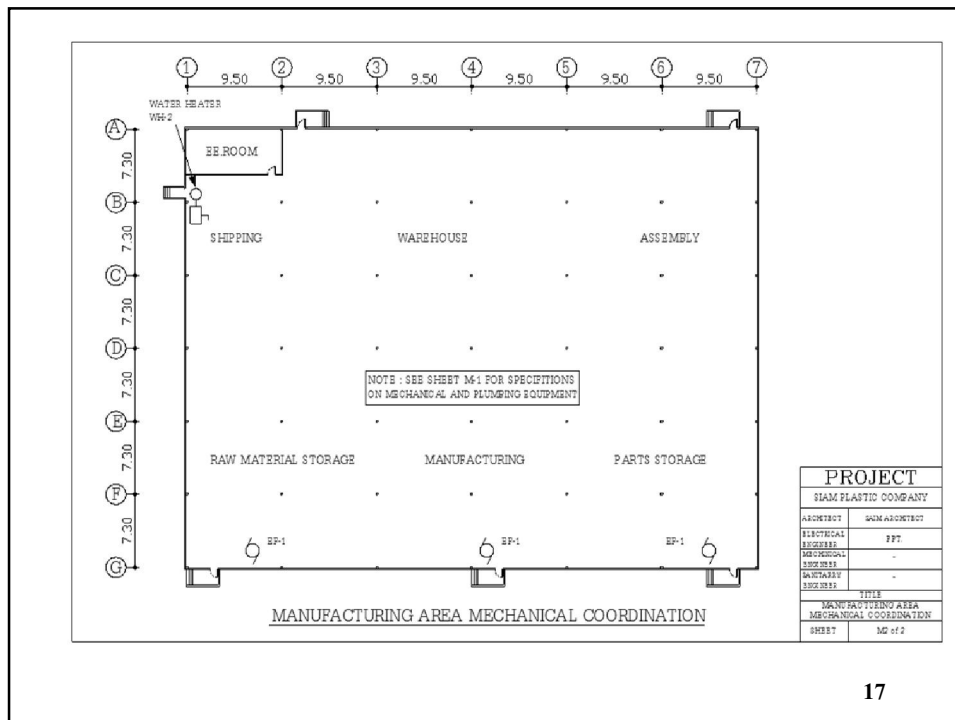


15



16





17

### 16.3 การประมาณโหลด ( Load Estimating )

- จากข้อมูลแบบทางสถาปัตยกรรม  
ความต้องการของเจ้าของโครงการ  
สามารถทำการประมาณโหลดรวมของ  
ทั้งโรงงาน
- โหลดโดยประมาณใช้หา  
ระบบไฟฟ้า  
ขนาดหม้อแปลง

18

การประมาณโหลดของโรงงานนี้เป็น 3 ส่วนคือ

1. ส่วนของสำนักงาน
2. ส่วนของการผลิต
3. ส่วนบริเวณรอบโรงงาน  
เช่น ลานจอดรถ ทางเดินเข้าสำนักงาน

19

การประมาณโหลดของโรงงานนี้เป็น 3 ส่วนคือ

- การประมาณโหลด สามารถหาได้โดยคิด  
เป็นความหนาแน่นของการใช้โหลดต่อพื้นที่  
มีหน่วยเป็น VA / m<sup>2</sup>
- ตามค่าเฉลี่ยจากมาตรฐานของ IEEE และ NEC

20

### 16.3.1 การประมาณโหลดของส่วนสำนักงาน

- Lighting	30 VA / m <sup>2</sup>
- Receptacle	10 “
รวมโหลดทั้งหมด	40 “

21

### การประมาณโหลดของส่วนสำนักงาน

พื้นที่สำนักงานได้ประมาณ  $44 \times 9 = 396 \text{ m}^2$

- พื้นที่สำนักงานจะใช้โหลด  $396 \times 40 = 15840 \text{ VA}$   
 $= 15.84 \text{ kVA}$

- A/C, Water Heater , Xerox, UPS

$(20 \times 2) + 9 + (1.5 \times 2) + 3.6 = 55.6 \text{ kVA}$

- โหลดโดยรวมของสำนักงานคือ

$= 16 + 56 = 72 \text{ kVA}$

22

### **16.3.2 การประมาณโหลดส่วนการผลิต**

- **Lighting + Receptacle      40 VA / m<sup>2</sup>**
- **พื้นที่ได้ประมาณ 2500 m<sup>2</sup>**
- **โหลดประมาณ   40 x 2500   = 100,000 VA**  
**= 100 kVA**

23

### **การประมาณโหลดส่วนการผลิต**

- **Future Air Condition 20 kVA   10 x 20      = 200 kVA**
- **Exhaust Fan 7.5 kW ( 10.3 kVA ) 3 x 10.3 = 30.9 “**
- **ต้องรวมกับโหลดเฉพาะที่ใช้กำลังไฟฟ้ามาก**  
**ที่ใช้กับส่วนการผลิต 2 ส่วนใหญ่ ๆ คือ Assembly Area**  
**และ Manufacturing Area ดังนี้**

24

### Assembly Area

- Conveyor Motors

$$3 \times 0.68 = 2.04 \text{ kVA}$$

25

### Manufacturing Area

- Extruder Motor 6 x 2.36 = 14.2 kVA
- Molding Machine 6 x 45 = 270 “
- Water Heater = 36 “

ผลรวมประมาณโหลดของส่วนการผลิต

$$= 100 + 200 + 30.9 + 2.04 + 14.2 + 270 + 36$$

$$= 653 \text{ kVA}$$

Approx 653 kVA

26

### 16.3.3 การประมาณโหลดส่วนบริเวณรอบโรงงาน

โหลดแสงสว่างประมาณ  $10 \text{ VA} / \text{m}^2$

$$\begin{aligned} \text{พื้นที่ } 6000 \text{ m}^2 \text{ โหลด} &= 6000 \times 10 / 1000 \\ &= 60 \text{ kVA} \end{aligned}$$

27

### การประมาณโหลดของทั้ง 3 ส่วน

- ส่วนสำนักงาน    ประมาณโหลดได้            72 kVA
- ส่วนการผลิต    ประมาณโหลดได้            653 “
- ส่วนบริเวณรอบโรงงาน ประมาณโหลดได้    60 “

$$\text{รวมกัน } 72 + 653 + 60 = 785 \text{ kVA}$$

เลือกขนาดของหม้อแปลงของโรงงานนี้

คือ 1000 kVA เพื่อเป็นการเผื่อโหลดในอนาคตอีก 25%

28

## **16.4 การวางแผนการออกแบบระบบไฟฟ้า**

การออกแบบระบบไฟฟ้าอาจแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ

- 1) ส่วนของพื้นที่สำนักงาน ( Office )
- 2) ส่วนของพื้นที่การผลิต ( Manufacturing )

29

### **16.4.1 ส่วนของพื้นที่สำนักงาน**

#### **1) การกำหนดตำแหน่งของ**

**Panelboard และ Distribution Board**

ระบบไฟฟ้าของสำนักงาน แบ่งได้เป็น 3 ส่วน คือ

- โหลดแสงสว่าง
- โหลดเต้ารับ
- โหลดเครื่องปรับอากาศ

**LP1 และ AP1 ที่ Grid Line C,7**

30

## 2. ระบบแสงสว่างของสำนักงาน

- ต้องทำตาม Lighting Design
- ระบบแสงสว่างในสำนักงานให้มี  
ความสว่าง 500 lx

31

## 2. ระบบแสงสว่างของสำนักงาน

- ดวงโคมหลอด Fluorescent FL 2 x 36 W  
แบบ AI-Louvre Type  
เป็นดวงโคมที่มีแผ่นตะแกรง ( Louvre ) ทำจาก  
AI Anodized ให้แสงสว่างที่ดี และช่วยป้องกัน  
ความจ้า ( Glare ) จากการมองแสงสะท้อน  
จากหลอดไฟโดยตรง
- การออกแบบระบบไฟฟ้าแสงสว่างจะต้อง  
ไม่เกิน 16 W/m<sup>2</sup> ตามพระราชบัญญัติอนุรักษ์พลังงาน

32



### ระบบแสงสว่างฉุกเฉิน และไฟแสดงประตูทางออก

- **Battery Power Emergency Light** ติดตั้งบริเวณ  
ทางเดินในสำนักงาน
- **Battery Power Exit Sign** ติดตั้งบริเวณเหนือ  
ประตูทางออก

เนื่องจากบริเวณนอกอาคารมีทางเดินเข้าสำนักงาน วิศวกร  
ไฟฟ้าจึงต้องออกแบบให้มีไฟส่องสว่าง  
ตามแนวทาง เดินนี้ด้วยโดยรับไฟฟ้าจาก แผง LP1

33

### 3. เต้ารับของสำนักงาน

เต้ารับออกเป็น 2 กลุ่มตามลักษณะของโหลด

- เต้ารับสำหรับโหลดทั่วไป  
( **General Purpose Receptacles** )
- เต้ารับสำหรับโหลดเฉพาะ  
( **Individual Load Receptacle** )

34

### เต้ารับสำหรับโหลดทั่วไป ( General Purpose Receptacles )

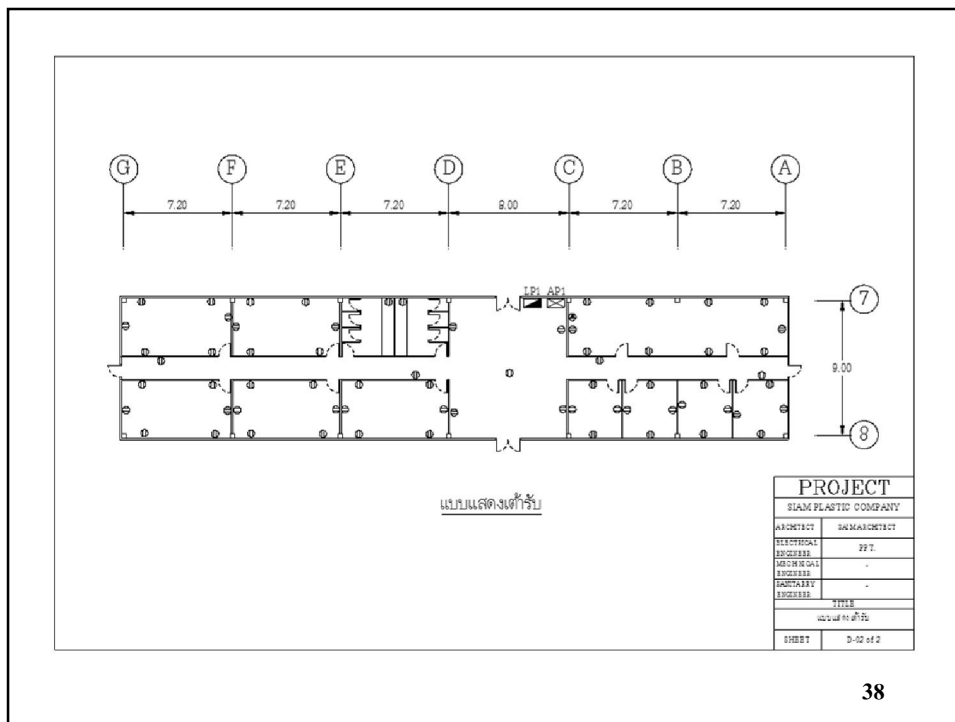
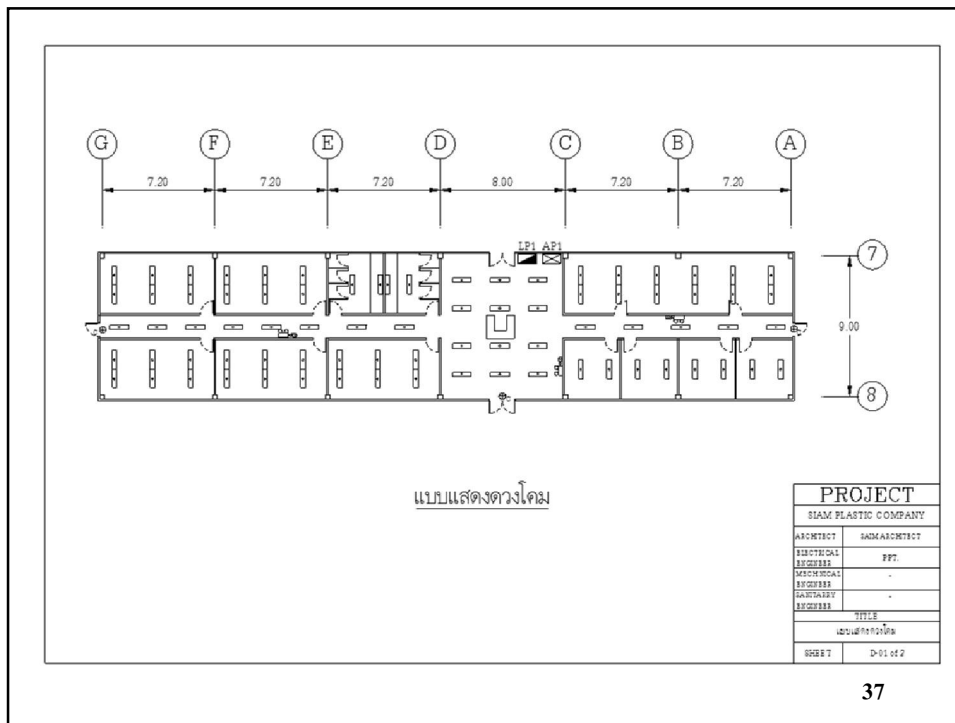
- ใช้กับโหลดที่มีขนาดเล็ก เช่น เครื่องคอมพิวเตอร์  
ดวงโคมตั้งโต๊ะ
- การออกแบบเต้ารับทั่วไป ควรจะมีมากที่สุด  
เท่าที่จะมากได้ เพื่อความสะดวกของผู้ใช้
- แสดงในแบบ D-2 และควรใช้ชนิดเต้ารับคู่แบบ  
มีขั้วสายดิน การออกแบบเต้ารับควร  
ใช้ 5-6 เต้ารับ/วงจรรย่อย

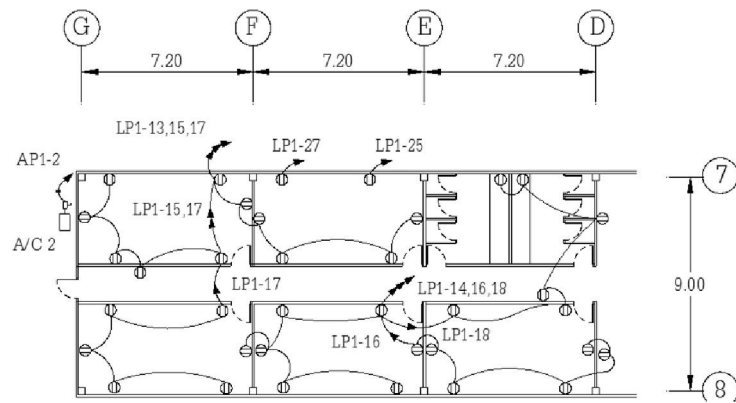
35

### เต้ารับสำหรับโหลดเฉพาะ ( Individual Load )

- ใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต้องใช้กำลังไฟฟ้ามากๆ  
ต่ออยู่ประจำที่ เช่น UPS , เครื่องถ่ายเอกสาร
- วงจรรย่อยหนึ่งวงจรจะจ่ายเต้ารับของ  
โหลดเฉพาะหนึ่งเต้ารับ
- จากแบบ D-2 ที่ตำแหน่ง Grid Line E-F,7  
เป็นสำหรับเครื่องถ่ายเอกสาร และ C,7 เป็น UPS

36





รูปที่ 16.1 เต้ารับทั่วไปและเต้ารับเฉพาะ

- เต้ารับทั่วไปจะใช้ 5-6 เต้ารับต่อวงจรรย่อย  
เช่น LP1-14, 16, 18 จะใช้ 6 เต้ารับต่อวงจรรย่อย
- เต้ารับเฉพาะจะใช้ 1 เต้ารับต่อวงจรรย่อย  
เช่น LP1-25 และ LP1-27 เป็นเต้ารับเฉพาะสำหรับเครื่องถ่ายเอกสาร

39

#### 4. การออกแบบวงจรรย่อย และการโยงวงจรร

##### การให้วงจรรโหลดแสงสว่าง

- โดยทั่วไป 1 วงจรรย่อยจะใช้ไม่เกิน 10 ชุด
- การออกแบบต้องมีการ **Balance Load**  
ให้ เฟส A เฟส B เฟส C โดยมีลำดับการเรียง  
ตัวเลขใน Load Schedule ดังนี้ 1(A) 3(B) 5(C)  
ตามด้วย 2(A) 4(B) 6(C) ต่อกันไปเป็นลำดับ

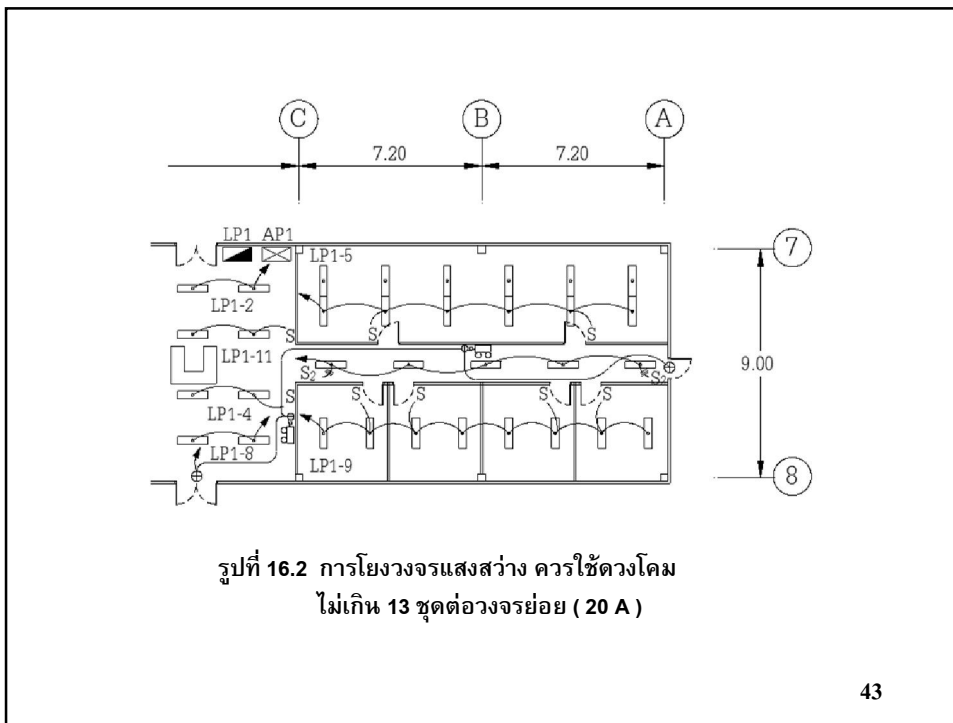
40

วงจรร้อย	LP1-1	ประกอบด้วย FL 2 x 36 W	12	ชุด
วงจรร้อย	LP1-3	ประกอบด้วย FL 2 x 36 W	12	“
วงจรร้อย	LP1-5	ประกอบด้วย FL 2 x 36 W	12	“
วงจรร้อย	LP1-2	ประกอบด้วย FL 2 x 36 W	6	“
วงจรร้อย	LP1-4	ประกอบด้วย FL 2 x 36 W	6	“
วงจรร้อย	LP1-6	ประกอบด้วย FL 2 x 36 W	6	“

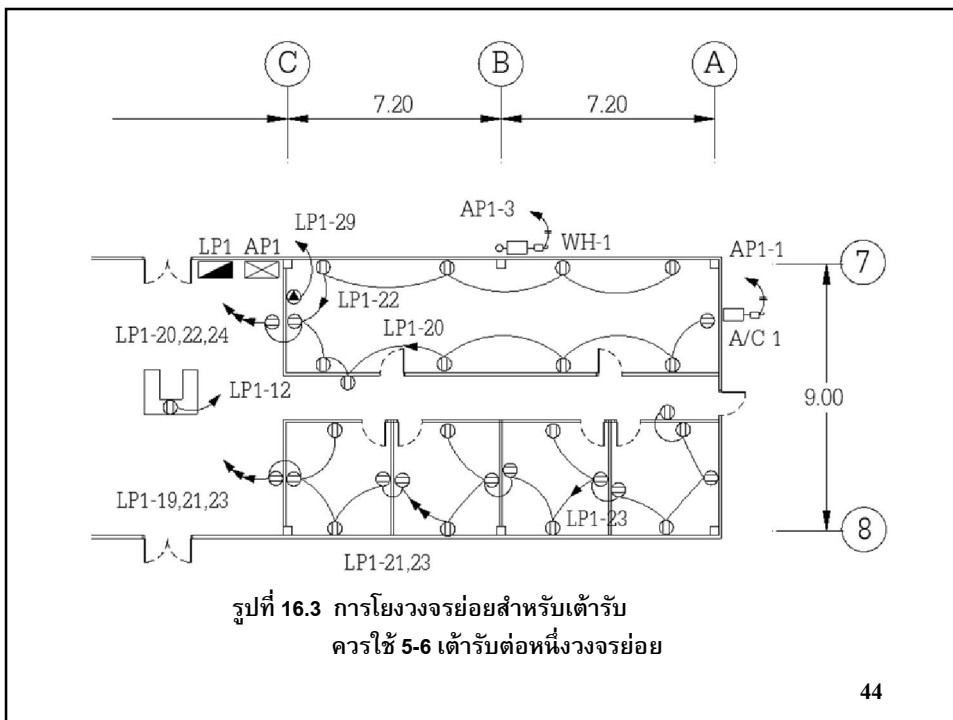
41

- การโยงวงจรร้อยสำหรับระบบแสงสว่าง  
ใช้ดวงโคมไม่เกิน 10 ชุดต่อหนึ่งวงจรร้อย ( 15 A )  
และควรใช้ดวงโคมไม่เกิน 13 ชุด ต่อหนึ่งวงจรร้อย ( 20 A )
- การโยงวงจรร้อยสำหรับเต้ารับ  
ควรใช้ 5-6 เต้ารับต่อหนึ่งวงจรร้อย

42



43



44

### 5. การออกแบบระบบไฟฟ้าให้กับระบบปรับอากาศ และระบบทำน้ำร้อน

- **Distribution Board AP1** ในการจ่ายไฟฟ้าให้ระบบปรับอากาศ
- กำหนดตำแหน่งของ **Distribution Board AP1** นี้วางที่ตำแหน่งใกล้ **LP1** และใกล้ประตูทางเข้าออก
- มี **Switch Disconnector** อยู่ในกล่อง ( **Enclosure** ) ที่มีค่า **IP 33** ขึ้นไปซึ่งติดตั้งที่ผนังใกล้เครื่อง **A/C**

45

### การออกแบบระบบไฟฟ้าของส่วนการผลิต

แบ่งได้ 6 ส่วนตามแบบ **A3** คือ

1. **Assemble Area** เป็นพื้นที่ประกอบชิ้นส่วน มีสายพานลำเลียงชิ้นส่วนไปประกอบที่ละขั้นตอน
2. **Parts Storage Area** เป็นส่วนเก็บอะไหล่ ชิ้นส่วนต่าง ๆ
3. **Manufacturing Area** เป็นพื้นที่การผลิตหลัก มีเครื่องจักรขนาดใหญ่ทำงานหล่อ และขึ้นรูปพลาสติก

46

### การออกแบบระบบไฟฟ้าของส่วนการผลิต

แบ่งได้ 6 ส่วนตามแบบ A3 คือ

4. **Shipping** เป็นพื้นที่สำหรับขนถ่ายสินค้า หรือวัตถุดิบ
5. **Warehouse** เป็นโกดังเก็บสินค้าผลิตภัณฑ์
6. **Raw Material Storage** เป็นพื้นที่เก็บวัตถุดิบ

47

### 1) การออกแบบระบบไฟฟ้าแสงสว่างของส่วนการผลิต

โรงงานมีเพดานสูง

- ใช้หลอด Fluorescent ไม่ได้
- ใช้หลอด High Intensity Discharge ( HID )  
แบบ Metal Halide  
หรือหลอดแสงจันทร์ ขนาด 400 W ชนิด HPF

48



### การผลิตได้ออกแบบไว้เป็นส่วนย่อยๆ 6 ส่วน

- ระบบแสงสว่างของพื้นที่ **Assembly**
- ระบบแสงสว่างของพื้นที่ **Parts Storage**
- ระบบแสงสว่างของพื้นที่ **Manufacturing**
- ระบบแสงสว่างของพื้นที่ **Shipping**
- ระบบแสงสว่างของพื้นที่ **Warehouse**
- ระบบแสงสว่างของพื้นที่ **Raw Material Storage**

49

### ไฟฟ้าส่องสว่างบริเวณนอกโรงงาน

- บริเวณถนน
- ที่จอดรถพนักงาน
- ออกแบบให้ใช้หลอดโซเดียมความดันไอสูง  
( **High Pressure Sodium Lamps , HPS** )
- จากแบบ **E4** เป็นบริเวณรอบนอกโรงงาน

50

**2) การออกแบบระบบไฟฟ้าสำหรับอุปกรณ์ทั่วไป  
และเต้ารับ**

โหนดซึ่งเป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าทั่วไปในโรงงาน ได้แก่

- Battery Charger Receptacle	1200 VA	230 V	6	วงจร
- Manufacturing Receptacle	1800 VA	230 V	1	“
- Storage Receptacle	720 VA	230 V	1	“
- Elec Room Receptacle	360 VA	230 V	1	“
- Tel Receptacle	180 VA	230 V	1	“
- Shipping Area Receptacle	540 VA	230 V	1	“
- Elec Room Light	400 VA	230 V	1	“
- Spare	1500 VA	230 V	3	“

แผงจ่ายไฟฟ้า LP4 ขนาด 24 วงจร อยู่ในห้อง MDB  
ที่ Grid Line A-B , 1-2

51

**3) การออกแบบระบบไฟฟ้าให้กับระบบ**

**ของส่วน Assembly**

การประกอบชิ้นส่วนบริเวณนี้มีอุปกรณ์ไฟฟ้า ดังนี้

- Conveyor Motor 0.75 kW ( 1.32 kVA ) 400 V 4 ตัว
- Individual Receptacle 1500 VA 230 V 12 เต้ารับ
- Spare 1000 VA 230 V 3 วงจร

จาก LP3 ที่ตำแหน่ง B-C,7

52

#### 4) การออกแบบระบบไฟฟ้าส่วนการผลิต

พื้นที่การผลิตหลัก ( Actual Manufacturing Area )

จากแบบ E8 ซึ่งมีโหลดที่ใช้กำลังไฟฟ้ามาก คือ

- Plastic Molding Machine 37 kW ( 47.8 kVA ) 400 V 4 ชุด
- Extruder 1.5 kW ( 2.36 kVA ) 400 V 4 ชุด
- Future Plastic Molding Machine  
37 kW ( 47.8 kVA ) 400 V 2 ชุด
- Future Extruder 1.5 kW ( 2.36 kVA ) 400 V 2 ชุด

กำหนดตำแหน่ง Distribution Board PP1 และ PP2

ที่ Grid Line E,4

53

#### 5) การออกแบบระบบไฟฟ้าเพื่อจ่ายให้

ระบบปรับอากาศและระบบระบายอากาศ

วิศวกรเครื่องกลได้ออกแบบระบบเครื่องปรับอากาศ

ในส่วนของการผลิตไว้ในอนาคต จากแบบ M2

- Future Air Condition A/C 20 kVA 400 V 10 ชุด
- Exhaust Fan EF 7.5 kW ( 10.2 kVA ) 400 V 3 “

54

**5) การออกแบบระบบไฟฟ้าเพื่อจ่ายให้ระบบปรับอากาศ**  
**และระบบระบายอากาศ ( ต่อ )**

- A/C ได้รับการจ่ายไฟฟ้าจาก  
**Distribution Board AP2 และ AP3**  
 ที่ Grid Line D,1 และ D,7 ตามลำดับ
- Exhaust Fan จะได้รับการจ่ายไฟฟ้าจาก  
**Distribution Board EP**  
 ที่ Grid Line G,2

55

**6) การออกแบบระบบไฟฟ้าเพื่อจ่ายให้ระบบสุขาภิบาล**  
**และเครื่องทำน้ำร้อน**

วิศวกรสุขาภิบาลได้ออกแบบระบบสุขาภิบาล  
 และต้องการเครื่องทำน้ำร้อนในระบบ

- Water Heater WH-2    36 kW , 400 V    1 ชุด

วิศวกรไฟฟ้าจึงกำหนดให้

**MDB จ่ายไฟฟ้าให้กับ WH-2**

56

## 16.5 ขนาดของระบบไฟฟ้าโรงงาน

จาก Load Schedule และ Feeder Schedule ซึ่งได้จาก  
แบบวงจรไฟฟ้าสรุปได้ดังนี้

- โหลดสำนักงาน จ่ายไฟฟ้าโดยแผง LP1 และ AP1

LP1	จ่ายโหลดรวม	44.3	kVA
AP1	จ่ายโหลดรวม	64.0	“

57

โหลดส่วนการผลิต จ่ายไฟฟ้าโดยแผง

LP2 , LP3 , LP4 , AP2 , AP3 , PP1 , PP2 และ EP

LP2	จ่ายโหลดรวม	69.9	kVA
LP3	จ่ายโหลดรวม	36.8	“
LP4	จ่ายโหลดรวม	15.7	“
AP2	จ่ายโหลดรวม	120	“
AP3	จ่ายโหลดรวม	120	“
PP1	จ่ายโหลดรวม	151	“
PP2	จ่ายโหลดรวม	151	“
EP	จ่ายโหลดรวม	40.8	“

58

**โหลด WH-2 36 kVA**

**ซึ่งเป็นโหลดที่รับไฟฟ้าจาก Main Feeder โดยตรง**

**และ Spare 2 แผง ๆ ละ 60 kVA**

**เพื่อสำหรับในการเพิ่มโหลดในอนาคต**

59

**Total Connected Load = 970 kVA**

**Demand Factor = 1.00**

**Demand Load = 970.07 kVA**

**ใช้ขนาดหม้อแปลง 1000 kVA**

**เขียน**

**– Single Line Diagram ได้ดั่งแบบ E2**

60

### ปรับปรุงค่า P.F.

- ใช้ประมาณ 30% ของค่าพิกัดหม้อแปลง  
 ดังนั้น Capacitors ของโรงงานนี้จะประมาณ  

$$0.30 \times 1000 = 300 \text{ kVAR}$$
- ระบบการควบคุมของ Capacitors  
 จะใช้เป็นแบบอัตโนมัติ  
 โดยมี Capacitors Unit ละ 50 kVAR  
 จำนวน 6 Units

61

### 16.6 ตัวอย่างการคำนวณ

ตัวอย่างที่ 16.1 การคำนวณหากระแส  
 ในวงจรย่อยแสงสว่าง  
 เพื่อหาขนาดสาย และขนาดของ CB

62

วิธีทำ

วงจรร้อยแสงสว่างหลอด Fluorescent

LP1-1 จ่ายไฟให้ดวงโคม FL 2 x 36 W. LPF จำนวน 12 ชุด

โดย FL 2 x 36 W LPF คัดโหลด =  $2 \times 100 = 200 \text{ VA}$

ดังนั้น โหลดทั้งหมดของวงจรร้อยนี้คือ

$$12 \times 200 = 2400 \text{ VA}$$

จะได้

$$I_L = 2400 / 230 = 10.4 \text{ A}$$

63

วงจรร้อยควรใช้ 60-80% ของพิกัด

ในที่นี้ใช้ 60% ของพิกัด CB 20 AT จะได้กระแส 12 A

( ซึ่งมากกว่า  $I_L = 10.4 \text{ A}$  )

เนื่องจาก CB ที่ใช้กันอยู่โดยทั่วไปมี AT ( Ampere Trip )

เป็นลำดับดังนี้ 16 , 20 , 25 , 32 , 40 , 50 AT

และ AF ( Ampere Frame ) มักใช้ 50 AF

จึงเลือกใช้ CB 20 AT/50 AF

เดินสาย IEC 01 ขนาด  $2 \times 2.5 \text{ mm}^2$  ในท่อโลหะ

64



วงจรร้อยแสงสว่างของหลอด HID

**LP2-1 จ่ายไฟให้ดวงโคม HID**

**แบบ Metal Halide 400 W ใช้กำลังไฟฟ้า 500 VA**

**จำนวน 6 ดวงโคม ดังนั้น โหลดทั้งหมดของ**

**วงจรร้อยนี้คือ  $6 \times 500 = 3000 \text{ VA}$**

$$I_L = 3000 / 230 = 13.0 \text{ A}$$

65

วงจรร้อยแสงสว่างของหลอด HID

**ใช้วงจรร้อย 70% จึงใช้ CB 30 AT**

**จะได้กระแสพิคัดจริง  $= 30 \times 0.7 = 21 \text{ A}$**

**(ซึ่งมากกว่า  $I_L = 13.0 \text{ A}$ )**

**จึงเลือกใช้ CB 30 AT/50 AF**

**เดินสาย IEC 01 ขนาด  $2 \times 6 \text{ mm}^2$  ในท่อโลหะ**

66

**ตัวอย่างที่ 16.2** การคำนวณหากระแสในวงจรย่อยของ  
โหนดเต้ารับ  
เพื่อ หาขนาดสาย และขนาดของ CB

67

**วิธีทำ**

วงจรรย่อยของโหนดเต้ารับทั่วไป  
จากแบบ E6 วงจรรย่อยจ่ายไฟให้กับเต้ารับ 6 ชุด  
เต้ารับ 1 ชุด มีโหนด 180 VA

$$I_L = \frac{6 \times 180}{230} = 4.7 \text{ A}$$

จากข้อแนะนำการออกแบบ Receptacle  
จะใช้ประมาณ 50% ของวงจรรย่อย  
ดังนั้น CB จึงเลือกใช้ 16 AT ซึ่ง 50% ของวงจรรย่อย  
มีค่า  $16 \times 0.5 = 8 \text{ A}$   
(ซึ่งมีค่ามากกว่า 4.7 A)

68

ใช้สายไฟฟ้า IEC 01 , 2 x 2.5 mm<sup>2</sup> ( พิกัดกระแส 21A )

แต่โดยทั่วไปจะเผื่อให้เต้ารับ

สามารถรับโหลดมากขึ้น

จึงใช้        **CB 20 A**

และสาย     **2 x 4 mm<sup>2</sup> ( พิกัดกระแส 28A )**

69

### เต้ารับโหลดเฉพาะ

ระบบ UPS ขนาด 3600 VA , 230 V

$$I_L = 15.6 \text{ A}$$

ดังนั้น CB จึงเลือกใช้ 20 AT

ซึ่งโหลดเฉพาะ ใช้ 80% ของวงจรรย่อย

$$\text{มีค่า} = 20 \times 0.8 = 16 \text{ A}$$

ใช้สายไฟฟ้า IEC 01 , 2 x 4 mm<sup>2</sup>

( พิกัดกระแส 28 A )

สายดินตาม CB 20 A , G – 4 mm<sup>2</sup>

70

### ตัวอย่างที่ 16.3 การคำนวณแรงดันตกในวงจรย่อย

#### วิธีทำ

วงจรย่อยแสงสว่าง LP2-5 จ่ายไฟให้กับ

ดวงโคม HID 400 W ( 500 VA ) จำนวน 6 ดวงโคม

จากแบบ E7 ระยะทางจากแผง LP2 ไปยัง

ดวงโคมอันแรกของวงจรย่อยนี้ ประมาณ 95.4 m

และ ระยะห่างระหว่างแต่ละดวงโคม ประมาณ 4.07 m

71

- ดวงโคมอันแรกของวงจรย่อยนี้ ประมาณ 95.4 m
  - และ ระยะห่างระหว่างแต่ละดวงโคม ประมาณ 4.1 m
- คำนวณกระแสในวงจรย่อย

$$= 6 \times \frac{500}{230}$$

$$= 6 \times 2.17$$

$$= 13.0 \text{ A}$$

72

ตัวอย่างที่ 16.3 ( ต่อ )

จากตาราง ค่าแรงดันตกสูงสุดในสายไฟฟ้า

ตารางที่ 4 สายขนาด 10 mm<sup>2</sup> เดินในท่อโลหะ

มีค่า 4.4 mV/A/m

ดังนั้น แรงดันตก

$$\begin{aligned}
 &= \frac{95.4 \times 4.4 \times 6 \times 2.17}{1000} + \frac{4.07 \times 4.4 \times 5 \times 2.17}{1000} + \frac{4.07 \times 4.4 \times 4 \times 2.17}{1000} \\
 &\quad + \frac{4.07 \times 4.4 \times 3 \times 2.17}{1000} + \frac{4.07 \times 4.4 \times 2 \times 2.17}{1000} + \frac{4.07 \times 4.4 \times 2.17}{1000} \\
 &= 5.46 + 0.19 + 0.16 + 0.12 + 0.08 + 0.04 \\
 &= 6.05 \text{ V}
 \end{aligned}$$

73

ตัวอย่างที่ 16.3 ( ต่อ )

แรงดันตกในวงจรย่อยไม่ควรเกิน 2 % ในที่นี้

$$\text{คิดเป็นร้อยละ} \quad \frac{6.05 \times 100}{230} = 2.63 \%$$

ซึ่งเกิน 2 % จึงไม่สามารถใช้สายขนาด 10 mm<sup>2</sup> ได้

74

**ตัวอย่างที่ 16.3 ( ต่อ )**

จากตารางค่าแรงดันตกสูงสุดใน

สายไฟฟ้า IEC 01 ขนาด 16 mm<sup>2</sup> เดินในท่อโลหะ

มีค่า 2.8 mV/A/m

$$\text{ดังนั้น แรงดันตก} = 2.63 \times \frac{2.8}{4.4} = 1.67 \%$$

ซึ่งไม่เกิน 2 % จึงสามารถ

ใช้สายขนาด 16 mm<sup>2</sup> ได้

75

**ตัวอย่างที่ 16.4 การหาค่าแรงดันตกในสายป้อน****วิธีทำ**

Panelboard LP1 ใช้ไฟจาก MDB ขนาด 44.3 kVA , 400 V

ใช้สายขนาด 4 x 35 mm<sup>2</sup>

$$I_n = 44.3 \times 1.44 = 64 \text{ A}$$

จาก MDB ถึง LP1 มีระยะทาง 72 m

76

### ตัวอย่างที่ 16.4 การหาค่าแรงดันตกในสายป้อน

จาก MDB ถึง LP1 มีระยะทาง 72 m จากตาราง

ระยะทางสูงสุดของสายไฟฟ้าขนาด 35 mm<sup>2</sup>เดินในท่อโลหะ

$$VD (T) = 1.13 \text{ mV/A/m}$$

$$\text{ค่าแรงดันตก } 2\% = 8 \text{ V}$$

กระแส 64 A ที่ระยะ 72 m

$$\text{ค่าแรงดันตก} = \frac{1.13 \times 64 \times 72}{1000} = 5.2 \text{ V}$$

$$\text{คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของแรงดันตกเท่ากับ } \frac{5.2 \times 100}{400} = 1.3\%$$

(ซึ่งน้อยกว่า 2%) จึงสามารถใช้สาย IEC 01 ขนาด 4 x 35 mm<sup>2</sup> ได้

77

### ตัวอย่างที่ 16.5 การทำ Load Schedule ของ Panelboard LP2 เพื่อหาขนาดของ CB , สายไฟฟ้า และท่อร้อยสาย

#### วิธีทำ

#### LP2-1

โหลดแสงสว่าง ใช้หลอด Metal Halide ขนาด 400 W ( HPF )

ใช้กำลังไฟฟ้า 500 VA จำนวน 6 หลอดต่อวงจรย่อย

ในหนึ่งวงจรย่อยใช้กำลังไฟฟ้า 500 x 6 = 3000 VA

$$\text{ใช้กระแสไฟฟ้าเท่ากับ } I_L = \frac{3000}{230} = 13.0 \text{ A}$$

78

**LP2-1**

ใช้กระแสไฟฟ้าเท่ากับ  $I_L = 3000 / 230 = 13.0 \text{ A}$

ใช้ CB 30 AT/50AF

ใช้โหลดแสงสว่าง 50 % ของวงจร จะ

ใช้กระแสเท่ากับ 16 A (ซึ่งมากกว่า  $I_L = 13.0 \text{ A}$ )

แต่เนื่องจากคิดผลของแรงดันตก

จึงใช้สาย IEC 01 ขนาด  $2 \times 16 \text{ mm}^2$

79

**ตัวอย่างที่ 16.5 ( ต่อ )****LP2-10**

โหลดแสงสว่าง ใช้หลอดแสงจันทร์ ขนาด 400 W ( HPF )

ใช้กำลังไฟฟ้า 500 VA จำนวน 5 หลอดต่อวงจรย่อย

หนึ่งวงจรย่อยใช้กำลังไฟฟ้า  $500 \times 5 = 2500 \text{ VA}$

$$I_L = 2500 / 230 = 10.9 \text{ A}$$

80



**ตัวอย่างที่ 16.5 ( ต่อ )****LP2-10**

$$I_L = 2500 / 230 = 10.9 \text{ A}$$

ใช้ CB 32 AT/50AF ใช้โหลดแสงสว่าง

50% ของวงจร กระแสเท่ากับ 16 A

( ซึ่งมากกว่า  $I_L = 10.9 \text{ A}$  )

สาย IEC 01 ขนาด  $2 \times 6 \text{ mm}^2$

81

**ตัวอย่างที่ 16.5 ( ต่อ )****LP2-19**

Exit Door & MDB Room Lighting ขนาด 420 VA

$$I_L = 420 / 230 = 1.8 \text{ A}$$

ใช้ CB 15 AT/50AF ใช้โหลดแสงสว่าง

50 % ของวงจร กระแสเท่ากับ 7.5 A

( ซึ่งมากกว่า  $I_L = 1.8 \text{ A}$  )

สาย IEC 01 ขนาด  $2 \times 2.5 \text{ mm}^2$

82

**ตัวอย่างที่ 16.5 ( ต่อ )****LP2-23****Exit Sign & Emergency Lighting ขนาด 1450 VA**

$$I_L = 1450 / 230 = 6.3 \text{ A}$$

ใช้ CB 16 AT/50 AF ใช้โหลดแสงสว่าง

50 % ของวงจร กระแสเท่ากับ 7.5 A

( ซึ่งมากกว่า  $I_L = 6.3 \text{ A}$  )สาย IEC 01 ขนาด  $2 \times 2.5 \text{ mm}^2$ 

83

**ตัวอย่างที่ 16.5 ( ต่อ )****LP2-20****Office Parking Area Lighting**

ใช้หลอด HPS ขนาด 400 W ( HPF )

กำลังไฟฟ้า 500 VA จำนวน 5 หลอดต่อวงจรย่อย

หนึ่งวงจรย่อยใช้กำลังไฟฟ้า

$$= 500 \times 5 = 2500 \text{ VA}$$

$$I_L = 2500 / 230 = 10.9 \text{ A}$$

84

**ตัวอย่างที่ 16.5 ( ต่อ )****LP2-20**

$$I_L = 2500 / 230 = 10.9 \text{ A}$$

ใช้ **CB 32 AT/50AF** ใช้โหลดแสงสว่าง

**60 %** ของวงจร กระแสเท่ากับ **18 A**

( ซึ่งมากกว่า  $I_L = 10.9 \text{ A}$  )

แต่เนื่องจากคิดผลของแรงดันตก

จึงใช้ สาย **NYY** ขนาด **16 mm<sup>2</sup>** (เนื่องจากเดินสายใต้ดิน )

85

**ตัวอย่างที่ 16.5 ( ต่อ )****LP2-24**

**Walkway Around Manufacturing Building Lighting**

โดยใช้หลอด **HPS** ขนาด **400 W ( HPF )**

กำลังไฟฟ้า **500 VA** จำนวน **3** หลอดต่อวงจรย่อย

ดังนั้น ในหนึ่งวงจรย่อย

ใช้กำลังไฟฟ้า **500 x 3 = 1500 VA**

$$I_L = 1500 / 230 = 6.52 \text{ A}$$

ใช้ **CB 16 AT/50AF** ใช้โหลดแสงสว่าง **60 %** ของวงจร

กระแสเท่ากับ **9.6 A** ( ซึ่งมากกว่า  $I_L = 6.52 \text{ A}$  )

สาย **IEC 01** ขนาด **2 x 2.5 mm<sup>2</sup>**

86

**ตัวอย่างที่ 16.5 ( ต่อ )****LP2-25****Spare 1000 VA**

$$I_L = 1000 / 230 = 4.35 \text{ A}$$

**ใช้ CB 20 AT/50AF****ใช้โหลด 50 % ของวงจร กระแสเท่ากับ 10 A****( ซึ่งมากกว่า  $I_L = 4.35 \text{ A}$  )**

87

**ตัวอย่างที่ 16.5 ( ต่อ )****LP2****Total Connected Load = 69.9 kVA = 70 kVA**

$$\text{CB} = 2 \times L = 2 \times 70 = 140 \text{ A}$$

**ขนาดสาย 4 x 70 mm<sup>2</sup>****G - 16 mm<sup>2</sup>****ขนาดท่อ  $\Phi$  65 mm ( 2 1/2" )**

88

**ตัวอย่างที่ 16.6** การคำนวณหาขนาดสายป้อน  
และขนาด CB ของ AP1  
โหลดทั้งหมดของ AP1 ประกอบด้วย

**Air Conditioner A/C1 และ A/C2 20 kVA 400 V 3 เฟส**

**Water Heater WH-1 9 kW 400 V 3 เฟส**

**Spare 15 kVA 400 V 3 เฟส**

89

### วิธีทำ

คำนวณหาขนาดสายและ CB  
ของ A/C 1 และ A/C 2

$$I_n = \frac{20 \times 1000}{\sqrt{3} \times 400} = 28.8 \text{ A}$$

$$\begin{aligned} I_c &= 1.75 I_n \\ &= 1.75 \times 28.8 \\ &= 50.4 \text{ A} \end{aligned}$$

90

**ตัวอย่างที่ 16.6 ( ต่อ )**

เลือกใช้ CB ขนาด 50 AT/100 AF

$$\begin{aligned} I_c &= 1.25 \times I_n \\ &= 1.25 \times 28.8 \\ &= 36 \text{ A} \end{aligned}$$

ใช้สาย IEC 01 เดินในท่อโลหะในอากาศ

91

**ตัวอย่างที่ 16.6 ( ต่อ )**

- A/C เป็นโหลด 3 เฟส  
แต่อาจใช้ไฟ 1 เฟส สำหรับ  
ระบบ ความคุ้มครองซึ่งกินไฟน้อยมาก
- สาย Neutral อาจใช้ขนาด 50 % สายเฟสได้

ขนาดสาย  $4 \times 10 \text{ mm}^2$

G –  $4 \text{ mm}^2$

ขนาดท่อ  $\Phi 25 \text{ mm ( 1" )}$

92

**ตัวอย่างที่ 16.6 ( ต่อ )**

คำนวณหาขนาด CB , สายไฟ ของ WH-1

$$I_n = \frac{9 \times 1000}{\sqrt{3} \times 400} = 13 \text{ A}$$

$$I_c = 1.25 \times 13 = 16.3 \text{ A}$$

ใช้ CB ขนาด 20 AT/100 AF

ขนาดสาย 4 x 4 mm<sup>2</sup>

G – 2.5 mm<sup>2</sup>

ขนาดท่อ Φ 20 mm ( 3/4" )

93

**ตัวอย่างที่ 16.6 ( ต่อ )**

คำนวณหาขนาดสายป้อนและ CB

$$I_F = 1.25 \times 28.8 + ( 28.8 + 13 )$$

$$= 77.8 \text{ A}$$

ถ้าคิดผลของ Spare 15 kVA 400 V 3 เฟส

$$I_s = \frac{15 \times 1000}{\sqrt{3} \times 400} = 21.6 \text{ A}$$

94

**ตัวอย่างที่ 16.6 ( ต่อ )**

ขนาดกระแสสายป้อนรวม

$$I_F = 77.8 + 21.6 = 99.4 \text{ A}$$

$$I_{CB} \leq 50 + 28.8 + 13 + 21.6$$

$$\leq 113.4 \text{ A}$$

$$\text{ใช้ CB} = 110 \text{ A}$$

95

**ตัวอย่างที่ 16.6 ( ต่อ )**

ขนาดกระแสสายป้อนรวม

$$I_F = 77.8 + 21.6 = 99.4 \text{ A}$$

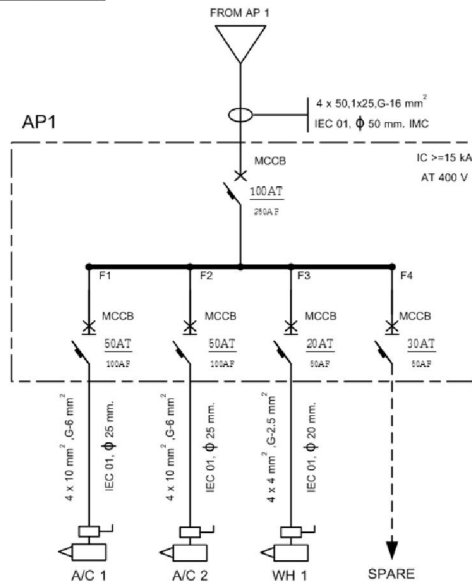
ขนาดสาย 3 x 50 mm<sup>2</sup>1 x 25 mm<sup>2</sup>G – 16 mm<sup>2</sup>ขนาดท่อ  $\Phi$  50 mm ( 2" )

เหตุที่เลือกใช้ Half Neutral เนื่องจากเป็นโหนด 3 เฟส

96



### ตัวอย่างที่ 16.6 ( ต่อ )



97

### ตัวอย่างที่ 16.7 การทำ Main Schedule

#### วิธีทำ

เมื่อรวมโหลดทั้งหมดของ MDB ที่จ่าย

LP1 , LP2 , LP3 , LP4 , AP1 , AP2 , AP3 ,

PP1 , PP2 , EP , WH-2 และ

Spare ไว้ 2 x 60 kVA และ

จากการเพิ่ม Capacitor Bank ขนาด 6 x 50 kVAR

**Total Connected Load = 970.07 kVA**

**Demand Factor = 1.00**

**Demand Load = 1.00 x 970.07**

**= 970.07 kVA**

98

### ตัวอย่างที่ 16.7 การทำ Main Schedule ( ต่อ )

หม้อแปลงที่ควรใช้คือ 1000 kVA 22 kV/400-230 V

แบบ Oil Immersed Type

เนื่องจากมีราคาถูกและประหยัดค่าใช้จ่าย

จากตารางขนาดสายไฟฟ้าตามพิกัดหม้อแปลง

ใช้สายขนาด

6 ( 3 x 240 , 1 x 120 ) mm<sup>2</sup> NYY ติดตั้งกลุ่มที่ 7

บนรางเคเบิล ขนาด 1000 mm

99

### ตัวอย่างที่ 16.7 ( ต่อ )

การคิดขนาดของอุปกรณ์ป้องกันทาง HV

อุปกรณ์ป้องกันทาง HV นิยมใช้ HV HRC Fuse

สามารถหาขนาดโดยพิจารณาค่ากระแสฟลักซ์หม้อแปลง

$$I_n (HV) = \frac{1000}{\sqrt{3} \times 22} = 26.2 \text{ A}$$

$$I_c (HV) = 1.25 \times 26.2 = 32.8 \text{ A}$$

100

**ตัวอย่างที่ 16.7 ( ต่อ )**

จึงสามารถเลือกขนาดสาย

ชนิด SAC 3 x 35 mm<sup>2</sup>

( พิกัดกระแส 206 A )

$$\begin{aligned}
 \text{โดยทั่วไปใช้ FUSE} &= 2 \times I_n \\
 &= 2 \times 26.2 \\
 &= 52.4 \text{ A}
 \end{aligned}$$

101

**ตัวอย่างที่ 16.7 ( ต่อ )**

HV HRC Fuse มีขนาดมาตรฐานดังนี้

40 , 63 , 80 , 100 A

ดังนั้น จึงเลือกใช้

HV HRC Fuse ขนาด 63 A

102

ตัวอย่างที่ 16.7 ( ต่อ )

การคิดขนาดอุปกรณ์ป้องกันทาง LV

$$I_n (LV) = \frac{1000 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 400} = 1443 \text{ A}$$

$$I_c (LV) = 1.25 \times 1443 = 1804 \text{ A}$$

103

ตัวอย่างที่ 16.7 ( ต่อ )

จึงเลือกใช้สาย LV ขนาด

6( 3 x 240 , 1 x 120 ) mm<sup>2</sup> NYY

เดินบนรางเคเบิล ( Cable Tray )

ซึ่งมีความกว้าง 1000 mm

และสายทางด้าน HV ขนาด 3 x 35 mm<sup>2</sup> ชนิด SAC

ขนาด AT ของ CB = 1800 AT/2000 AF

104

**ตัวอย่างที่ 16.8** การต่อลงดิน**วิธีทำ****System Grounding**

หม้อแปลงขนาด 1000 kVA , 400/230 V

ใช้สายประธานขนาด 6 ( 3 x 240 , 1 x 120 ) mm<sup>2</sup>ดังนั้นขนาดสายประธานรวมจะเป็น 6 x 240 = 1440 mm<sup>2</sup>

หาขนาดสายต่อหลักดิน

จากตารางสายต่อหลักดิน ( ตัวนำทองแดง )

ขนาด 95 mm<sup>2</sup>

105

**ตัวอย่างที่ 16.8 ( ต่อ )****หลักดิน ( Ground Rod )**

- ใช้หลักดินทองแดง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง  
ขนาด 16 mm มีความยาว 2.4 m  
จำนวน 3 แท่งตอกลงดิน จนสุดความยาวของแท่งหลักดิน
- ตอกเป็นสามจุดรูปสามเหลี่ยม ห่างกันประมาณ 3 m

106

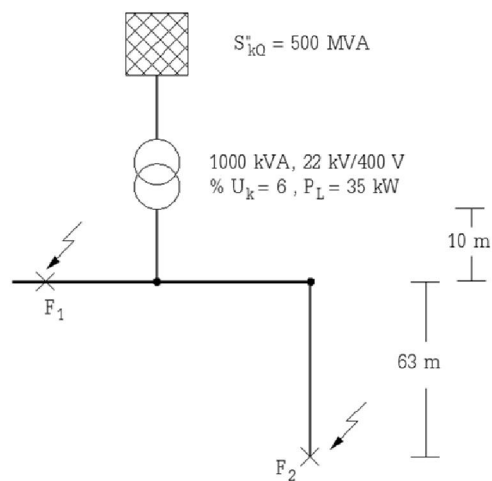
### ตัวอย่างที่ 16.8 (ต่อ)

#### หลักดิน ( Ground Rod )

- ทั้งหมดต่อเข้ากับ Copper Ground Bar ของตู้ MDB และที่หม้อแปลงไฟฟ้า
- ในบางกรณีที่โครงอาคารเป็นโลหะ ที่วัดความต้านทานต่อดินไม่เกิน  $5 \Omega$  ก็สามารถใช้เป็นหลักดินได้

107

### ตัวอย่างที่ 16.9 การคำนวณกระแสลัดวงจร



108

วิธีทำ

ที่ตู้ MDB ( F1 )	R ( m Ω )	X ( m Ω )
1. ให้ขนาดระบบ 500 MVA	0.04	0.35
2. หม้อแปลง 1000 kVA	2.16	9.60
3. สายไฟฟ้าแรงดันต่ำ 6( 3 x 240,1 x 120 ) mm <sup>2</sup>		
	= $\frac{0.077 \times 10}{6}$	$\frac{0.09 \times 10}{6}$
ที่ระยะ 10 m	= 0.13	0.15
รวม	2.33	10.1

109

รวม  $R = 2.33 \text{ m } \Omega$        $X = 10.1 \text{ m } \Omega$

ค่าอิมพีแดนซ์  $Z = \sqrt{2.33^2 + 10.1^2}$   
 $= 10.4 \text{ m } \Omega$

กระแสลัดวงจร  $I_{sc} = \frac{400 \times 1.00}{\sqrt{3} \times 10.4}$   
 $= 22.2 \text{ kA}$

110

ตัวอย่างที่ 16.9 ( ต่อ )

ที่ Main Circuit Breaker จะต้องเพิ่ม 25 %

$$\text{คือ } 1.25 \times 22.2 = 27.8 \text{ kA}$$

ดังนั้นจะต้องมี Interrupting Capacity ( IC )  $\geq$  27.8 kA

CB มี IC ให้เลือกดังนี้

10, 14, 18, 25, 30, 35, 42, 50,

65, 85, 100, 125 150 kA

ดังนั้นจึงเลือกใช้ CB

มี IC ขนาด 30 kA

111

ตัวอย่างที่ 16.9 ( ต่อ )

ที่ตู้ PP1 ( F2 )

- ระยะทางจากตู้ MDB ถึงแผง PP1 = 63 m
- สายป้อนจาก MDB ไป PP1 ขนาด 3 x 150 mm<sup>2</sup>

$$\text{ค่า } R = 0.1493 \text{ m } \Omega / \text{m}, \quad X = 0.1088 \text{ m } \Omega / \text{m}$$

$$= 0.1493 \times 63 \quad = 0.1088 \times 63$$

$$= 9.41 \text{ m } \Omega \quad = 6.85 \text{ m } \Omega$$

112



**ตัวอย่างที่ 16.9(ต่อ)**

รวมกับอิมพีแดนซ์จากหม้อแปลงถึงตู้ MDB

$$\begin{aligned} \text{ค่า } Z &= \sqrt{(2.33+9.41)^2 + (10.1+6.85)^2} \\ &= \sqrt{11.7^2 + 17.0^2} \\ &= 20.06 \text{ m } \Omega \end{aligned}$$

$$I_{sc} = \frac{400 \times 1.00}{\sqrt{3} \times 20.06} = 11.2 \text{ kA}$$

ดังนั้น ที่ PP1 จะต้องมี Interrupting Capacity

$$(IC) \geq 1.25 \times 11.2 = 14 \text{ kA}$$

จึงใช้ CB มี IC ขนาด 18 kA

113

**ตัวอย่างที่ 16.10**

การปรับปรุง PF

การออกแบบ Capacitors

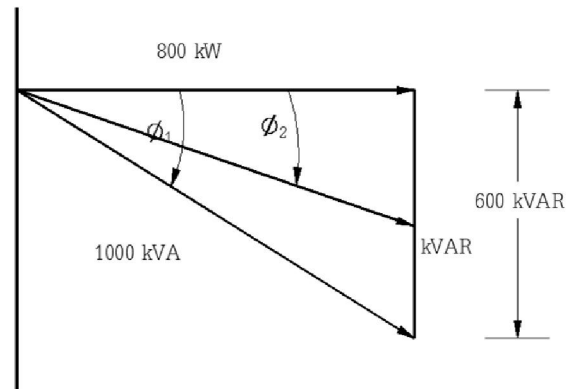
ที่ใช้แก้ Power Factor ของโหลด 1000 kVA

จาก P.F. = 0.8 lagging

เป็น P.F. = 0.95 lagging

และอุปกรณ์ป้องกันสำหรับชุดแก้ Power Factor

114

วิธีทำ

115

ตัวอย่างที่ 16.10 ( ต่อ )

$$\phi_1 = \cos^{-1} 0.80 = 36.8^\circ$$

$$\phi_2 = \cos^{-1} 0.95 = 18.2^\circ$$

$$\begin{aligned} \text{kVAR} &= 800 (\tan \phi_1 - \tan \phi_2) \\ &= 800 (\tan 36.8^\circ - \tan 18.2^\circ) \\ &= 335 \text{ kVAR} \end{aligned}$$

116

**ตัวอย่างที่ 16.10 ( ต่อ )**

จะสังเกตได้ว่า Capacitor

ที่ใช้แก้ P.F. = 0.80 lagging

เป็น P.F. = 0.95 lagging

มีค่าประมาณ 30% ของพิกัดหม้อแปลง

ดังนั้นเลือกใช้ Capacitor  $1000 \times 0.3 = 300$  kVAR

หรือ Capacitor 6 ชุด ๆ ละ 50 kVAR

6 x 50 kVAR

117

**ตัวอย่างที่ 16.10 ( ต่อ )**

การหาขนาด Fuse ของ Capacitors แต่ละตัว

$$I_n = \frac{50}{\sqrt{3} \times 0.4} = 72.2 \text{ A}$$

ขนาด Fuse ของ Capacitors  $I_F$  มักใช้ 1.5 เท่าของ  $I_n$

$$\begin{aligned} I_F &= 1.5 \times 72.2 \\ &= 108 \text{ A} \end{aligned}$$

118

**ตัวอย่างที่ 16.10 ( ต่อ )**

จึงเลือกใช้ Fuse แต่ละตัวขนาด 125 A จำนวน 6 ชุด

การหาขนาด CB Main ของ Capacitors Bank

$$\begin{aligned}
 I_t &= 1.25 \times I_n + 5 \times I_n \\
 &= 12.5 \times 72.2 + 5 \times 72.2 \\
 &= 452A
 \end{aligned}$$

119

**ตัวอย่างที่ 16.10 ( ต่อ )**

ขนาด CB Main ของ Capacitor Bank มักใช้ 1.43 เท่าของ  $I_t$

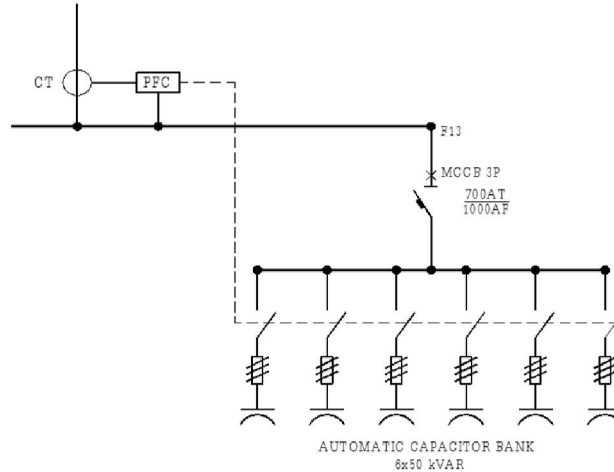
$$\begin{aligned}
 CB &= 1.43 I_t \\
 &= 1.43 \times 452 \\
 &= 646 A
 \end{aligned}$$

∴ เลือก CB 700 AT/1000 AF

120

**ตัวอย่างที่ 16.10 ( ต่อ )**

เลือก CB = 700 AT/1000 AF



121

**16.7 แบบทั้งหมดของระบบไฟฟ้า**

แบบของระบบไฟฟ้าจะแสดงไว้ดังนี้

- E-01 แสดงรายการอุปกรณ์และสัญลักษณ์
- E-02 แสดง Single Line Diagram
- E-03 แสดง Sub Single Line Diagrams
- E-04 แสดง Electrical Site Plan
- E-05 แสดง Lighting Plan ในส่วนของสำนักงาน
- E-06 แสดง Power Plan ในส่วนของสำนักงาน
- E-07 แสดง Lighting Plan ในส่วนการผลิต

122

## แบบของระบบไฟฟ้าจะแสดงไว้ดังนี้ ( ต่อ )

**E-08 แสดง Power Plan ในส่วนการผลิต**

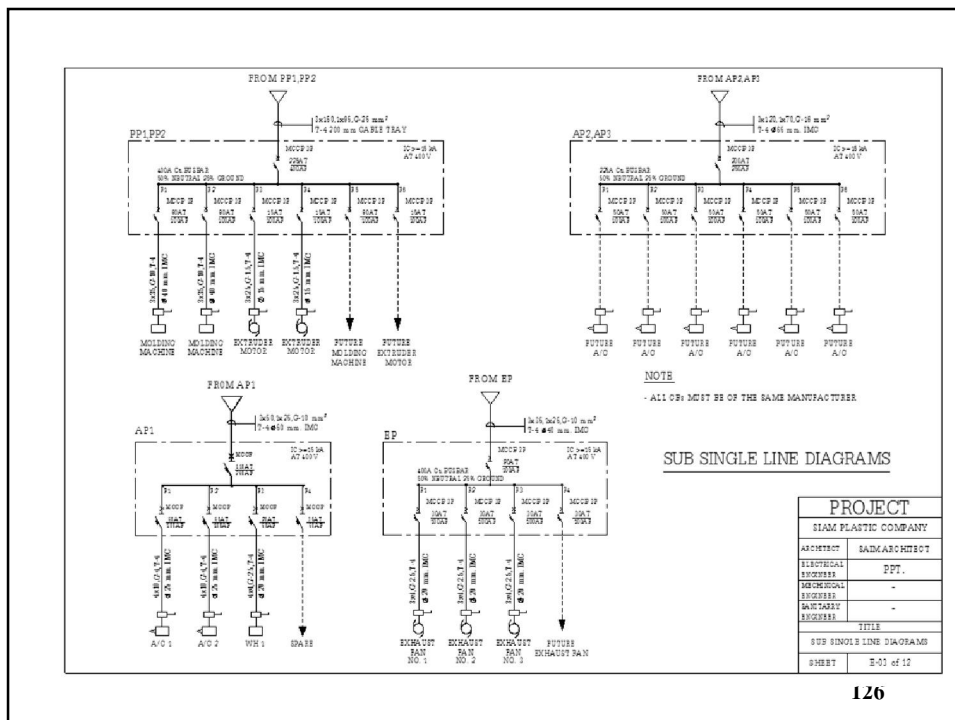
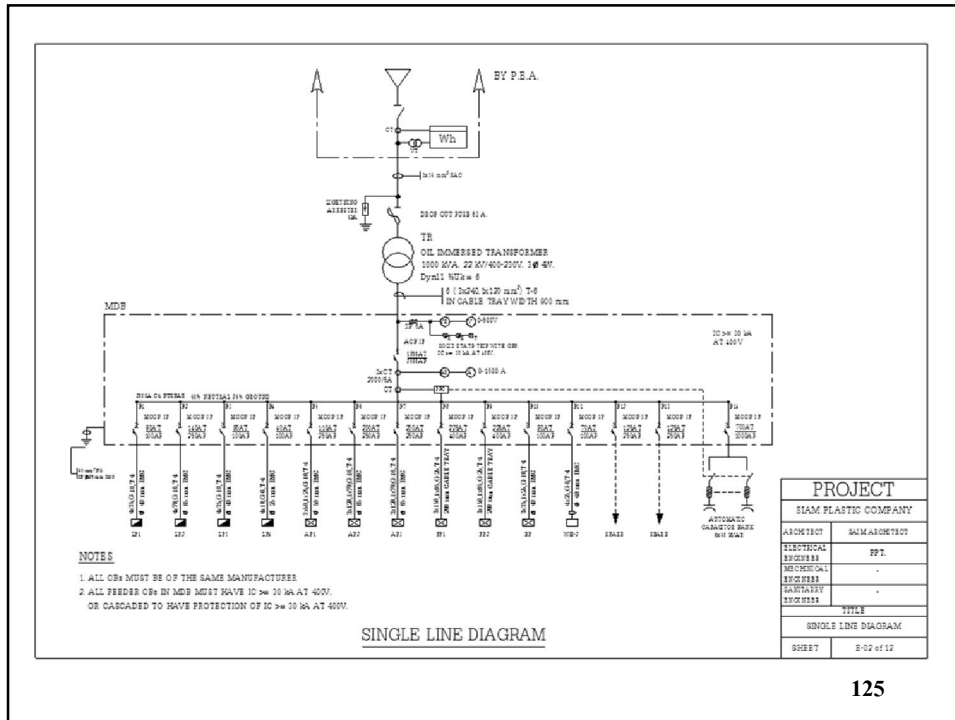
**E-09 แสดง Luminaire Details Plan**

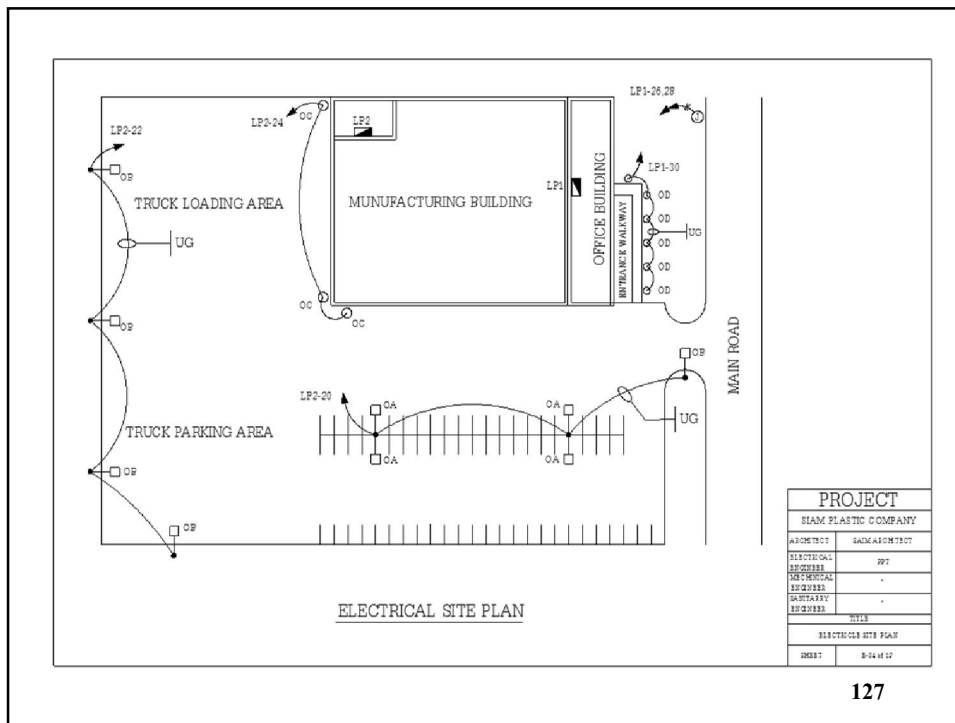
**E-10 แสดง Grounding Details Plan**

**E-11 แสดง MDB Room Detail Plan**

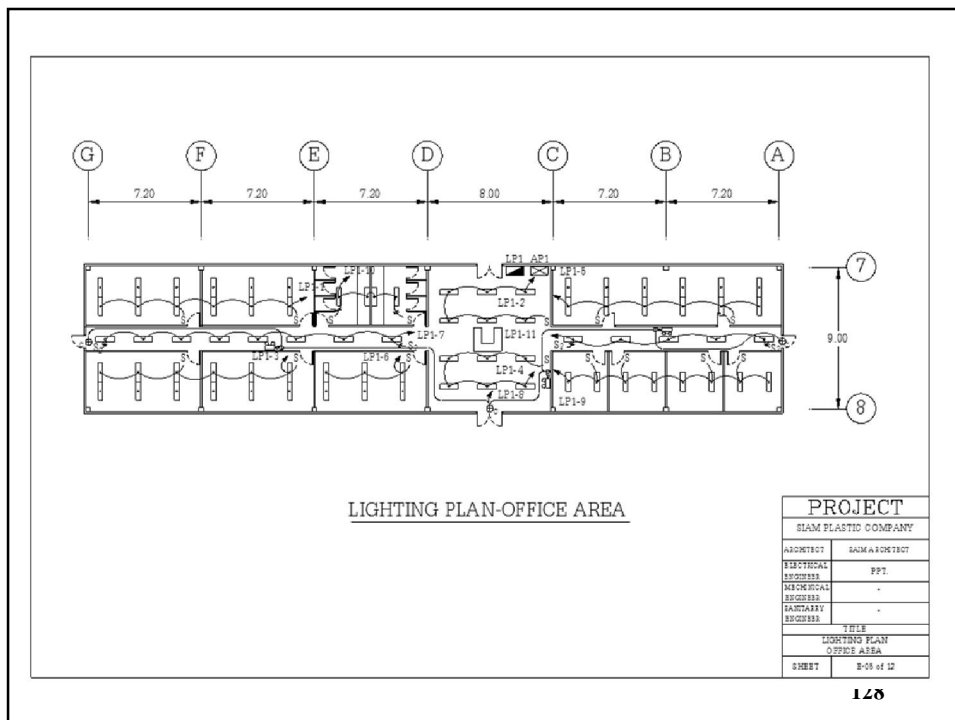
**E-12 แสดง Transformer Installation Detail Plan**

LIST OF DRAWINGS		CIRCUITING		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">PROJECT</th> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">SIAM PLASTIC COMPANY</td> </tr> <tr> <td style="width: 50%;">ARCHITECT</td> <td style="width: 50%;">SAM ANANTHONG</td> </tr> <tr> <td>MECHANICAL ENGINEER</td> <td>FFT</td> </tr> <tr> <td>ELECTRICAL ENGINEER</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>PLUMBING ENGINEER</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>MECHANICAL ENGINEER</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">TITLE</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">LIST OF DRAWINGS AND SYMBOLS</td> </tr> <tr> <td>SHEET</td> <td>B-01 of 12</td> </tr> </thead> </table>	PROJECT		SIAM PLASTIC COMPANY		ARCHITECT	SAM ANANTHONG	MECHANICAL ENGINEER	FFT	ELECTRICAL ENGINEER	-	PLUMBING ENGINEER	-	MECHANICAL ENGINEER	-	TITLE		LIST OF DRAWINGS AND SYMBOLS		SHEET	B-01 of 12																																																																															
PROJECT																																																																																																							
SIAM PLASTIC COMPANY																																																																																																							
ARCHITECT	SAM ANANTHONG																																																																																																						
MECHANICAL ENGINEER	FFT																																																																																																						
ELECTRICAL ENGINEER	-																																																																																																						
PLUMBING ENGINEER	-																																																																																																						
MECHANICAL ENGINEER	-																																																																																																						
TITLE																																																																																																							
LIST OF DRAWINGS AND SYMBOLS																																																																																																							
SHEET	B-01 of 12																																																																																																						
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">DWG NO.</th> <th style="width: 90%;">DESCRIPTION</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E-01</td> <td>LIST OF DRAWINGS AND SYMBOLS</td> </tr> <tr> <td>E-02</td> <td>ROUGH LINE DIAGRAM</td> </tr> <tr> <td>E-03</td> <td>STEP BY STEP WIRING DIAGRAM</td> </tr> <tr> <td>E-04</td> <td>ELECTRICAL SITE PLAN</td> </tr> <tr> <td>E-05</td> <td>CONTROL PLAN - OFFICE AREA</td> </tr> <tr> <td>E-06</td> <td>POWER PLAN - OFFICE AREA</td> </tr> <tr> <td>E-07</td> <td>CONTROL PLAN - MANUFACTURING AREA</td> </tr> <tr> <td>E-08</td> <td>POWER PLAN - MANUFACTURING AREA</td> </tr> <tr> <td>E-09</td> <td>LUMINAIRE DETAILS PLAN</td> </tr> <tr> <td>E-10</td> <td>GROUNDING DETAILS PLAN</td> </tr> <tr> <td>E-11</td> <td>MDB ROOM DETAILS PLAN</td> </tr> <tr> <td>E-12</td> <td>TRANSFORMER INSTALLATION DETAILS PLAN</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">DWG NO.</th> <th style="width: 90%;">DESCRIPTION</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>01</td> <td>240V 50 HZ 1PH 1W 1000VA 1000VA</td> </tr> <tr> <td>02</td> <td>240V 50 HZ 1PH 1W 1000VA 1000VA</td> </tr> <tr> <td>03</td> <td>240V 50 HZ 1PH 1W 1000VA 1000VA</td> </tr> <tr> <td>04</td> <td>240V 50 HZ 1PH 1W 1000VA 1000VA</td> </tr> <tr> <td>05</td> <td>240V 50 HZ 1PH 1W 1000VA 1000VA</td> </tr> <tr> <td>06</td> <td>240V 50 HZ 1PH 1W 1000VA 1000VA</td> </tr> <tr> <td>07</td> <td>240V 50 HZ 1PH 1W 1000VA 1000VA</td> </tr> <tr> <td>08</td> <td>240V 50 HZ 1PH 1W 1000VA 1000VA</td> </tr> <tr> <td>09</td> <td>240V 50 HZ 1PH 1W 1000VA 1000VA</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>240V 50 HZ 1PH 1W 1000VA 1000VA</td> </tr> <tr> <td>11</td> <td>240V 50 HZ 1PH 1W 1000VA 1000VA</td> </tr> <tr> <td>12</td> <td>240V 50 HZ 1PH 1W 1000VA 1000VA</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">DWG NO.</th> <th style="width: 90%;">DESCRIPTION</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>01</td> <td>MOTOR</td> </tr> <tr> <td>02</td> <td>RECEPTACLE</td> </tr> </tbody> </table>	DWG NO.	DESCRIPTION	E-01	LIST OF DRAWINGS AND SYMBOLS	E-02	ROUGH LINE DIAGRAM	E-03	STEP BY STEP WIRING DIAGRAM	E-04	ELECTRICAL SITE PLAN	E-05	CONTROL PLAN - OFFICE AREA	E-06	POWER PLAN - OFFICE AREA	E-07	CONTROL PLAN - MANUFACTURING AREA	E-08	POWER PLAN - MANUFACTURING AREA	E-09	LUMINAIRE DETAILS PLAN	E-10	GROUNDING DETAILS PLAN	E-11	MDB ROOM DETAILS PLAN	E-12	TRANSFORMER INSTALLATION DETAILS PLAN	DWG NO.	DESCRIPTION	01	240V 50 HZ 1PH 1W 1000VA 1000VA	02	240V 50 HZ 1PH 1W 1000VA 1000VA	03	240V 50 HZ 1PH 1W 1000VA 1000VA	04	240V 50 HZ 1PH 1W 1000VA 1000VA	05	240V 50 HZ 1PH 1W 1000VA 1000VA	06	240V 50 HZ 1PH 1W 1000VA 1000VA	07	240V 50 HZ 1PH 1W 1000VA 1000VA	08	240V 50 HZ 1PH 1W 1000VA 1000VA	09	240V 50 HZ 1PH 1W 1000VA 1000VA	10	240V 50 HZ 1PH 1W 1000VA 1000VA	11	240V 50 HZ 1PH 1W 1000VA 1000VA	12	240V 50 HZ 1PH 1W 1000VA 1000VA	DWG NO.	DESCRIPTION	01	MOTOR	02	RECEPTACLE	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">DWG NO.</th> <th style="width: 90%;">DESCRIPTION</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>01</td> <td>FRANCE CIRCUIT COORDINATED IN CEMING OF WALL</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">DWG NO.</th> <th style="width: 90%;">DESCRIPTION</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>01</td> <td>2 POLE PUSH BUTTON</td> </tr> <tr> <td>02</td> <td>3 POSITION SWITCH</td> </tr> <tr> <td>03</td> <td>TWO WAY SWITCH</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">DWG NO.</th> <th style="width: 90%;">DESCRIPTION</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>01</td> <td>2 POLE 2 WAY SWITCH</td> </tr> <tr> <td>02</td> <td>2 POLE 3 WAY SWITCH</td> </tr> <tr> <td>03</td> <td>2 POLE 4 WAY SWITCH</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">DWG NO.</th> <th style="width: 90%;">DESCRIPTION</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>01</td> <td>2 POLE 2 WAY SWITCH</td> </tr> <tr> <td>02</td> <td>2 POLE 3 WAY SWITCH</td> </tr> <tr> <td>03</td> <td>2 POLE 4 WAY SWITCH</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">DWG NO.</th> <th style="width: 90%;">DESCRIPTION</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>01</td> <td>2 POLE 2 WAY SWITCH</td> </tr> <tr> <td>02</td> <td>2 POLE 3 WAY SWITCH</td> </tr> <tr> <td>03</td> <td>2 POLE 4 WAY SWITCH</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">DWG NO.</th> <th style="width: 90%;">DESCRIPTION</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>01</td> <td>2 POLE 2 WAY SWITCH</td> </tr> <tr> <td>02</td> <td>2 POLE 3 WAY SWITCH</td> </tr> <tr> <td>03</td> <td>2 POLE 4 WAY SWITCH</td> </tr> </tbody> </table>	DWG NO.	DESCRIPTION	01	FRANCE CIRCUIT COORDINATED IN CEMING OF WALL	DWG NO.	DESCRIPTION	01	2 POLE PUSH BUTTON	02	3 POSITION SWITCH	03	TWO WAY SWITCH	DWG NO.	DESCRIPTION	01	2 POLE 2 WAY SWITCH	02	2 POLE 3 WAY SWITCH	03	2 POLE 4 WAY SWITCH	DWG NO.	DESCRIPTION	01	2 POLE 2 WAY SWITCH	02	2 POLE 3 WAY SWITCH	03	2 POLE 4 WAY SWITCH	DWG NO.	DESCRIPTION	01	2 POLE 2 WAY SWITCH	02	2 POLE 3 WAY SWITCH	03	2 POLE 4 WAY SWITCH	DWG NO.	DESCRIPTION	01	2 POLE 2 WAY SWITCH	02	2 POLE 3 WAY SWITCH	03	2 POLE 4 WAY SWITCH
DWG NO.	DESCRIPTION																																																																																																						
E-01	LIST OF DRAWINGS AND SYMBOLS																																																																																																						
E-02	ROUGH LINE DIAGRAM																																																																																																						
E-03	STEP BY STEP WIRING DIAGRAM																																																																																																						
E-04	ELECTRICAL SITE PLAN																																																																																																						
E-05	CONTROL PLAN - OFFICE AREA																																																																																																						
E-06	POWER PLAN - OFFICE AREA																																																																																																						
E-07	CONTROL PLAN - MANUFACTURING AREA																																																																																																						
E-08	POWER PLAN - MANUFACTURING AREA																																																																																																						
E-09	LUMINAIRE DETAILS PLAN																																																																																																						
E-10	GROUNDING DETAILS PLAN																																																																																																						
E-11	MDB ROOM DETAILS PLAN																																																																																																						
E-12	TRANSFORMER INSTALLATION DETAILS PLAN																																																																																																						
DWG NO.	DESCRIPTION																																																																																																						
01	240V 50 HZ 1PH 1W 1000VA 1000VA																																																																																																						
02	240V 50 HZ 1PH 1W 1000VA 1000VA																																																																																																						
03	240V 50 HZ 1PH 1W 1000VA 1000VA																																																																																																						
04	240V 50 HZ 1PH 1W 1000VA 1000VA																																																																																																						
05	240V 50 HZ 1PH 1W 1000VA 1000VA																																																																																																						
06	240V 50 HZ 1PH 1W 1000VA 1000VA																																																																																																						
07	240V 50 HZ 1PH 1W 1000VA 1000VA																																																																																																						
08	240V 50 HZ 1PH 1W 1000VA 1000VA																																																																																																						
09	240V 50 HZ 1PH 1W 1000VA 1000VA																																																																																																						
10	240V 50 HZ 1PH 1W 1000VA 1000VA																																																																																																						
11	240V 50 HZ 1PH 1W 1000VA 1000VA																																																																																																						
12	240V 50 HZ 1PH 1W 1000VA 1000VA																																																																																																						
DWG NO.	DESCRIPTION																																																																																																						
01	MOTOR																																																																																																						
02	RECEPTACLE																																																																																																						
DWG NO.	DESCRIPTION																																																																																																						
01	FRANCE CIRCUIT COORDINATED IN CEMING OF WALL																																																																																																						
DWG NO.	DESCRIPTION																																																																																																						
01	2 POLE PUSH BUTTON																																																																																																						
02	3 POSITION SWITCH																																																																																																						
03	TWO WAY SWITCH																																																																																																						
DWG NO.	DESCRIPTION																																																																																																						
01	2 POLE 2 WAY SWITCH																																																																																																						
02	2 POLE 3 WAY SWITCH																																																																																																						
03	2 POLE 4 WAY SWITCH																																																																																																						
DWG NO.	DESCRIPTION																																																																																																						
01	2 POLE 2 WAY SWITCH																																																																																																						
02	2 POLE 3 WAY SWITCH																																																																																																						
03	2 POLE 4 WAY SWITCH																																																																																																						
DWG NO.	DESCRIPTION																																																																																																						
01	2 POLE 2 WAY SWITCH																																																																																																						
02	2 POLE 3 WAY SWITCH																																																																																																						
03	2 POLE 4 WAY SWITCH																																																																																																						
DWG NO.	DESCRIPTION																																																																																																						
01	2 POLE 2 WAY SWITCH																																																																																																						
02	2 POLE 3 WAY SWITCH																																																																																																						
03	2 POLE 4 WAY SWITCH																																																																																																						
<b>LIST OF DRAWING AND SYMBOLS</b>																																																																																																							



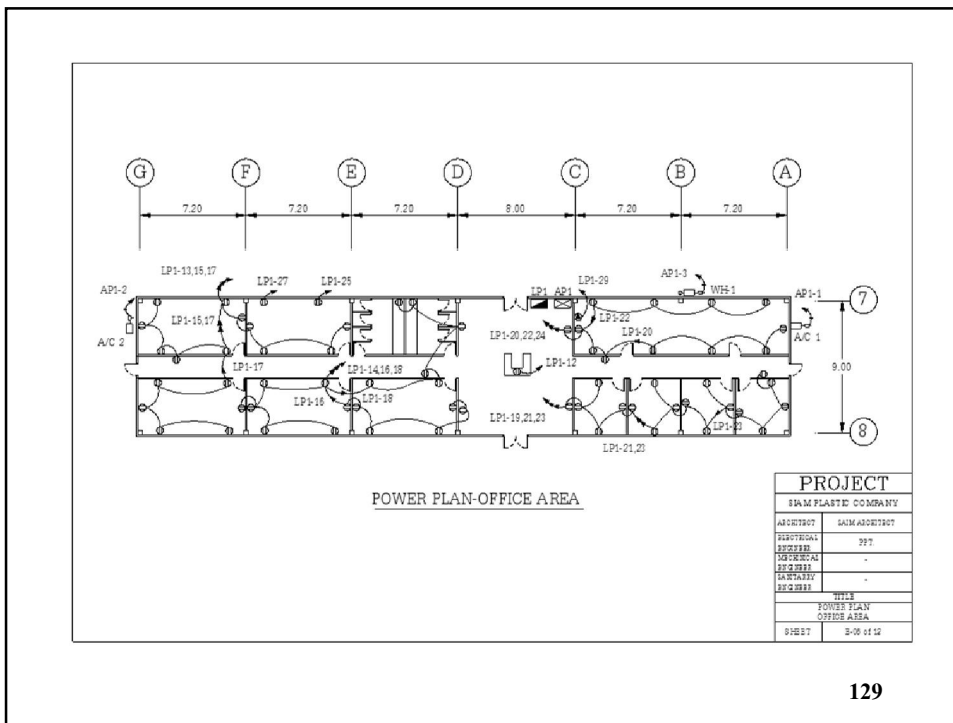


127

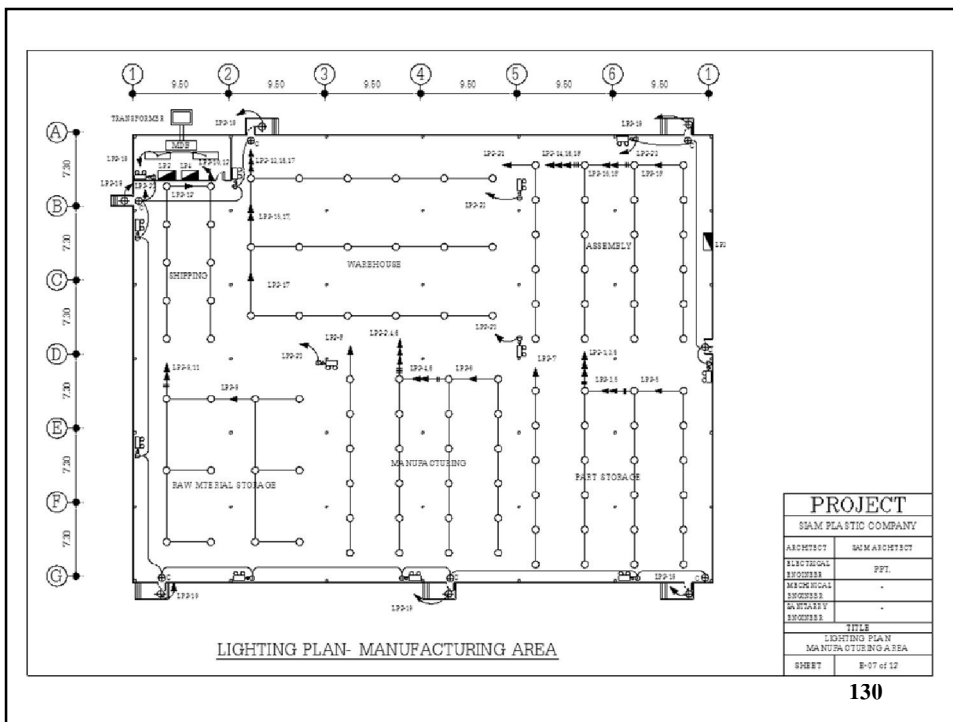


128

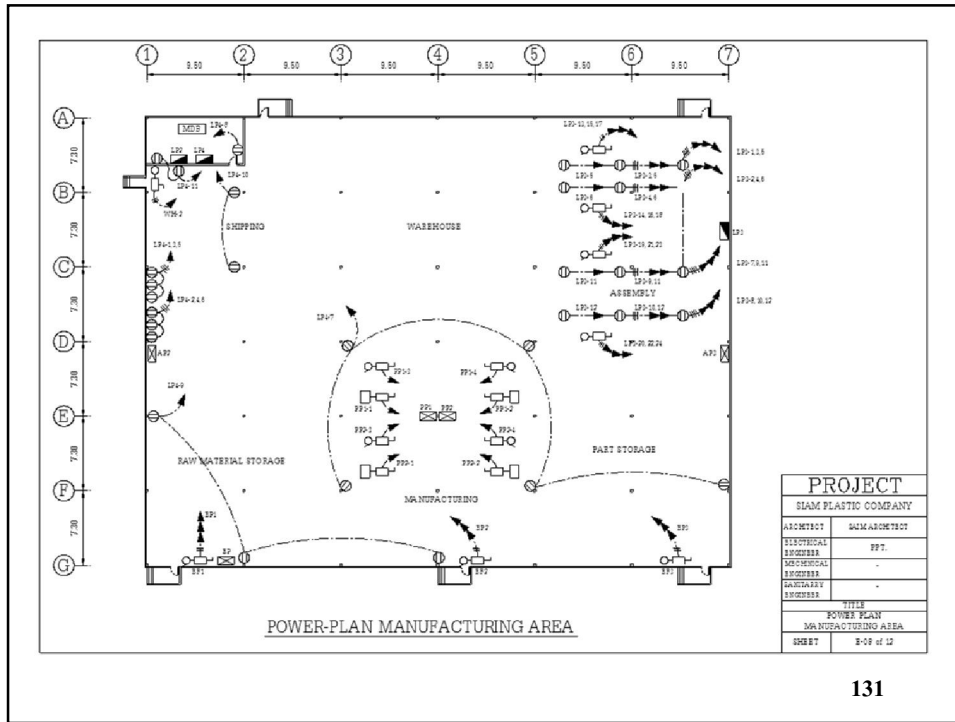




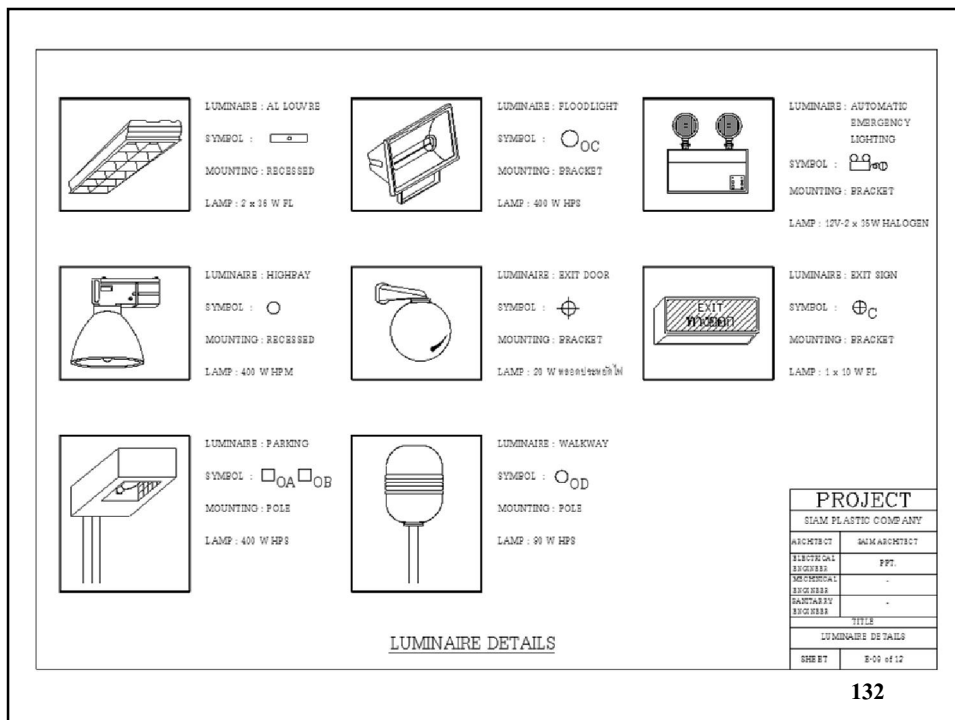
129



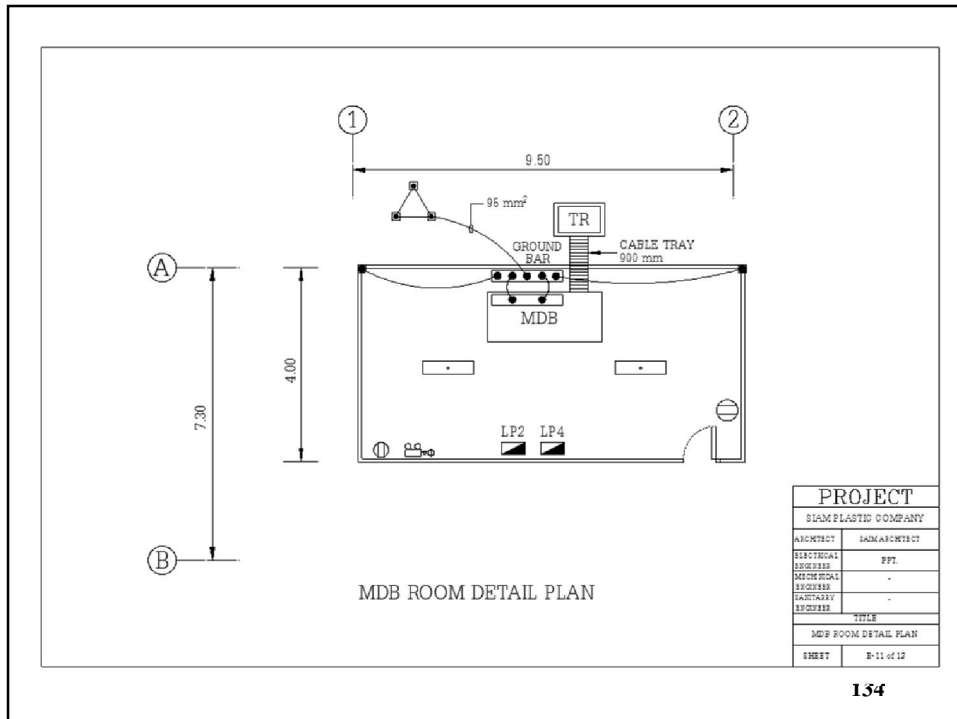
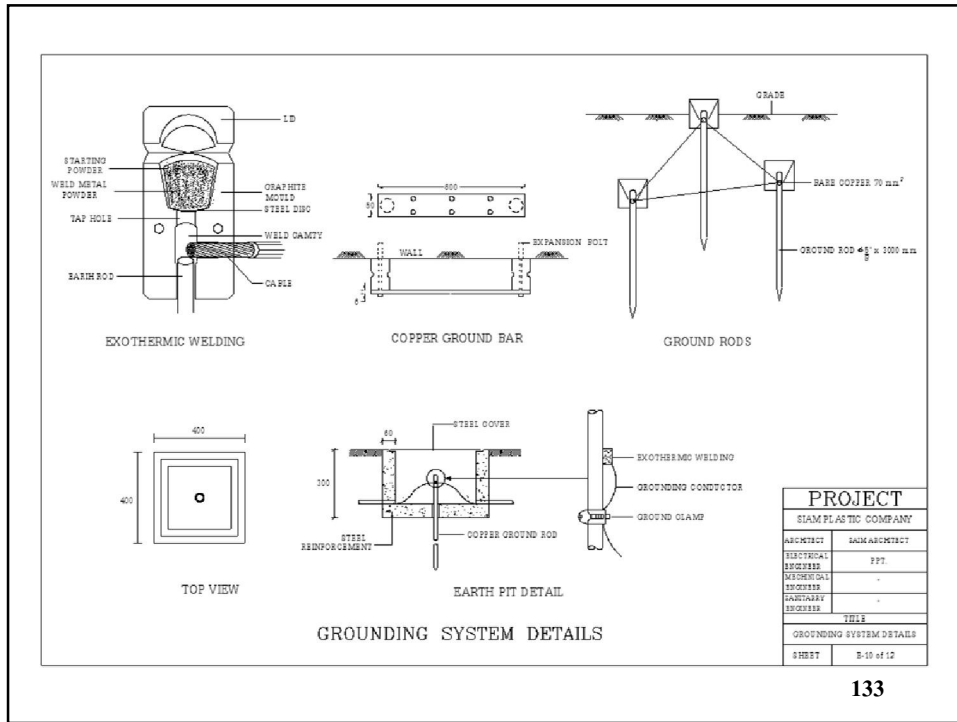
130

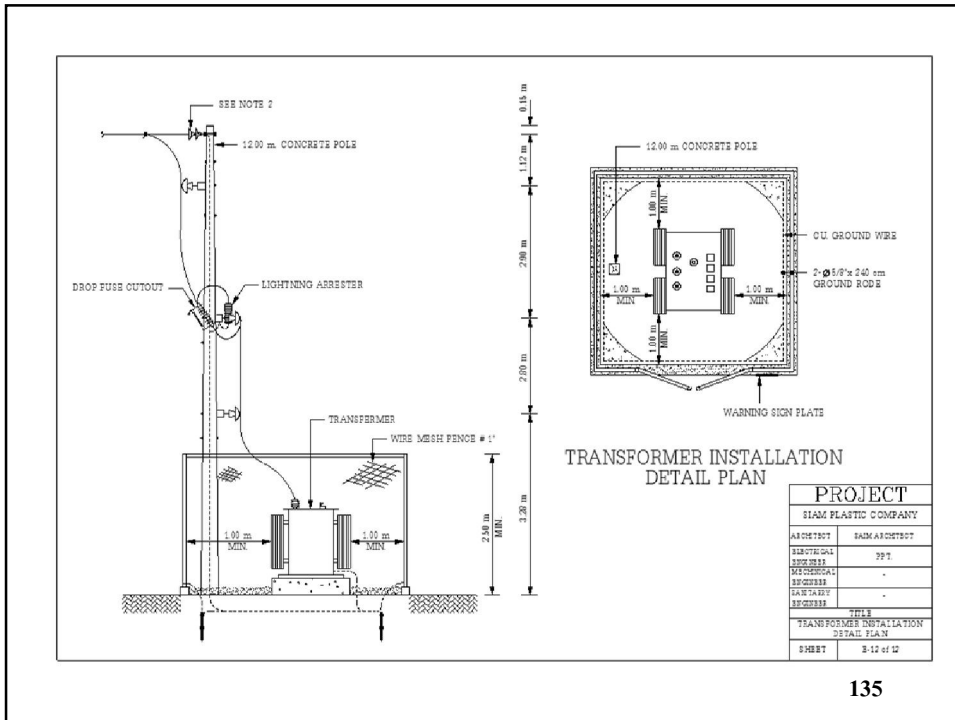


131



132





135

**16.8 Load Schedule , Feeder Schedule  
และ Main Schedule**

**Load Schedule , Feeder Schedule  
และ Main Schedule แบ่งได้ดังนี้**

136

**LP1** จ่ายโหลดให้กับส่วนของสำนักงาน ( **Office Area** )

**LP2** จ่ายโหลดให้กับส่วนของส่วนพื้นที่การผลิต  
( **Manufacturing Area** )

**LP3** จ่ายโหลดให้กับส่วนพื้นที่การประกอบชิ้นส่วน  
( **Assembly Area** )

**LP4** จ่ายโหลดให้กับส่วนพื้นที่การขนส่ง  
( **Shipping Area** ) และเต้ารับทั่วไปในส่วนการผลิต

**AP1** จ่ายโหลดให้กับเครื่องปรับอากาศและ  
เครื่องทำน้ำร้อนของส่วนสำนักงาน

137

### **Load Schedule , Feeder Schedule และ Main Schedule** แบ่งได้ดังนี้

**AP2** จ่ายโหลดให้กับเครื่องปรับอากาศของส่วนการผลิต

**AP3** จ่ายโหลดให้กับเครื่องปรับอากาศของส่วนการผลิต

**PP1** จ่ายโหลดให้กับเครื่องหล่อพลาสติก  
( **Molding Machine** ) และ

เครื่องขึ้นรูปพลาสติก ( **Extruder Motor** )

ซึ่งอยู่ในส่วนของการผลิต

138

**Load Schedule , Feeder Schedule และ Main Schedule  
แบ่งได้ดังนี้**

- PP2** จ่ายโหลดให้กับเครื่องหล่อพลาสติก  
( **Molding Machine** ) และเครื่องขึ้นรูปพลาสติก  
( **Extruder Motor** ) ซึ่งอยู่ในส่วนของการผลิต
- EP** จ่ายโหลดให้กับพัดลมระบายความร้อนของส่วน  
การผลิต

139

**Load Schedule , Feeder Schedule และ Main Schedule  
แบ่งได้ดังนี้**

- MDB** จ่ายโหลดให้กับแผง  
LP1, LP2, LP3, LP4, AP , AP2, AP3 ,  
PP1 , PP2 , EP , Water Heater No.2 ( WH-2 ) ,  
Future Load , Capacitor Bank

140

PANELBOARD LOAD SCHEDULE									
PANEL		LP1			LOCATION Office Area ( C,7 )				
CAPACITY		42 CKT			MOUNTING Surface				
CONNECTED TO		F1			FROM MDB				
Ck. No.	DESCRIPTION	CONNECTED LOAD (VA)			BRANCH CB			WIRE	
		ΦA	ΦB	ΦC	POLE	AT	AF	SIZE	TYPE
1	Lighting	2400			1	20	50	4.0	T-4
3	Lighting		2400		1	20	50	4.0	T-4
5	Lighting			2400	1	20	50	4.0	T-4
38	SPACE	-			-	-	-	-	-
40	SPACE		-		-	-	-	-	-
42	SPACE			-	-	-	-	-	-
TOTAL CONNECTED LOAD (VA)		13960	14280	16080	MAIN CB			4x35 T-4	
		44320			3P 90AT/100AF			G-10	
								CONDUIT 50 ( 2" ) IMC	
<b>141</b>									

FEEDER SCHEDULE												
FOR EP LOCATION Raw Material Storage Area (G,2)												
FEEDER	FROM	TO	CONNECTED LOAD (kVA)				CIRCUIT BREAKER	WIRE		RACEWAYS		REMARKS
			ΦA	ΦB	ΦC	TOTAL		SIZE	TYPE	SIZE	TYPE	
F1	EP	Exhaust	3.40	3.40	3.40	10.20	MCCB 3P 30AT/100AF	3x4, G-2.5	T-4	20 (3/4")	IMC	
F2	EP	Exhaust	3.40	3.40	3.40	10.20	MCCB 3P 30AT/100AF	3x4, G-2.5	T-4	20 (3/4")	IMC	
F3	EP	Exhaust	3.40	3.40	3.40	10.20	MCCB 3P 30AT/100AF	3x4, G-2.5	T-4	20 (3/4")	IMC	
F4	EP	Future	3.40	3.40	3.40	10.20	MCCB 3P 30AT/100AF	-	-	-	-	
TOTAL CONNECTED LOAD (kVA)			13.60	13.60	13.60	40.80	MCCB 3P	3x35.1x25	T-4	40 (1 1/2")	IMC	
DEMAND FACTOR						1.00	80AT/100AF	G-10				
DEMAND LOAD						40.80						
<b>142</b>												

### คำถามท้ายบท

1. การประมาณโหลดจะต้องทำอย่างไร
2. ในโรงงานอุตสาหกรรมส่วนมากระบบไฟฟ้าแบ่งเป็นกี่ส่วนอะไรบ้าง
3. การออกแบบระบบไฟฟ้าในส่วนสำนักงานจะต้องทำอย่างไร
4. การออกแบบระบบไฟฟ้าในส่วนการผลิตจะต้องทำอย่างไร

143

### คำถามท้ายบท

5. การหาขนาดระบบไฟฟ้าของโรงงานอุตสาหกรรมจะต้องทำอย่างไร
6. การปรับปรุง **Power Factor** ของโรงงานอุตสาหกรรมจะต้องใช้ **Capacitors** รวมเท่าใดของหม้อแปลง
7. ถ้าความต้านดินของระบบการต่อลงดินวัดได้  $20 \Omega$  จะต้องทำอย่างไร

144