TEE 2202 Power System and Protection

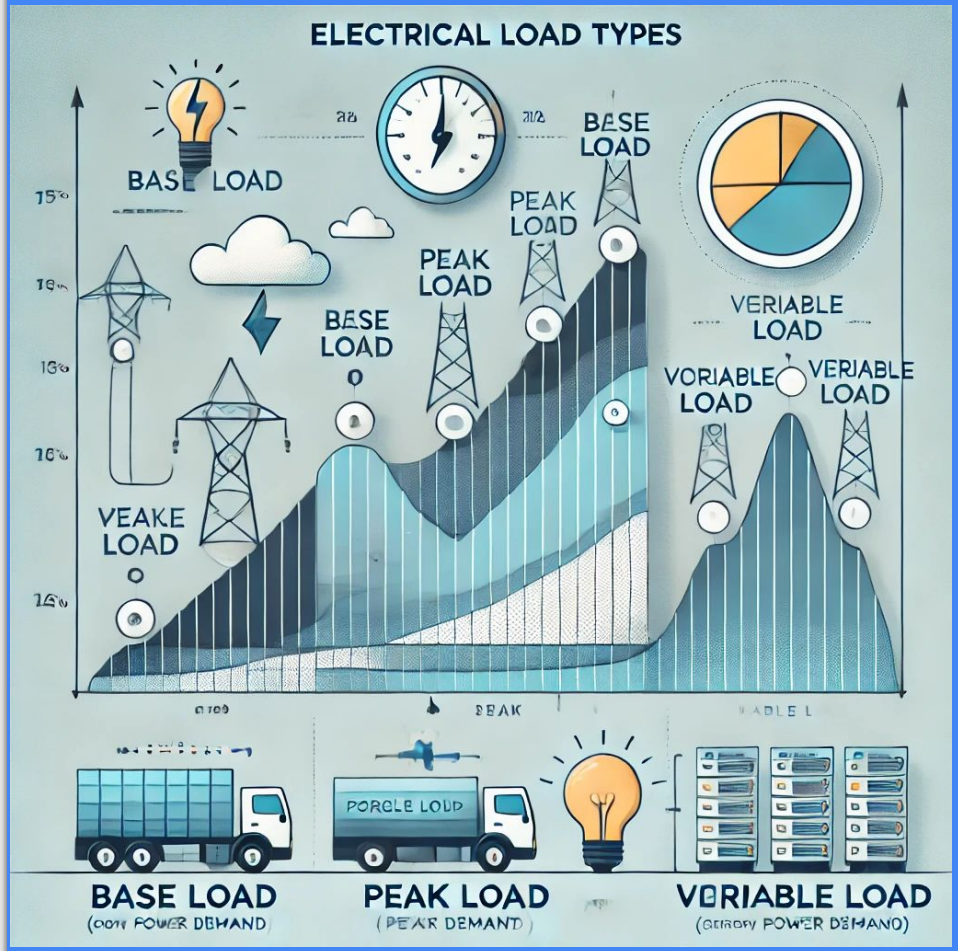
Unit 5: ลักษณะของโหลด

Tadchanon Chuman
Department of Electrical Technology, SSRU

โหลด

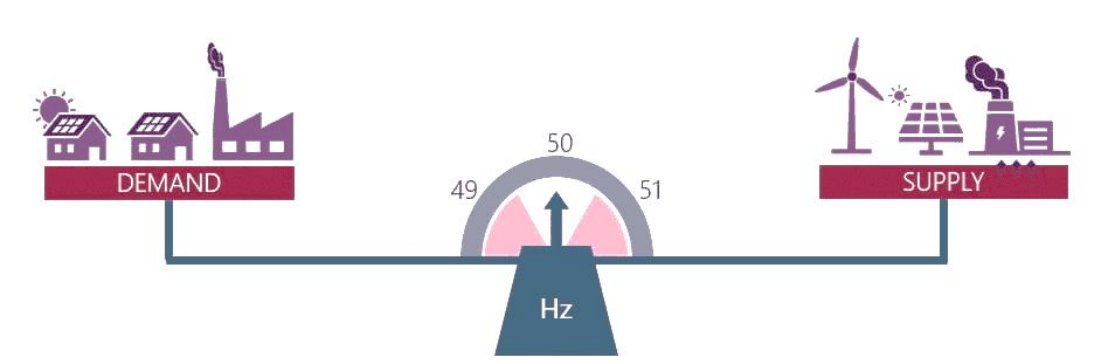
(Load)

โหลด หมายถึง ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า ของผู้ใช้ในระบบ ณ ช่วงเวลาหนึ่ง ซึ่งอาจเปลี่ยนแปลงตามเวลาและประเภทของการใช้งานไฟฟ้า



ปัญหาของโหลดในระบบไฟฟ้ากำลัง

- **ปัญหา:** การใช้ไฟฟ้าไม่คงที่ เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ผลิตแล้วเก็บสำรองยาก
- **ผลกระทบ :**
  - ไม่สามารถผลิตไฟฟ้าเต็มกำลังได้ตลอดเวลา
  - หากความต้องการเพิ่มขึ้นอย่างฉับพลัน อาจส่งผลเสียต่อผู้ใช้และอุปกรณ์
- **แก้ไข:** วิเคราะห์โหลดและพฤติกรรมการใช้ไฟ เพื่อปรับสมดุล



สรุปเรื่องกำลังไฟฟ้า : DC vs AC

กระแสตรง (DC)

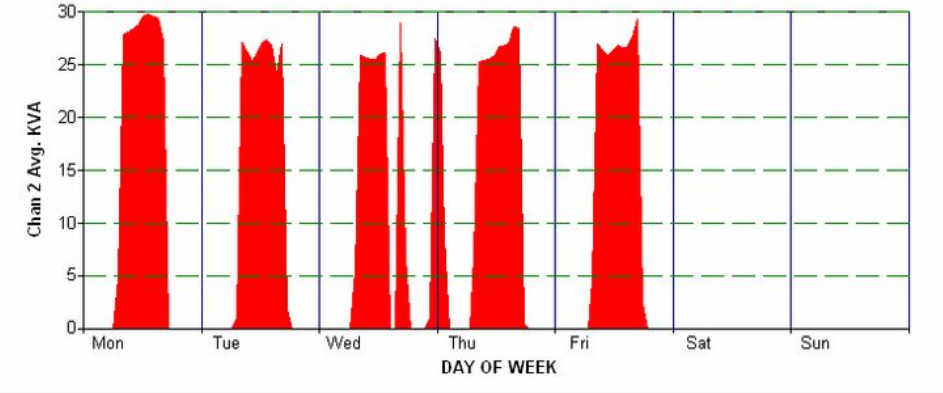
- มีกำลังประเภทเดียว คือ กำลังจริง (real power/ active power)
- ใช้ตัวแปร *P*
- มีหน่วยเป็น วัตต์ (W)

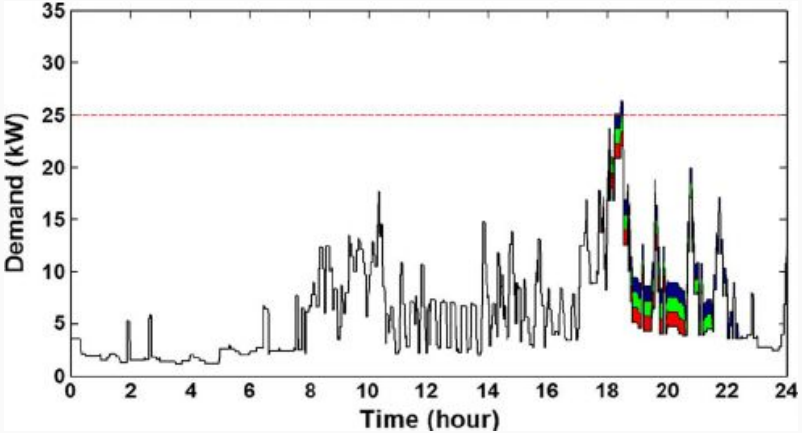
กระแสสลับ (AC)

- มีกำลัง 3 ประเภท
  - *P*: กำลังจริง มีหน่วย W
  - *Q*: กำลังรีแอคทีฟ มีหน่วย VAr
  - S: กำลังปรากฏ มีหน่วย VA

ขนาดของโหลด

- **ระบบไฟฟ้ากำลัง** เป็นกระแสสลับ จึงมีกำลัง 3 ประเภทคือ P Q และ S
- **โหลด** คือความต้องการพลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้
- **ขนาดของโหลด** อยู่ในรูปของกำลังปรากฏ (S) ใช้หน่วย kVA
  - บางครั้ง ขนาดของโหลดอาจอยู่ในรูปกำลังจริง (P) ใช้หน่วย kW





การจำแนกขนาดของโหลด

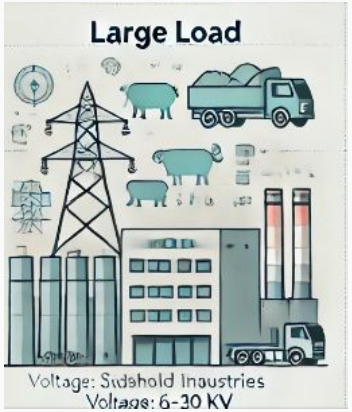
1. **โหลดขนาดเล็ก**
   - กำลังไม่เกิน 30 kVA
   - ได้แก่ ที่พักอาศัย โรงแรมขนาดเล็ก อุตสาหกรรมภายในครัวเรือน โรงปศุสัตว์
   - ระดับแรงดัน 220/380 V

2. **โหลดขนาดกลาง**
   - กำลังไม่เกิน 100 kVA
   - ได้แก่ ตำบล โรงงานอุตสาหกรรมขนาดกลาง ห้างสรรพสินค้าขนาดกลาง
   - ระดับแรงดัน 220/380 V หรือ 6-12 kV

การจำแนกขนาดของโหลด

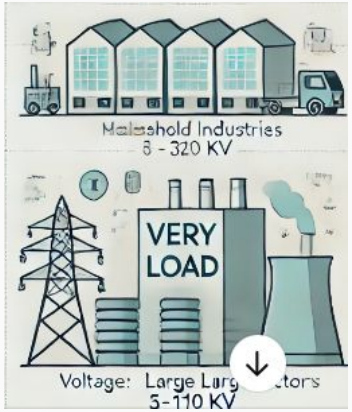
3. **โหลดขนาดใกญ่**

- กำลังไม่เกิน 5 MVA
- ได้แก่ เมืองขนาดกลาง โรงงานห้าง ขนาดใหญ่ โรงพยาบาล
- ระดับแรงดัน 6–30 kV



4. **โหลดขนาดใหญ่มาก**

- กำลังมากกว่า 5 MVA
- ได้แก่ โรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่
- ระดับแรงดัน 3-110 kV



คุณลักษณะของโหลด

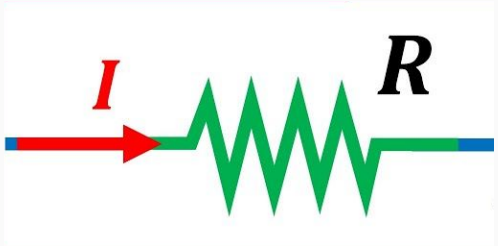
โหลดในระบบไฟฟ้ากำลัง หมายถึงอุปกรณ์ที่รับหรือดูดกลืนพลังงานไฟฟ้าเพื่อนำไปเปลี่ยนเป็นพลังงานรูปแบบอื่น เช่น

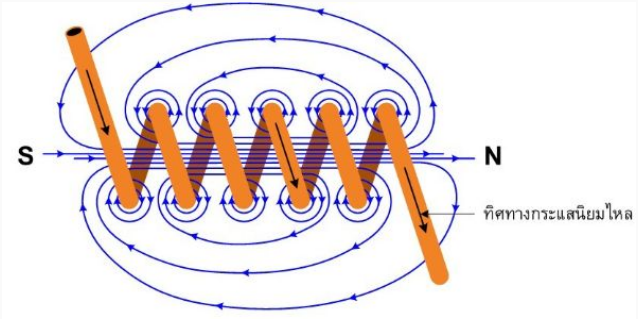
- พลังงานกล (มอเตอร์ไฟฟ้า)
- ความร้อน (เครื่องทำความร้อน)
- แสงสว่าง (หลอดไฟ)
- พลังงานเสียง (ลำโพง)

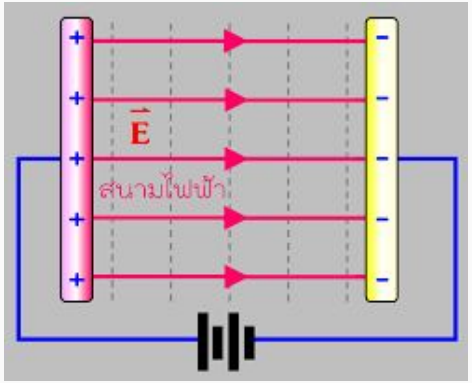
พารามิเตอร์ทางไฟฟ้าของโหลด

โหลดแสดงคุณลักษณะทางไฟฟ้าในรูปของ 3 พารามิเตอร์หลัก ได้แก่

- ค่าความต้านทาน (R) – ควบคุมการไหลของกระแสไฟฟ้า
- ค่าความเหนี่ยวนำ (L) – กักเก็บพลังงานในรูปของสนามแม่เหล็ก
- ค่าความจุไฟฟ้า (C) – กักเก็บพลังงานในรูปของสนามไฟฟ้า







โหลดชนิดความต้านทาน (Resistive Load)

- **โหลดชนิดความต้านทาน** แสดงพารามิเตอร์ ค่าความต้านทาน (R) เพียงอย่างเดียว
- ใช้เฉพาะกำลังไฟฟ้าจริง (P)
- กระแสไฟฟ้าและแรงดัน ร่วมเฟสกัน
- Power Factor $= 1$ (ไม่มี Q)
- อุปกรณ์ชนิดให้ความร้อน

โหลดชนิดเหนี่ยวนำ (Inductive Load)

- **โหลดชนิดเหนี่ยวนำ** มีส่วนประกอบเป็นขดลวด (เช่น มอเตอร์ไฟฟ้า)
- ใช้ทั้งกำลัง P และ Q
- กำลัง Q ทำให้กระแสไฟฟ้า**ล้าหลัง**แรงดัน (lagging)
- ค่า P.F. ต่ำ หมายถึง การใช้พลังงานไม่เต็มที่และสูญเสียพลังงาน
- P.F. ไม่ควรต่ำกว่า 0.85

โหลดคาปาซิทีฟ (Capacitive Load)

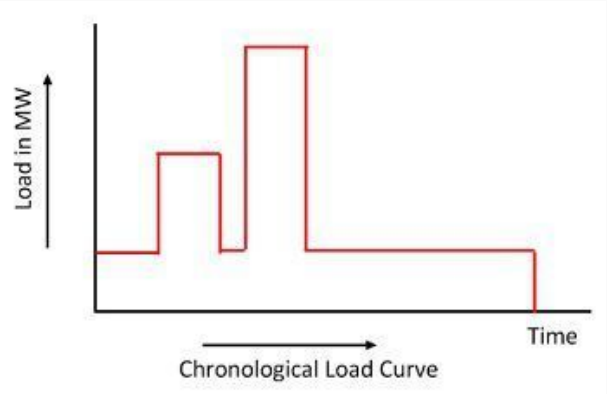
- **โหลดชนิดคาปาซิตีฟ** มักใช้ในกรณีพิเศษ เช่น การลดค่า Q เพื่อปรับปรุง P.F.
- มีทั้งกำลัง P และ Q
- กำลัง Q ทำให้กระแสไฟฟ้า**นำหน้า**แรงดัน (leading)
- ใช้ ตัวเก็บประจุ (Capacitors) และ ซิงโครนัสมอเตอร์ ในการปรับปรุง P.F. ของระบบ

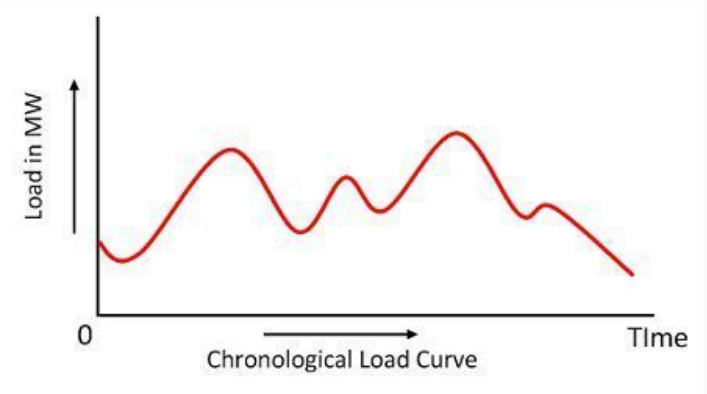
การผลิตกำลังไฟฟ้าในระบบไฟฟ้ากำลัง

- **การผลิตกำลังไฟฟ้า** ในระบบไฟฟ้ากำหนดโดย ผู้ใช้ไฟฟ้า ถือเป็นโหลดของระบบ
- **การใช้ไฟฟ้า** ไม่คงที่ตลอดเวลา มีการเปลี่ยนแปลงสูงต่ำในช่วงเวลาต่าง ๆ
- ทำให้ต้องจัดระบบผลิตและส่งจ่ายไฟฟ้า ให้เหมาะสม
- ต้อง**รักษาแรงดัน** ในการส่งไฟฟ้าให้ไม่สูงหรือต่ำเกินไป
- ต้อง**วางแผนการเดินเครื่อง** กำเนิดไฟฟ้าให้เหมาะสมกับการใช้ไฟฟ้าในแต่ละช่วงเวลา

การศึกษาและพยากรณ์การใช้ไฟฟ้า

- การศึกษาข้อมูลการใช้ไฟฟ้า ช่วยให้พยากรณ์การใช้ไฟฟ้าในอนาคตได้
- ช่วยในการเตรียมแหล่งผลิตไฟฟ้า และ พลังงานสำรอง
- กราฟของโหลด (Load Curve) เป็นเครื่องมือในการศึกษาการใช้ไฟฟ้า
- ช่วงที่การใช้ไฟฟ้าน้อย เราสามารถหยุดเครื่องกำเนิดเพื่อประหยัดพลังงานได้





กราฟของโหลด

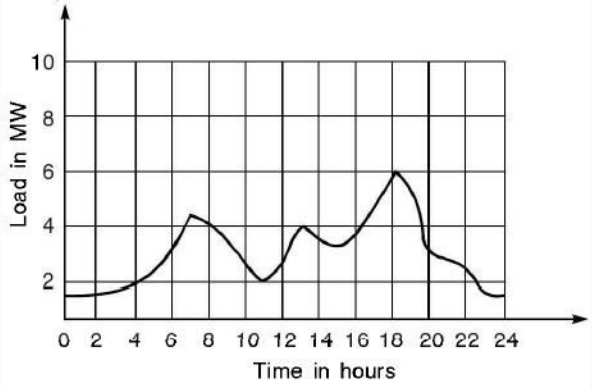
โหลดติดตั้ง

- โหลดที่ติดตั้งหรือแจ้งการใช้งานไว้
- แสดงในผังหรือตารางโหลดไฟฟ้า
- อาจกำลังใช้งานอยู่หรือยังไม่ได้เปิดใช้
- มีผลต่อความต้องการพลังงานสูงสุด

หมายเลข	รายการโหลด	จำนวน (ชุด)	กำลังไฟฟ้าต่อชุด (kW)	โหลดรวม (kW)	หมายเหตุ
1	แสงสว่าง (Lighting)	20	0.1	2.0	หลอด LED 100W
2	เครื่องปรับอากาศ (Air Conditioner)	5	2.5	12.5	18,000 BTU
3	ปั๊มน้ำ (Water Pump)	1	1.5	1.5	-
4	เครื่องจักร (Machinery)	2	5.0	10.0	มอเตอร์ 3 เฟส
รวม				**26.0 kW**	

โหลดจริง

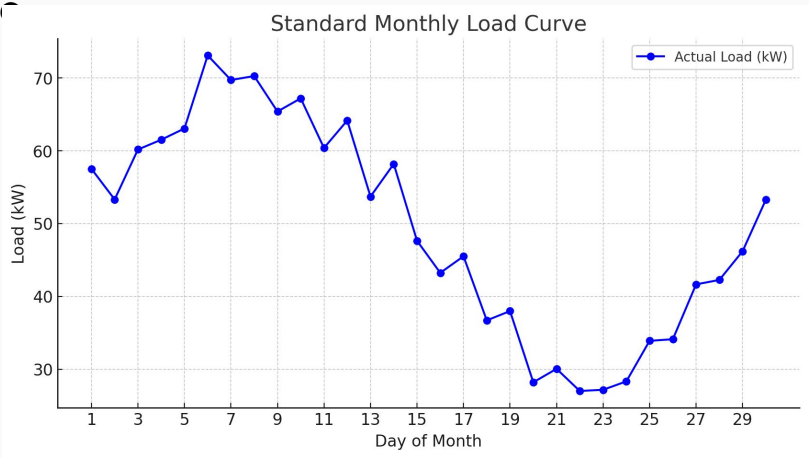
- หมายถึงโหลดที่กำลังใช้งานจริงขณะนั้น
- แสดงเป็น กราฟของโหลด (Load Curve)
- เปลี่ยนแปลงตลอดเวลาตามการเปิด-ปิด
- มีค่าไม่เกินจากโหลดติดตั้ง

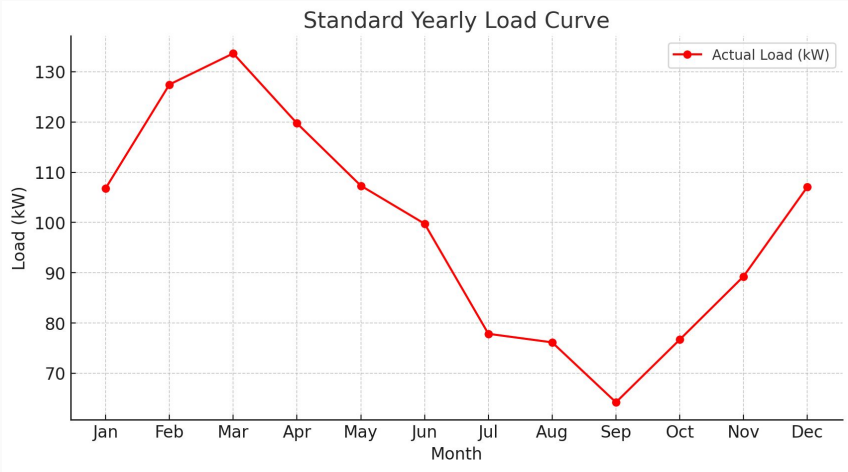


กราฟของโหลด

Load Curve: แสดงค่าชั่วขณะของโหลดจริงในแต่ละช่วงเวลา

- **Daily Load Curve:** กราฟของโหลดประจำวัน
- **Monthly Load Curve:** กราฟของโหลดประจำเดือน
- **Yearly Load Curve (Annual Load Curve):** กราฟของโหลดประจำปี

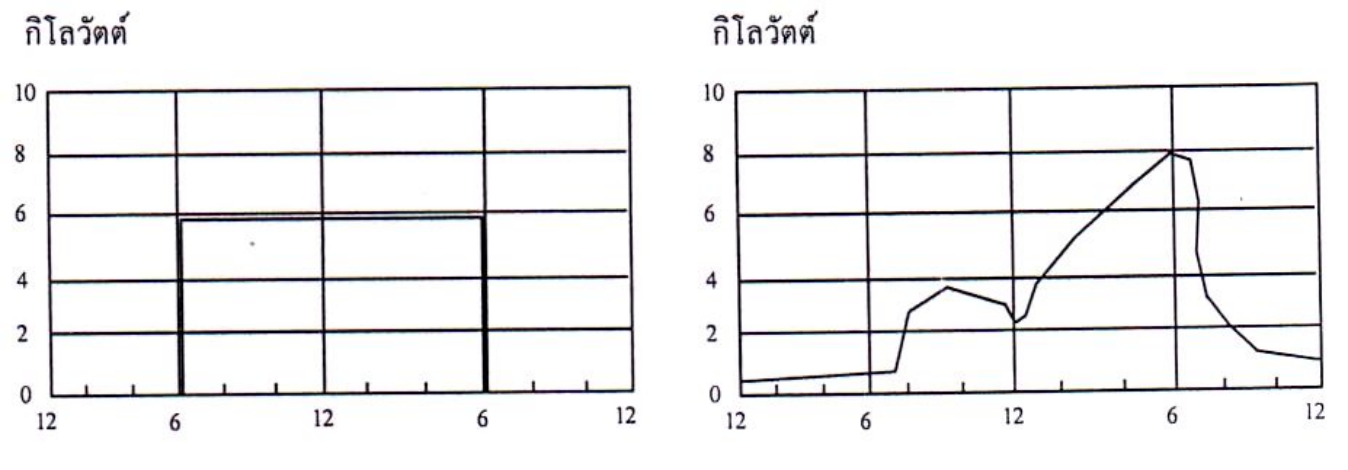




กราฟของโหลด

กราฟของโหลดเชิงอุดมคติและที่ใช้จริง

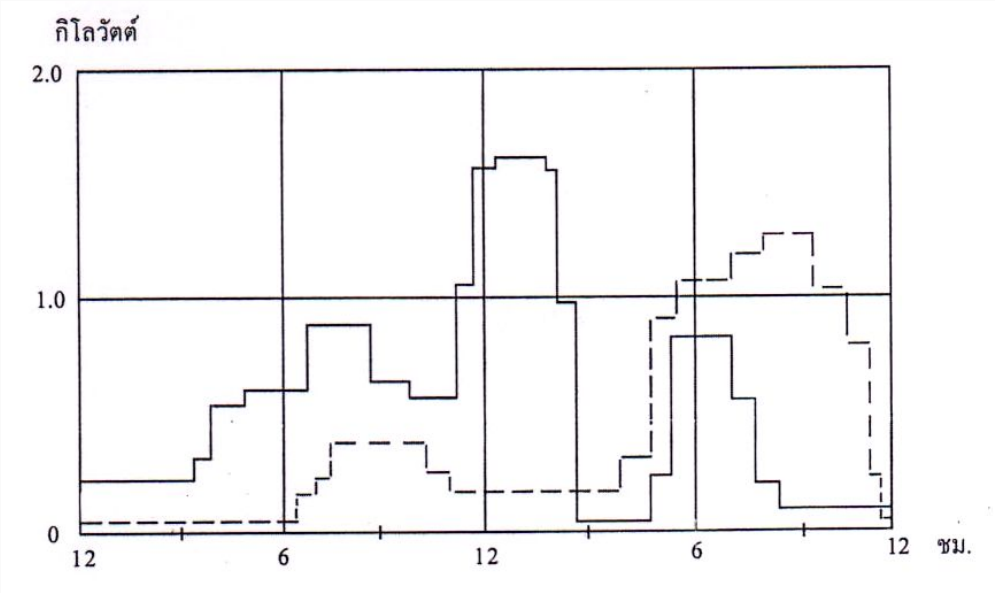
- **กราฟอุดกราฟอุดมคติ** ทำให้โรงไฟฟ้าผลิตไฟฟ้าอย่างสม่ำเสมอ ลดความซับซ้อน
- ในความเป็นจริง โหลดจะแปรผันตลอดเวลา (ไม่คงที่)
- จำเป็นต้องติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่สามารถรองรับโหลดสูงสุดได้



กราฟของโหลด

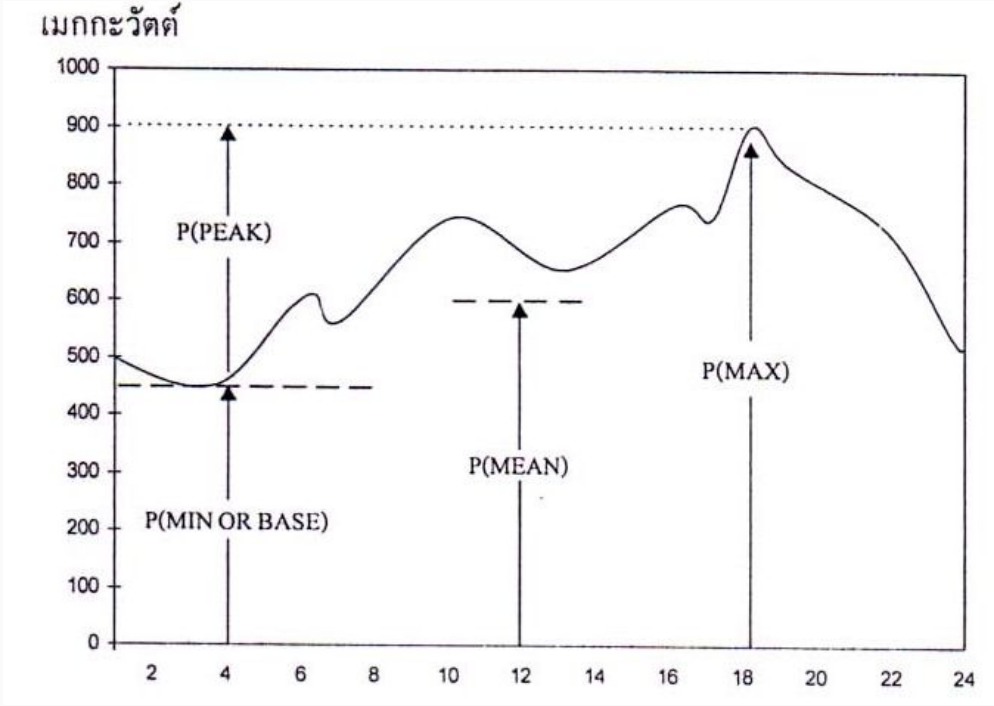
โหลดของลูกค้าแต่ละราย

- การใช้ไฟฟ้าแต่ละรายแตกต่างกัน คาดคะเนได้ยาก
- จึงต้องพยากรณ์ในระดับชุมชน เช่น ตำบล อำเภอ หรือจังหวัด



ค่าต่าง ๆ ที่ควรทราบของกราฟของโหลด

- **P(min/base)** หมายถึง โหลดต่ำสุด
- **P(max)** หมายถึง โหลดสูงสุด
- **P(mean/av)** โหลดเฉลี่ย
- **P(peak)** หมายถึง โหลดช่วงยอด มีค่าเท่ากับ P(max)-P(min)



ข้อสังเกตุ

- P(peak) **สูง** คือโหลดผันผวนมาก
- P(peak) **ต่ำ** คือโหลดค่อนข้างคงที่

องค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับการจ่ายโหลด

1. องค์ประกอบความต้องการไฟฟ้า (Demand Factor) หมายถึง อัตราระหว่างความต้องการไฟฟ้าสูงสุด ต่อ กับโหลดสูงสุดที่แจ้งการใช้งานไว้

$$\text{D.F} = \frac{\text{Maximum Demand}}{\text{Total Connected Demand}}$$

- Max Demand หาได้จาก อ่านได้จาก ดีมานด์มิเตอร์ หรือกราฟของโหลด (P(max))
- Total Connected Demand หาจากผังไฟฟ้า

Load Category	Connected Load, kW	Maximum Demand, kW
HVAC	2018	930
Lighting	232.478	155
Office equipment	386	300
Engineering	120	42
Miscellaneous	95	23.75
Total	**2,851.478**	**1450.75**

องค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับการจ่ายโหลด

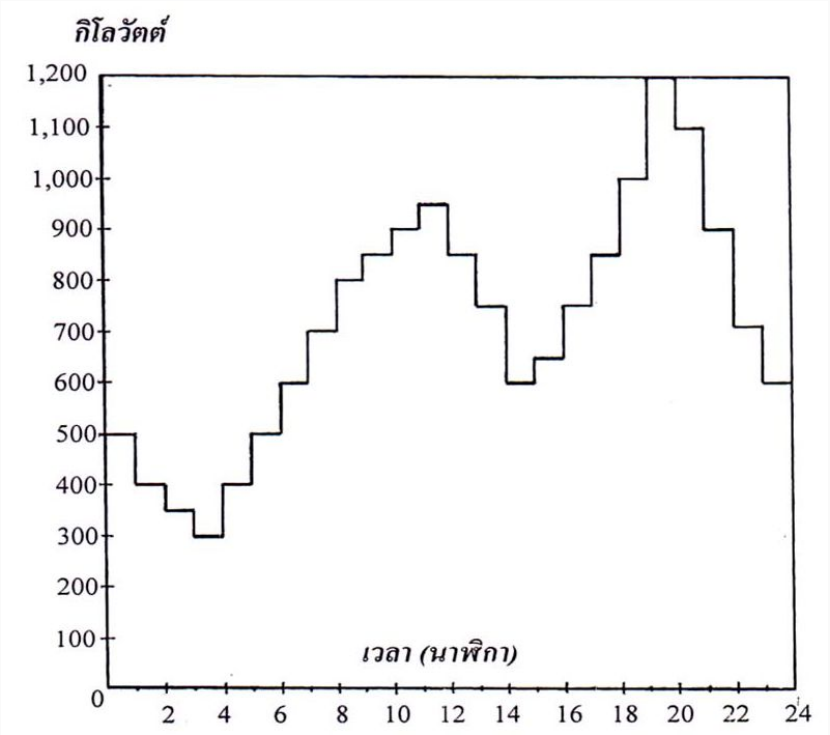
2. องค์ประกอบการใช้ไฟฟ้า (Load Factor) คือ อัตราส่วนระหว่าง โหลดเฉลี่ย P(mean) กับ โหลดสูงสุด P(max)

$$\text{L.F} = \frac{\text{Average Load}}{\text{Maximum Load}} = \frac{P(\text{mean})}{P(\text{max})}$$

- Max Demand คือ โหลดสูงสุด (P(max)) หาจาก Load curve
- Total Connected Demand หาจากผังไฟฟ้า

องค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับการจ่ายโหลด

ตัวอย่างที่ 1. โรงงานอุตสาหกรรมแห่งหนึ่งมีการใช้กำลังไฟฟ้าตลอดวันดังรูป และมีโหลดติดตั้งทั้งหมด 2,000 kW จงหาค่า P(mean) D.F และ L.F



องค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับการจ่ายโหลด

ตัวอย่างที่ 2. โรงงานมีการใช้กำลังดังตาราง และมีโหลดติดตั้ง1,650 kW

1. วาด Load Curve
2. หาค่า P(mean) D.F และ L.F

เวลา (นาฬิกา)	โหลด (กิโลวัตต์)	เวลา (นาฬิกา)	โหลด (กิโลวัตต์)
0-1	430	12-13	650
1-2	350	13-14	600
2-3	300	14-15	720
3-4	250	15-16	800
4-5	350	16-17	850
5-6	400	17-18	900
6-7	470	18-19	800
7-8	500	19-20	1,050
8-9	650	20-21	1,500
9-10	730	21-22	950
10-11	700	22-23	700
11-12	750	23-24	500

องค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับการจ่ายโหลด

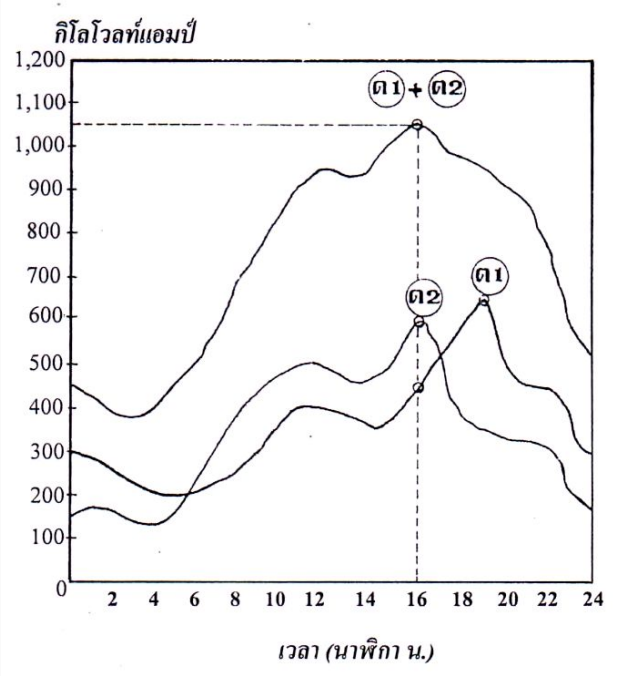
3. องค์ประกอบการเบี่ยงเบน (**DV.F**) ใช้ในกรณีที่มี load curve หลายกลุ่ม

ถ้า DV.F มีค่าสูง แสดงว่าการจัดกลุ่มของโหลดมีประสิทธิภาพมาก

$$\mathrm{DV.F} = \frac{\Sigma_i P_{\max}(i)}{P_{\max}}$$

- $\Sigma_i P_{\max}(i)$ คือผลรวมโหลดสูงสุดของแต่ละกลุ่ม
- $P(\max)$ ค่าสูงสุดของโหลดรวม

ตัวอย่างที่ 3. จงหา DV.F จากรูปกราฟ



องค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับการจ่ายโหลด

ตัวอย่างที่ 4. จงหา DV.F จากรูปกราฟ