

.....เอกสารเผยแพร่เพื่อการอนุรักษ์พลังงาน ชุด

## รัฐ 'รักรักษาพลังงาน

# การจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้า



กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.)  
กระทรวงพลังงาน

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.)

# คำนำ

พลังงานเป็นปัจจัยสำคัญต่อการดำเนินชีวิตของมนุษย์ เราใช้พลังงานในการผลิตกระแสไฟฟ้า การคมนาคมขนส่ง การบริการและการผลิต ทั้งในภาคเกษตรกรรมและอุตสาหกรรม การใช้พลังงานในประเทศโดยเฉพาะน้ำมันเชื้อเพลิงนับวันมีปริมาณเพิ่มขึ้นทุกที ในขณะที่ประเทศของเราไม่มีแหล่งน้ำมันเพียงพอกับความต้องการ ในแต่ละปีรัฐจึงต้องสูญเสียงบประมาณในการนำเข้าน้ำมันดิบเป็นจำนวนมหาศาล

แหล่งน้ำมันในโลกก็มีจำนวนจำกัดและต้องหมดไปในวันหนึ่งอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ แนวโน้มราคาน้ำมันจึงมีแต่จะสูงขึ้น ประเทศผู้นำเข้าน้ำมันอย่างประเทศไทยจึงมีความจำเป็นต้องรณรงค์สร้างความร่วมมือร่วมกันอนุรักษ์พลังงาน เพื่อให้สามารถใช้จ่ายพลังงานที่เราต้องซื้อมาด้วยราคาแพงให้คุ้มค่าที่สุด การรณรงค์อนุรักษ์พลังงานต้องทำในทุกส่วนของสังคม ทั้งภาครัฐและเอกชน

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) กระทรวงพลังงาน ได้ตระหนักถึงปัญหาเร่งด่วนดังกล่าวและเล็งเห็นความสำคัญของปัญหาด้านพลังงานที่ทุกคนควรมีความรู้ความเข้าใจ เรื่องการอนุรักษ์พลังงาน จึงได้จัดทำเอกสารขึ้น

2 ชุด ได้แก่ เอกสารเผยแพร่ชุด รู้ 'รักษ์พลังงาน' จำนวน 16 เล่ม สำหรับประชาชนทั่วไป โรงงานและอาคาร เพื่อให้เกิดความตระหนัก รู้เท่าทัน รู้วิธีประหยัดพลังงานอย่างเป็นรูปธรรม

นอกจากนั้นยังได้จัดทำ คู่มือชุดความรู้ จำนวน 8 เล่ม เพื่อใช้เป็นแนวทางการอนุรักษ์พลังงาน สำหรับภาคอุตสาหกรรมและภาคการบริการ ซึ่งจะช่วยลดต้นทุนการผลิตและบริการ และเป็นการลดการใช้พลังงานของประเทศลงได้อีกด้วย

พพ. หวังเป็นอย่างยิ่งว่า เอกสารทั้งสองชุดจะเป็นประโยชน์สำหรับผู้ใช้จ่ายพลังงาน และประชาชนทั่วไป และก่อให้เกิดการอนุรักษ์พลังงานจนปรากฏผลสัมฤทธิ์จริงพร้อมทั้งจะเป็นแรงจูงใจให้เกิดการปรับเปลี่ยนพฤติกรรม การอนุรักษ์พลังงานเร็วยิ่งขึ้น

หากต้องการข้อมูลเพิ่มเติมหรือต้องการคำปรึกษา ข้อเสนอแนะ และการแก้ไขปัญหาคารอนุรักษ์พลังงานด้านต่างๆ สามารถติดต่อที่หน่วยลูกค้าสัมพันธ์ กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) กระทรวงพลังงาน

หมายเลขโทรศัพท์ 0-2226-2311 หรือ [www.dede.go.th](http://www.dede.go.th) E-mail: [dedeoss@dede.go.th](mailto:dedeoss@dede.go.th)

รายชื่อเอกสารเผยแพร่ชุด รู้ 'รักษ์พลังงาน'  
จำนวน 16 เล่ม

1. รู้เท่าทันสถานการณ์พลังงาน
2. การเลือกใช้วัสดุเพื่ออนุรักษ์พลังงาน
3. กฎหมายอนุรักษ์พลังงานสำหรับ  
โรงงานและอาคารควบคุม
4. การจัดการกรเพื่ออนุรักษ์พลังงาน
5. การจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้า
6. ระบบทำความเย็น
7. ระบบแสงสว่าง
8. ระบบไอน้ำ
9. ระบบอากาศอัด
10. มอเตอร์
11. ตู้เย็นพาณิชย์
12. เครื่องปรับอากาศในบ้าน
13. ไฟฟ้าแสงสว่างสำหรับบ้านพักอาศัย
14. เครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน
15. บิ๊มน้ำในบ้าน
16. การใช้รถยนต์อย่างประหยัด

รายชื่อคู่มือชุดความรู้  
จำนวน 8 เล่ม

1. โรงแรม
2. อาคารสำนักงาน
3. ห้างสรรพสินค้า
4. โรงพยาบาล
5. อุตสาหกรรมสิ่งทอ
6. อุตสาหกรรมกระดาษ
7. อุตสาหกรรมอาหาร
8. อุตสาหกรรมโลหะมูลฐาน

หมายเหตุ

- เอกสารที่มีสันสี น้ำเงิน ส้ม เขียว สำหรับประชาชนทั่วไป
- เอกสารที่มีสันสี น้ำเงิน ส้ม สำหรับอาคารและโรงงาน
- เอกสารที่มีสันสี น้ำเงิน สำหรับโรงงาน
- เอกสารที่มีสันสี ส้ม สำหรับอาคาร
- เอกสารที่มีสันสี เขียว สำหรับบ้านพักอาศัย

## สารบัญ

	หน้า
บทนำ	6
บทที่ 1 การจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้า	7
บทที่ 2 ระบบจ่ายพลังงานไฟฟ้า	14
บทที่ 3 ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า	24
บทที่ 4 สรุป	47
เอกสารอ้างอิง	48

# บทนำ

พลังงานนับเป็นปัจจัยพื้นฐานของการดำรงชีพของมนุษย์ในปัจจุบัน แต่แหล่งผลิตพลังงานกลับลดน้อยลงไปทุกที พลังงานบางประเภทใช้แล้วหมดไปไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้อีก และบางประเภทถึงแม้จะสามารถหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ได้แต่ก็ยังไม่คุ้มค่ากับการลงทุนในเชิงพาณิชย์ ดังนั้น จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องรู้จักใช้พลังงานที่มีอยู่ให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

การใช้พลังงานที่ไม่เหมาะสมก่อให้เกิดต้นทุนที่สูงเกินความจำเป็น หากสามารถลดค่าใช้จ่ายในส่วนนี้ลงไปได้โดยไม่ส่งผลกระทบต่อระบบการผลิตและคุณภาพของผลิตภัณฑ์แล้ว จะก่อให้เกิดกำไรได้มากกว่าคู่แข่งที่ไม่มีระบบการจัดการพลังงานที่ดีพอ ทำให้สามารถต่อสู้ทางธุรกิจกับคู่แข่งได้ การจัดการพลังงานจึงเป็นผลจากความพยายามที่จะลดค่าใช้จ่ายทางด้านพลังงานลง แต่วิธีดำเนินการไม่ควรเน้นที่การประหยัดเพียงอย่างเดียว แต่ต้องครอบคลุมถึงการใช้อย่างชาญฉลาด และได้ผลควบคู่กันไปด้วย

ผลลัพธ์จากการจัดการพลังงานที่ดีนั้น นอกจากจะลดค่าใช้จ่ายและต้นทุนในการผลิตได้โดยตรงแล้วยังสามารถนำเงินเหลือจ่ายนี้ไปใช้ลงทุนอย่างอื่นได้มากขึ้น และกล่าวได้ว่าเป็นวิธีการหนึ่งของการมีส่วนร่วมในการรักษาสิ่งแวดล้อมด้วย

สำหรับการจัดการด้านการใช้พลังงานในอุปกรณ์อื่นๆ นอกเหนือจากที่กล่าวไว้ในเล่มนี้แล้ว เช่น ระบบอากาศอัด ระบบไอน้ำ เป็นต้น ผู้สนใจสามารถศึกษารายละเอียดในเอกสารเผยแพร่เฉพาะเรื่องนั้นๆ ได้

# 1 การจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้า

การจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้า หมายถึงกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการจัดการและการควบคุมการใช้เครื่องจักร อุปกรณ์ไฟฟ้าและแสงสว่าง เพื่อลดค่าไฟฟ้าและส่งผลให้การใช้พลังงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุดโดย

- จัดการและควบคุมค่าปริมาณพลังงานไฟฟ้า (จำนวนหน่วยที่ใช้) ค่าความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุด (Peak Demand) ค่าความต้องการพลังไฟฟารีแอกทีฟเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุด (Reactive Power) ให้มีค่าน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้
- ดัชนีที่ใช้วัดประสิทธิภาพของการจัดการและการควบคุมมีอยู่หลายตัว การเลือกใช้ดัชนีตัวใดนั้นขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้พลังงานไฟฟ้าของแต่ละสถานประกอบการ ได้แก่ ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วย ค่าตัวประกอบโหลด ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า ปริมาณการใช้พลังงานต่อหน่วยผลผลิต มูลค่าพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยผลผลิต ปริมาณพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยพื้นที่ เป็นต้น

## 1. แนวทางการจัดการ

เป็นกระบวนการปรับเปลี่ยนลักษณะการใช้ไฟฟ้าเพื่อลดค่าใช้จ่ายทางด้านไฟฟ้า วิธีการมีทั้งการส่งเสริมการประหยัดพลังงาน และการใช้กลไกด้านราคาค่าไฟฟ้า สรุปเป็นมาตรการหลัก 4 มาตรการ ดังนี้

- ลดกำลังไฟฟ้าในช่วงโหลดสูงสุด
  - เพิ่มการใช้ไฟฟ้าในช่วงเวลาโหลดต่ำ
  - เฉลี่ยการใช้โหลดในแต่ละเวลาให้ใกล้เคียงกัน
  - อนุรักษ์พลังงานไฟฟ้า โดยการดูแลบำรุงรักษาอุปกรณ์ต่างๆ ให้มีประสิทธิภาพอยู่เสมอ
- ผลตอบแทนจากการจัดการการใช้ไฟฟ้ามี่ดังต่อไปนี้

1.1 การลดความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด สามารถชะลอการลงทุนช่วงการสร้างโรงไฟฟ้า เพื่อรองรับความต้องการใช้ไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นได้

1.2 การเพิ่มค่าตัวประกอบโหลด (Load Factor) ทำให้เกิดการใช้ไฟฟ้าอย่างคุ้มค่า

1.3 สามารถพยากรณ์โหลดได้อย่างเหมาะสมมากขึ้น

1.4 ทำให้ราคาค่าไฟฟ้าโดยรวมต่ำลง

## 2. แนวทางการลดค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด

ในการพิจารณาเพื่อลดค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด จำเป็นต้องเข้าใจคำว่าตัวประกอบโหลด (Load Factor) เสียก่อน ตัวประกอบโหลดเป็นค่าที่ได้จากการวัดความสม่ำเสมอของการใช้พลังงานไฟฟ้า โดยคำนวณจากสมการดังต่อไปนี้

$$\text{ตัวประกอบโหลด} = \frac{\text{จำนวนหน่วยที่ใช้ทั้งหมดใน 1 เดือน (kWh)}}{\text{กำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ใช้ใน 1 เดือน (kW) x จำนวนชั่วโมงใน 1 เดือน (h)}} \times 100\%$$



## 2.1 ประโยชน์ที่ได้รับ

- ทำให้ประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงขึ้น ถ้าค่าตัวประกอบโหลดมีค่าสูงเท่าไร ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วยยิ่งต่ำลงเท่านั้น จะสามารถลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานลงได้ ช่วยให้ต้นทุนการผลิตต่ำลง
- จะเสียค่าไฟฟ้าในส่วนที่เป็นค่าความต้องการพลังไฟฟ้า (Demand Charge) ต่ำลง
- พลังงานไฟฟ้าสูญเสียในหม้อแปลงไฟฟ้าและสายไฟฟ้าน้อยลง
- ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งานเครื่องจักร

## 2.2 ขั้นตอนการควบคุมค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด (Peak Demand)

วิธีการควบคุมค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดมีวิธีดำเนินการดังต่อไปนี้

### (1) การรวบรวมข้อมูล

- จัดทำรายการแสดงเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้ไฟฟ้าทั้งหมดภายในโรงงานให้เป็นหมวดหมู่เพื่อให้สะดวกต่อการค้นคว้าและตรวจสอบได้ง่าย
- จัดทำวงจรทางไฟฟ้า (Single Line Diagram) เพื่อใช้เป็นแนวทางการตรวจสอบตำแหน่งของอุปกรณ์ไฟฟ้า และขนาดแรงดันไฟฟ้า (Voltage) ที่ใช้
- สำนักรวบรวมการใช้ไฟฟ้า โดยการตรวจวัดเครื่องจักรและอุปกรณ์ไฟฟ้าอย่างละเอียด เช่น ต้องรู้ว่า เป็นเครื่องชนิดไหน มีขนาดเท่าไร สภาพการใช้งานเป็นอย่างไร แล้วนำข้อมูลเหล่านี้มาใช้ในการควบคุมความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด

● คำนวณหาค่าตัวประกอบโหลดและจัดทำเส้นโค้งโหลด (Load Curve) โดยปกติช่วงเวลาทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าแต่ละชนิดจะแตกต่างกัน บางชนิดมีโหลดคงที่ บางชนิดมีโหลดไม่คงที่ บางชนิดใช้งานตลอดเวลา บางชนิดทำงานเป็นระยะ ๆ เมื่อคุณรวมของการใช้โหลด ปรากฏว่าการใช้ไฟฟ้าในแต่ละช่วงเวลาของโรงงานมีค่าไม่เท่ากัน การควบคุมค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด จึงควรพิจารณาค่าตัวประกอบโหลด ทั้งรายเดือนและรายวัน

- การคำนวณหาค่าตัวประกอบโหลดรายวัน

ตัวอย่างต่อไปนี่คือการคำนวณหาตัวประกอบโหลดรายวัน

ตัวอย่างที่ 1 โรงงานแห่งหนึ่งทำงาน 16 ชั่วโมง มีการบันทึกปริมาณพลังงานไฟฟ้าทุก ๆ ชั่วโมง ตลอด 24 ชั่วโมง ปรากฏดังตารางที่ 1 - 1

ตารางที่ 1 - 1 การบันทึกปริมาณพลังงานไฟฟ้าเป็นรายชั่วโมง

ชั่วโมงที่	กำลังไฟฟ้าสูงสุดเฉลี่ย 15 นาที ในชั่วโมงที่ (kWh)	ปริมาณ พลังงานไฟฟ้า	ชั่วโมงที่	กำลังไฟฟ้าสูงสุดเฉลี่ย 15 นาที ในชั่วโมงที่ (kWh)	ปริมาณ พลังงานไฟฟ้า
1	50	50	13	200	200
2	50	50	14	450	450
3	50	50	15	650	650
4	50	50	16	650	650
5	50	50	17	650	650
6	50	50	18	400	400
7	50	50	19	400	400
8	200	200	20	400	400
9	350	350	21	350	350
10	450	450	22	350	350
11	450	450	23	240	240
12	450	450	24	50	40
<b>รวม</b>					<b>7,040</b>

จากตารางที่ 1 - 1 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ทั้งหมดเท่ากับ 7,040 kWh

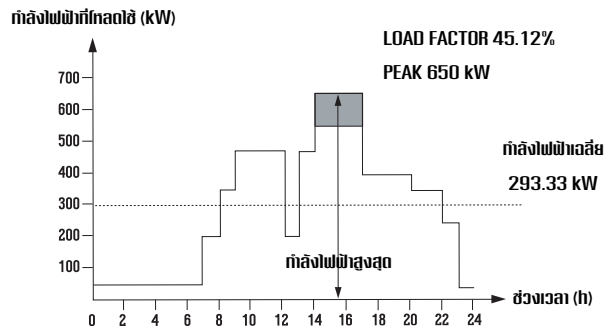
$$\text{กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 24 ชั่วโมง} = \frac{7,040}{24} = 293.33 \text{ kW}$$

$$\text{ตัวประกอบโหลดรายวัน} = \frac{\text{กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 24 ชั่วโมง (kW)}}{\text{กำลังไฟฟ้าสูงสุดใน 24 ชั่วโมง (kW)}} \times 100\%$$

$$\text{ตัวประกอบโหลดรายวัน} = \frac{293.33}{650} \times 100\% = 45.12\%$$

- การเขียนเส้นโค้งโหลด (Load Curve)

เป็นการนำผลการบันทึกการใช้พลังงานไฟฟ้ารายชั่วโมงมาทำเป็นเส้นโค้งโหลด ทำให้ทราบถึงลักษณะการใช้พลังงานไฟฟ้าและความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดในแต่ละช่วงเวลาได้อย่างถูกต้อง ดังแสดงในรูป



*เส้นโค้งโหลด (Load curve)*

- วิธีหาค่าตัวประกอบโหลดรายวันที่เหมาะสม

ค่าตัวประกอบโหลดที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับชั่วโมงทำงานของโรงงาน ถ้าทำงานวันละ 24 ชั่วโมง ค่าตัวประกอบโหลดที่เหมาะสมควรมีค่าประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์

ถ้าทำงานวันละ 16 ชั่วโมง ค่าตัวประกอบโหลดที่เหมาะสมจะมีค่า  $= \frac{16}{24} \times 80 = 53.33\%$

และถ้าทำงานวันละ 8 ชั่วโมง ค่าตัวประกอบโหลดที่เหมาะสมจะมีค่า  $= \frac{8}{24} \times 80 = 26.67\%$

ดังนั้น เมื่อสามารถหาค่าตัวประกอบโหลดรายวันที่เหมาะสมสำหรับช่วงเวลาที่แตกต่างกันได้แล้ว วิธีที่จะหาค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดทำได้ดังนี้

$$\text{ตัวประกอบโหลดรายวัน} = \frac{\text{กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 24 ชั่วโมง (kW)}}{\text{กำลังไฟฟ้าสูงสุดใน 24 ชั่วโมง (kW)}} \times 100\%$$

$$\text{กำลังไฟฟ้าสูงสุดใน 24 ชั่วโมง (kW)} = \frac{\text{กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 24 ชั่วโมง (kW)}}{\text{ตัวประกอบโหลดรายวัน}} \times 100\%$$

จากตัวอย่างที่ 1 กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 24 ชั่วโมง = 293.33 kW โรงงานทำงานวันละ 16 ชั่วโมง ค่าตัวประกอบโหลดที่เหมาะสม = 53.33%

$$\begin{aligned} \text{กำลังไฟฟ้าสูงสุดใน 24 ชั่วโมง} &= \frac{293.33}{53.33} \times 100 \\ &= 550 \text{ kW} \end{aligned}$$

ดังนั้นค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดที่เหมาะสมมีค่าเท่ากับ 550 kW

## (2) วางแผนดำเนินการ

- พิจารณาว่าเครื่องใช้ไฟฟ้าเครื่องใดสามารถเปลี่ยนเวลาการใช้งานได้บ้างเพื่อเลี่ยงการใช้กำลังไฟฟ้าสูงสุด
- ช่วงเวลาที่คาดว่าจะมีการใช้กำลังไฟฟ้าสูงสุด (โดยพิจารณาจากเส้นโค้งโหลด) ควรมิใช่สัญญาณที่เครื่องใช้ไฟฟ้าเครื่องที่ไม่จำเป็น หรือมีความจำเป็นไม่มาก เพื่อตัดหรือหยุดการใช้งานชั่วคราวจนกว่าช่วงเวลาดังกล่าว ผ่านพ้นไป จึงจะเปิดใช้ตามลำดับก่อนหลังตามปกติ ควรแจ้งเวลาการปิด/เปิดเครื่องให้ชัดเจนและไม่ควรตั้งเป้าหมายความต้องการใช้ไฟฟ้าไว้สูงเกินขอบเขตความจำเป็นในการผลิต
- พิจารณาว่าเครื่องใช้ไฟฟ้าใดที่สามารถแก้ไขหรือเปลี่ยนขนาดให้ใช้พลังไฟฟ้าน้อยลง โดยยอมให้เดินเครื่องนานขึ้น ซึ่งจะลดค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดในช่วงเวลาโหลดสูงสุด ลดพลังงานสูญเสียในระบบ และทำให้

ต้นทุนเฉลี่ยค่าไฟฟ้าต่อผลผลิตต่ำลงด้วย

- พิจารณาเลือกการทำงานที่ไม่ต้องใช้ไฟฟ้า ในช่วงที่มีความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด เช่น ใช้แรงงานคน พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม เป็นต้น

- พิจารณาว่าเครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละเครื่องที่ใช้อยู่เดิมมีขนาดใหญ่ไปหรือใช้เต็มกำลังหรือไม่ โดยเปรียบเทียบจากค่าทางไฟฟ้าที่แผนป้ายประจำเครื่องกับค่าที่วัดได้จริง ปกติประสิทธิภาพของเครื่องใช้ไฟฟ้าจะมีค่าสูง เมื่อใช้งานที่โหลด 80 - 100% ฉะนั้น หากพบว่ามีขนาดใหญ่กว่าการใช้งานจริงควรพิจารณาลดขนาดเครื่องใช้ไฟฟ้านั้นลง

- พิจารณาว่ามีอุปกรณ์หรือระบบไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพสูงในการประหยัดพลังงาน ที่สามารถนำมาใช้กับระบบการผลิตเดิมได้หรือไม่ เช่น อินเวอร์เตอร์ (Inverter) สำหรับควบคุมความเร็วของมอเตอร์ ตัวควบคุมความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด (Peak Demand Controller) หลอดประหยัดพลังงาน สายพานแบบ Flat เป็นต้น

- พิจารณาการเปลี่ยนแปลงและปรับปรุงระบบการผลิต พยายามศึกษากระบวนการผลิตเพื่อควบคุมไม่ให้เกิดการใช้กำลังไฟฟ้าสูงสุดที่เกิดขึ้นในช่วง 15 นาทีแรก มีค่าสูงเกินกว่าที่ควรจะเป็น

- หลีกเลี่ยงการสตาร์ทมอเตอร์ขนาดใหญ่และอุปกรณ์ให้ความร้อนต่างๆ ในเวลาเดียวกัน เช่น เตาหลอมไฟฟ้า หรือเตาอบไฟฟ้า เป็นต้น

- การนำพลังงานไฟฟ้ามาใช้ทำน้ำร้อนและน้ำเย็น ควรหลีกเลี่ยงการเดินเครื่องเวลาที่มีความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด และเตรียมให้มีถังเก็บน้ำร้อนและน้ำเย็นให้เพียงพอกับความต้องการในเวลาดังกล่าวด้วย

- สนับสนุนการประหยัดไฟฟ้าในช่วงที่มีความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด เช่น ปิดเครื่องปรับอากาศ ปิดเครื่องทำน้ำเย็น เป็นต้น

### (3) ดำเนินการควบคุมและติดตามผล

- จัดให้มีพนักงานที่ทำหน้าที่ควบคุมการเปิดและปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า นอกจากนี้ฝ่ายบริหารต้องมอบหมายให้บุคคลและคณะบุคคลควบคุมติดตามดูแลอย่างใกล้ชิดและมีการเสนอผลลัพธ์เป็นระยะๆ

- มีการใช้เครื่องควบคุมอัตโนมัติเพื่อตัดต่อโหลดที่ไม่จำเป็นในช่วงเวลาที่มีความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด

# ระบบจ่ายพลังงานไฟฟ้า

ระบบรับและจ่ายไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพ จะช่วยประหยัดพลังงานได้ ดังนั้น หากในอุตสาหกรรมและอาคาร มีการออกแบบระบบรับและจ่ายไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพก็จะช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้เป็นอย่างดี การออกแบบระบบไฟฟ้าที่ดีนั้น ผู้ออกแบบต้องเลือกใช้อุปกรณ์ที่เหมาะสมและได้มาตรฐานของการไฟฟ้านครหลวงหรือภูมิภาค ซึ่งจะทำให้ใช้งานได้อย่างปลอดภัยและสามารถใช้งานได้ยาวนาน

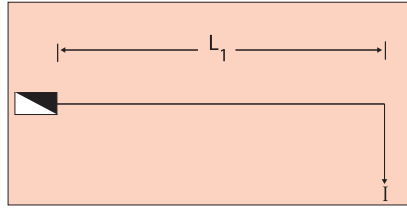
## 1. แผงรับและจ่ายไฟฟ้าหลัก (Main Distribution Board)

ในโรงงานอุตสาหกรรมและอาคารขนาดใหญ่ ต้องมีแผงรับและจ่ายไฟฟ้าหลัก เป็นเรื่องสำคัญที่จะต้อง ออกแบบติดตั้งแผงรับและจ่ายไฟฟ้าให้เหมาะสม และช่วยในการประหยัดพลังงาน สำหรับโรงงานหรืออาคารขนาดเล็ก แผงรับและจ่ายไฟฟ้า ก็คือ ตู้จ่ายไฟฟ้าที่ติดตั้งตามจุดต่างๆ ในห้องทำงานที่ต้องใช้ไฟฟ้านั้นเอง การติดตั้งควรให้อยู่บริเวณศูนย์กลางของภาระ (Load) ซึ่งสามารถพิจารณาได้ดังนี้

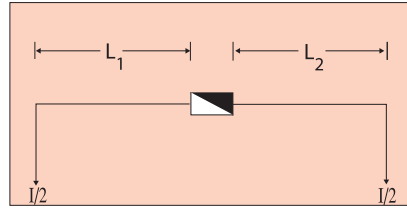
- **ห้องสี่เหลี่ยมผืนผ้า** จากรูป ก. เป็นการติดตั้งตู้จ่ายไฟฟ้าให้อยู่บริเวณด้านใดด้านหนึ่งของห้อง เมื่อเปรียบเทียบกับติดตั้งบริเวณกลางห้องดังรูป ข. จะพบว่าพลังงานสูญเสียในสายลดลงเป็น 1/4 เท่า

กำหนดให้

R	= ความต้านทาน (Resistance) ของตัวนำ 1 เส้น
I	= กระแสไหล (Load Current)
L	= ความยาวของตัวนำ



$$P_1 = I^2 R$$

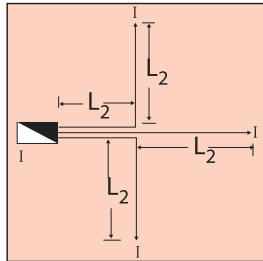


$$P_2 = (I/2)^2 (R/2) 2 = (1/4) I^2 R$$

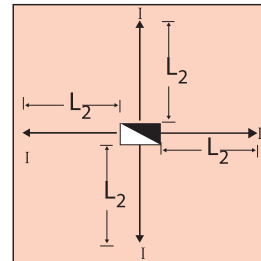
ก. การติดตั้งตู้จ่ายไฟฟ้าทางด้านข้างของห้อง ข. การติดตั้งตู้จ่ายไฟฟ้าบริเวณกลางห้อง

**การติดตั้งตู้จ่ายไฟฟ้าในห้องสี่เหลี่ยมผืนผ้า**

● ห้องสี่เหลี่ยมจัตุรัส จากรูป ค. เป็นการติดตั้งตู้จ่ายไฟฟ้าที่บริเวณด้านข้างของห้อง จะพบว่านอกจากต้องกำหนดให้สายไฟฟ้ามียุขขนาดใหญ่กว่าปกติแล้ว ยังสูญเสียพลังงานเพิ่มขึ้นอีก



$$P_1 = 3I^2 R + 3I^2 R = 6I^2 R$$



$$P_2 = 4I^2 R$$

ค. การติดตั้งตู้จ่ายไฟฟ้าทางด้านข้างของห้อง ง. การติดตั้งตู้จ่ายไฟฟ้าบริเวณกลางห้อง

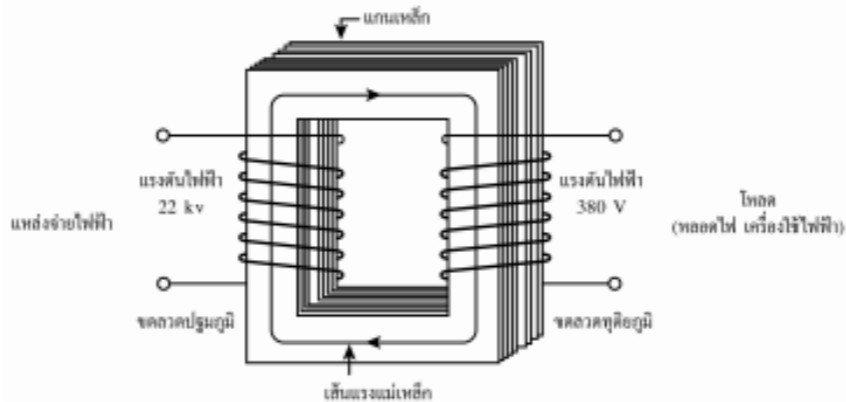
**การติดตั้งตู้จ่ายไฟฟ้าในห้องสี่เหลี่ยมจัตุรัส**

นอกจากพิจารณาตำแหน่งติดตั้งให้อยู่บริเวณศูนย์กลางของภาระแล้ว จะต้องพิจารณาตำแหน่งที่สามารถควบคุมได้สะดวกหรือง่ายต่อการควบคุม และต้องมีการดูแลหรือบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอ โดยตรวจสอบ

ความเรียบร้อยต่างๆ ภายในตู้รับและจ่ายไฟฟ้า เช่น สังเกตจุดต่อต่างๆ ซึ่งอาจหลวมหรือไม่มั่นคง หากปล่อยทิ้งไว้นานๆ จะเกิดการสูญเสียในลักษณะของพลังงานความร้อน นอกจากนี้อาจเกิดอัคคีภัยขึ้นได้ ภายในแผงจ่ายไฟฟ้าหรือตู้จ่ายไฟฟ้าหลัก จึงควรมีอุปกรณ์ตรวจวัดต่างๆ ซึ่งจะทำให้ทราบจุดบกพร่องต่างๆ ได้

## 2. หม้อแปลงไฟฟ้า

หม้อแปลงไฟฟ้าเป็นเครื่องกลไฟฟ้าที่ทำหน้าที่เปลี่ยนระดับแรงดันไฟฟ้า จากแรงดันสูง (HV) ซึ่งรับจากการไฟฟ้าไปสู่แรงดันต่ำ (LV) ตามพิกัดของโหลด หม้อแปลงไฟฟ้าประกอบด้วยขดลวด 2 ขด คือ “ขดลวดปฐมภูมิ” กับขดลวดทุติยภูมิ” พันอยู่รอบแกนเหล็ก ขดลวดทั้ง 2 ขดนี้ถูกกันด้วยฉนวน เมื่อให้แรงดันไฟฟ้ากับขดลวดปฐมภูมิ และเกิดเส้นแรงแม่เหล็กที่เปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาตามการเปลี่ยนแปลงของแรงดันไฟฟ้า โดยมีแกนเหล็กเป็นตัวเหนี่ยวนำไปยังขดลวดทุติยภูมิ ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าขึ้นที่ขดลวดทุติยภูมิ อัตราส่วนระหว่างแรงดันไฟฟ้าที่ขดลวดปฐมภูมิเทียบกับแรงดันไฟฟ้าที่เกิดที่ขดลวดทุติยภูมินั้น ขึ้นอยู่กับอัตราส่วนจำนวนรอบที่พันของขดลวดทั้งสอง ซึ่งมีขนาดของขดลวดเป็นตัวกำหนดความสามารถในการจ่ายกระแสไฟฟ้า



**หลักการการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า**



## 2.1 กำลังสูญเสียในหม้อแปลงไฟฟ้า

กำลังสูญเสียในหม้อแปลงไฟฟ้าประกอบด้วย

- กำลังสูญเสียขณะไม่มีโหลด (No Load Loss) หมายถึง กำลังไฟฟ้าที่สูญเสียขณะที่หม้อแปลงไฟฟ้ายังไม่จ่ายโหลด กำลังสูญเสียนี้เกิดขึ้นในแกนเหล็กเรียกว่า Iron Loss หรือ Core Loss ซึ่งค่า Iron Loss นั้น มีค่าเกือบคงที่ไม่ขึ้นกับโหลด แต่จะเปลี่ยนแปลงไปตามการเปลี่ยนแปลงของเส้นแรงแม่เหล็กในแกนเหล็ก และขึ้นอยู่กับความถี่ ความหนาแน่นสูงสุดของเส้นแรงแม่เหล็กในแกนเหล็ก คุณภาพของเหล็ก ปริมาตร หรือน้ำหนักของแกนเหล็ก

- กำลังสูญเสียขณะมีโหลด (Load Loss) หมายถึง กำลังไฟฟ้าที่สูญเสียไปเนื่องจากความต้านทานของขดลวดขณะที่หม้อแปลงไฟฟ้าจ่ายโหลด กำลังสูญเสียนี้เรียกว่า Copper Loss

กำลังสูญเสียของหม้อแปลงไฟฟ้า สามารถนำมาคำนวณหาประสิทธิภาพของหม้อแปลงไฟฟ้าได้

$$\text{ประสิทธิภาพ} = \frac{\text{กำลังไฟฟ้าที่จ่าย}}{\text{กำลังไฟฟ้าที่จ่าย} + \text{กำลังไฟฟ้าที่เสียไปขณะไม่มีโหลด} + \text{กำลังไฟฟ้าที่เสียไปขณะมีโหลด}}$$

ประสิทธิภาพสูงสุดจะเกิดขึ้นเมื่อ Copper Loss = Iron Loss

ประสิทธิภาพของหม้อแปลงไฟฟ้าที่กล่าวนี้ เป็นการพิจารณาประสิทธิภาพแบบกำลังงาน นั่นคือคิดเฉพาะช่วงเวลาหนึ่งๆ หรือที่การจ่ายไฟ ณ ค่าใดค่าหนึ่ง โดยไม่คำนึงถึงช่วงเวลาที่ไม่ได้ใช้งาน ดังนั้น การหาประสิทธิภาพของหม้อแปลงไฟฟ้าควรคำนึงถึงเวลาใช้งานตลอดทั้งวันด้วย โดยเป็นการหาประสิทธิภาพแบบพลังงาน ซึ่งก็คืออัตราส่วนของพลังงานทั้งหมดที่ใช้ไปจริงในแต่ละวัน ต่อพลังงานทั้งหมดที่ได้รับในหนึ่งวัน โดยเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\text{ประสิทธิภาพทั้งวัน} = \frac{\text{กำลังไฟฟ้าที่จ่าย} \times \text{ชั่วโมงที่จ่ายไฟฟ้าในแต่ละวัน}}{(\text{กำลังไฟฟ้าที่จ่าย} \times \text{ชั่วโมงที่จ่ายไฟฟ้าในแต่ละวัน}) + (\text{กำลังไฟฟ้าสูญเสียขณะไม่มีโหลด} \times 24) + (\text{กำลังไฟฟ้าสูญเสียขณะมีโหลด} \times \text{ชั่วโมงที่จ่ายไฟฟ้าในแต่ละวัน})}$$

## 2.2 การใช้หม้อแปลงไฟฟ้า

การปรับปรุงการใช้หม้อแปลงไฟฟ้าให้เกิดประโยชน์สูงสุด มีวิธีการดังนี้

- การลดกำลังสูญเสียขณะไม่มีโหลด

กำลังสูญเสียขณะไม่มีโหลดของหม้อแปลงไฟฟ้าเป็นกำลังสูญเสียในแกนเหล็ก (Core Loss or Iron Loss) กำลังสูญเสียนี้จะมีค่าเท่าเดิมตลอด ไม่ว่าหม้อแปลงไฟฟ้าจะจ่ายโหลดมากหรือน้อย หรือไม่ได้จ่ายโหลดเลย ดังนั้นสำหรับสถานประกอบการที่ใช้หม้อแปลงไฟฟ้ามากกว่า 1 ตัว เช่น ระบบการจ่ายไฟฟ้าแบบเลือกจ่าย (Secondary Selective) ควรติดตั้งอุปกรณ์ตัดวงจร (Circuit Breaker) ทางด้านขดลวดปฐมภูมิ เพื่อใช้ตัดหม้อแปลงไฟฟ้าออกจากระบบ เพื่อลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียขณะไม่มีโหลด เวลาหยุดทำงานหรือในวันหยุด นอกจากนั้นควรติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้าขนาดเล็กสำหรับใช้ในด้านรักษาความปลอดภัย (Security System) จะทำให้ประหยัดพลังงานได้มาก

### ● การปรับแรงดันไฟฟ้าด้านทุติยภูมิ

การปรับแรงดันไฟฟ้าของหม้อแปลงไฟฟ้าให้อยู่ในระดับที่ใช้งานอย่างเหมาะสม สามารถทำได้โดยการปรับ TAP ของหม้อแปลงไฟฟ้า โดยปกติแล้วอุปกรณ์ไฟฟ้าจะกำหนดระดับแรงดันไฟฟ้าขณะใช้งานไว้ แต่ในทางปฏิบัติ อุปกรณ์ดังกล่าวอาจใช้กับระดับแรงดันไฟฟ้าที่สูงหรือต่ำกว่าระดับแรงดันไฟฟ้าที่กำหนดมาได้ แต่อาจทำให้อายุการใช้งานของอุปกรณ์ดังกล่าวสั้นลงกว่าที่ควร ส่งผลให้กระบวนการผลิตของโรงงานได้รับความเสียหาย และก่อให้เกิดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้า

อย่างไรก็ตาม การกำหนดแรงดันไฟฟ้าของระบบจ่ายไฟฟ้าจะต้องคำนึงถึงค่าแรงดันที่เปลี่ยนไปขณะที่ต่อโหลด ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้แรงดันตก ดังนั้น เมื่อต้องการประหยัดพลังงานไฟฟ้าให้ได้ผลจริงจึง จำเป็นจะต้องตรวจสอบสภาพแรงดันไฟฟ้าที่จุดต่างๆ ในระบบจ่ายไฟ ที่ขั้วของอุปกรณ์ไฟฟ้า รวมทั้งตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของแรงดันขณะเริ่มเดินเครื่องและขณะเดินเครื่อง เมื่อพบสิ่งผิดปกติก็ต้องรีบทำการแก้ไขให้อยู่ในสภาพปกติที่เหมาะสม

ตัวอย่างเช่น กรณีของการเริ่มเดินมอเตอร์โดยการป้อนแรงดันโดยตรง (Direct-on-Line) ค่ากระแสขณะเริ่มเดินเครื่องจะมีค่าประมาณ 6 เท่าของค่ากระแสปกติ เพราะฉะนั้นการตรวจสอบค่าแรงดันไฟฟ้าจึงมีความจำเป็นมาก โดยเฉพาะในกรณีที่โหลดยังมีความเฉื่อย (Moment of Inertia) สูง ทั้งนี้เนื่องจากค่าแรงดันที่ป้อนให้กับมอเตอร์จะมีค่าตกลงไปอีก เนื่องจากการไหลของกระแสไฟฟ้าทำให้แรงบิดตอนเริ่มเดินเครื่องของมอเตอร์มีค่าน้อยลง ส่งผลให้ต้องใช้เวลาในการเริ่มเดินเครื่องนานขึ้น นอกจากนั้นค่ากำลังงานสูญเสียก็เพิ่มขึ้นด้วย เนื่องจากค่ากระแสไฟฟ้าที่สูงขึ้นนั่นเอง พิจารณาจากตารางที่ 2 - 1 หน้า 20

ตารางที่ 2 - 1 การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำเมื่อแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนเปลี่ยนไป

รายการตรวจวัด	การเปลี่ยนแปลงของแรงดัน (Voltage Fluctuation)	
	แรงดันตก 10 %	แรงดันเพิ่ม 10 %
<ul style="list-style-type: none"> <li>แรงบิดตอนเริ่มเดินเครื่อง (Starting Torque), แรงบิดสูงสุด (Maximum Torque)</li> </ul>	-19%	+21%
<ul style="list-style-type: none"> <li>ความเร็วซิงโครนัส (Synchronous Speed)</li> </ul>	ไม่มีการเปลี่ยนแปลง	ไม่มีการเปลี่ยนแปลง
<ul style="list-style-type: none"> <li>% สลิป (Slip)</li> </ul>	+23%	-17%
<ul style="list-style-type: none"> <li>ความเร็วรอบที่เต็มพิกัดโหลด (Speed at Full-Load)</li> </ul>	-15%	+1%
<ul style="list-style-type: none"> <li>ประสิทธิภาพเต็มพิกัดโหลด (Full Load Efficiency)</li> </ul>	-2%	เพิ่มขึ้นเล็กน้อย
<ul style="list-style-type: none"> <li>ตัวประกอบกำลังไฟฟ้าเต็มพิกัดโหลด (Full Load Power Factor)</li> </ul>	+1%	-3%
<ul style="list-style-type: none"> <li>กระแสเต็มพิกัดโหลด (Full Load current)</li> </ul>	+11%	-7%
<ul style="list-style-type: none"> <li>กระแสตอนเริ่มเดินเครื่อง (Starting Current)</li> </ul>	-10% ถึง -12%	+10% ถึง +12%
<ul style="list-style-type: none"> <li>การเพิ่มของอุณหภูมิที่เต็มพิกัดโหลด (Temperature Rising at Full Load)</li> </ul>	+6 ถึง +7 องศาเซลเซียส	-1 ถึง -2 องศาเซลเซียส
<ul style="list-style-type: none"> <li>การรบกวนของสนามแม่เหล็ก (Magnetic Noise)</li> </ul>	ลดลงเล็กน้อย	เพิ่มขึ้นเล็กน้อย

ในกรณีของไฟฟ้าแสงสว่างไม่ว่าจะเป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์ หรือหลอดไอปรอทความดันไอสูง (High Pressure Mercury Lamp) อายุการใช้งานจะสั้นลงอย่างเห็นได้ชัด ถ้าแรงดันไฟฟ้าสูงกว่าหรือต่ำกว่าค่าแรงดันพิกัด ในกรณีของหลอดไส้ธรรมดา (Incandescent) อายุการใช้งานจะแปรผกผันกับค่าแรงดันไฟฟ้ายกกำลังสอง สำหรับอุปกรณ์ให้ความร้อนด้วยไฟฟ้า (Electric Heater) ปริมาณความร้อนจะเปลี่ยนไปตามค่ากำลังสองของแรงดันไฟฟ้า นั่นคือ ถ้าแรงดันไฟฟ้าตก ปริมาณความร้อนก็จะน้อยลงเป็นสัดส่วนกัน

หากใช้หม้อแปลงไฟฟ้าแรงต่ำหรือสายเมนซึ่งมีโหลดต่ออยู่มาก การจ่ายแรงดันให้พอดีกับแรงดันพิกัดของโหลดทุกตัวนั้นเป็นเรื่องที่ทำได้ยาก การเลือกใช้หม้อแปลงไฟฟ้าที่มีจุดแยก (Tap) และการวางตำแหน่งหม้อแปลงไฟฟ้าให้เหมาะสม จะช่วยแก้ปัญหาเหล่านี้ได้

การที่แรงดันไฟฟ้ามีค่าไม่เหมาะสมจะก่อให้เกิดการสูญเสียพลังงานที่ตัวหม้อแปลงไฟฟ้าเพิ่มขึ้น มอเตอร์ในโรงงานทั่วไป ส่วนใหญ่อยู่ในสภาพโหลด 50 - 80% ของพิกัด ส่วนมอเตอร์ที่ใช้งานเต็มพิกัดโหลด (Full Load) จะมีน้อย ดังนั้น การเปลี่ยนแปลงของแรงดันไฟฟ้าจะมีผลต่อมอเตอร์เหนี่ยวนำที่สภาพโหลดต่างๆ กันอีกด้วย ซึ่งดูได้จากตารางที่ 2 - 2

ตารางที่ 2 - 2 ค่าการเปลี่ยนแปลงของแรงดันไฟฟ้าที่มีผลต่อมอเตอร์เหนี่ยวนำที่สภาพโหลดต่างกัน

รายการตรวจวัด		การเปลี่ยนแปลงของแรงดัน (Voltage Fluctuation)	
		แรงดันตก 10%	แรงดันเพิ่ม 10%
ประสิทธิภาพ (Efficiency)	โหลดเต็มพิกัด	-2 %	เพิ่มขึ้นเล็กน้อย
	3/4 ของโหลดเต็มพิกัด	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง
	1/2 ของโหลดเต็มพิกัด	+1 ถึง +2 %	-1 ถึง -2 %
ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (Power Factor)	โหลดเต็มพิกัด	-1 %	-3 %
	3/4 ของโหลดเต็มพิกัด	+2 ถึง +3 %	-4 %
	1/2 ของโหลดเต็มพิกัด	+4 ถึง +5 %	-5 ถึง -6 %

การเปลี่ยนแปลงของแรงดันไฟฟ้าจะต้องพิจารณาควบคู่ไปกับความไม่สมดุลของแรงดันไฟฟ้าในแต่ละเฟสของระบบไฟฟ้าด้วย เพราะความไม่สมดุลของแรงดันไฟฟ้าจะส่งผลมาก

โดยทั่วไปการเปลี่ยนแปลงของแรงดันไฟฟ้าเกิดขึ้นเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของโหลดในระบบ การทำให้แรงดันไฟฟ้ามีการเปลี่ยนแปลงน้อยลง อาจทำได้โดยการใช้หม้อแปลงไฟฟ้าและสายไฟที่มีขนาดใหญ่เพียงพอ หรืออาจติดตั้งตัวเก็บประจุไฟฟ้าไว้ที่ปลายสายจ่ายก่อนเข้าโหลด เพื่อเป็นการลดค่ากระแสแอมป์ที่พิกัดได้

ในกรณีที่การเปลี่ยนแปลงของแรงดันไฟฟ้ามีค่าสูง จะทำให้เกิดไฟฟ้ากระพริบ (Flicker) และมอเตอร์จะมีค่าสลิปสูง ขณะเดียวกันอาจทำให้สวิตช์ตัดตอนอัตโนมัติหรือเซอร์กิตเบรกเกอร์ตัดวงจรได้ ก่อให้เกิดปัญหาในการเดินเครื่อง

นอกจากนี้การเกิดสภาพไม่สมดุลของแรงดันไฟฟ้า ยังทำให้ค่ากำลังงานสูญเสียในขดลวดและในแกนเหล็กของมอเตอร์สูงขึ้น อุณหภูมิก็จะสูงขึ้น เสียงจะดังขึ้นและทำให้ประสิทธิภาพต่ำลง ส่งผลให้มอเตอร์ชำรุดในที่สุด

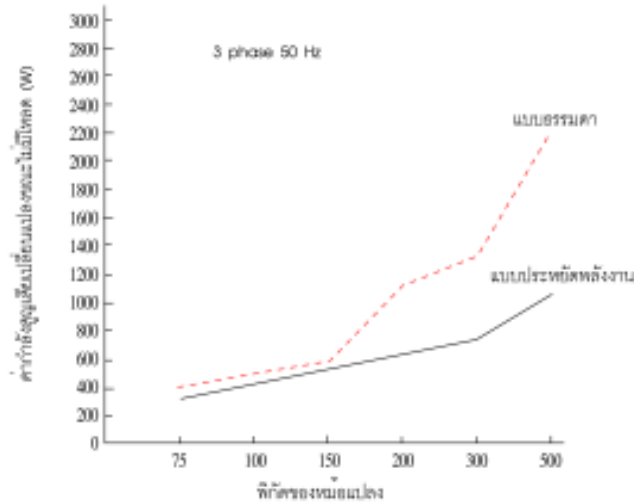
- การปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า

การปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าในหม้อแปลงไฟฟ้าช่วยลดการสูญเสียภายในหม้อแปลงไฟฟ้า ทำให้หม้อแปลงไฟฟ้าสามารถจ่ายโหลดได้เพิ่มขึ้น การปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าที่ดี ควรติดตั้งอุปกรณ์ปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า เช่น ตัวเก็บประจุไฟฟ้า (Capacitor) ไว้ในตำแหน่งที่ใกล้กับโหลดที่มีค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าต่ำ

- การใช้หม้อแปลงไฟฟ้าประสิทธิภาพสูง

หากสถานประกอบการกำลังพิจารณาซื้อหม้อแปลงไฟฟ้าใหม่ ควรเลือกซื้อชนิดที่มีประสิทธิภาพสูง หรือเป็นแบบประหยัดพลังงาน ซึ่งจะมีการสูญเสียใน Core Loss ต่ำกว่าแบบธรรมดา และควรเลือกขนาดที่เหมาะสมกับโหลด หากพิจารณาจากคุณสมบัติของหม้อแปลงไฟฟ้าตามรูปกราฟหน้า 23 แล้ว จะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพของหม้อแปลงไฟฟ้าจะแปรผันตามค่าโหลด ดังนั้นถ้าโรงงานซื้อหม้อแปลงไฟฟ้าขนาดใหญ่เกินไป

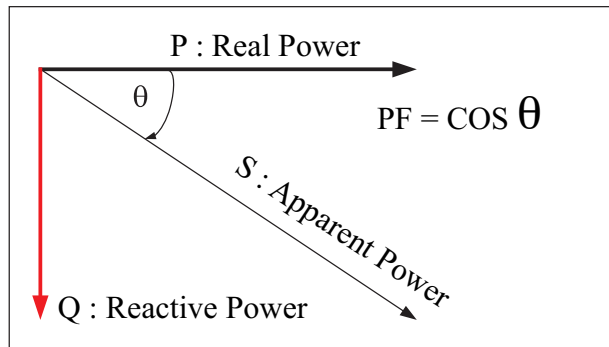
จะทำให้โหลดแพคเตอร์ต่ำและประสิทธิภาพก็ต่ำด้วย ในขณะที่เดียวกันหากโหลดไฟฟ้าของสถานประกอบการมีค่าสูงในระยะเวลาทำงาน 8 ชั่วโมง ส่วนเวลาที่เหลือของวันหนึ่งมีโหลดน้อยมาก ดังนั้น การเลือกใช้หม้อแปลงไฟฟ้าประสิทธิภาพสูงจะทำให้ประหยัดพลังงานได้มาก ดังแสดงในรูปกราฟต่อไปนี้



*เส้นกราฟแสดงกำลังสูญเสียของหม้อแปลงไฟฟ้าที่แบบธรรมดากับแบบประหยัดพลังงาน*

# 3 ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า

หลักของการบริหารจัดการระบบไฟฟ้า คือการลดการสูญเสียกำลังไฟฟ้าในระบบให้อยู่ในระดับต่ำที่สุด ดังนั้นการตรวจสอบ และวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้พลังงานในระบบไฟฟ้าจึงเป็นจุดเริ่มต้นของการจัดการพลังงานที่ดี และการแก้ไขค่า “ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า” (Power Factor) หรือเรียกย่อๆ ว่า ค่า PF ให้มีค่าสูงสุด (เท่ากับ 1) นับเป็นอีกแนวทางหนึ่งของการเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้พลังงานไฟฟ้า และช่วยลดการสูญเสียในระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าด้วย



*การเกิดตัวประกอบกำลังในระบบไฟฟ้า*

ระบบไฟฟ้าที่มีค่า PF มาก (สูงสุด = 1) ส่งผลให้ค่าใช้จ่ายในการใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยลง เนื่องมาจากค่าของกำลังไฟฟ้าปรากฏ (Apparent Power) : S ใกล้เคียงกับค่าของกำลังไฟฟ้าจริง (Real Power หรือ Active Power) : P ทั้งนี้เนื่องจากกำลังไฟฟ้าที่สูญเสียหรือกำลังไฟฟารีแอกทีฟ (Reactive Power) : Q มีค่าน้อยนั่นเอง ระบบไฟฟ้าที่มีค่า PF ต่ำ จะเกิดการสูญเสียพลังงานในระบบมาก ส่งผลให้ต้องเสียค่าใช้จ่ายพลังงานมาก



ดังนั้น การแก้ไขค่า PF สูงขึ้น จะทำให้ค่าไฟฟาลดลง แต่การแก้ไขค่า PF นี้ต้องลงทุนติดตั้งอุปกรณ์เพิ่ม จึงต้องประเมินความคุ้มค่าด้วย โดยพิจารณาเปรียบเทียบเงินลงทุนในการแก้ไขค่า PF กับมูลค่าที่สามารถประหยัดได้จากการแก้ไขค่า PF

## 1. หลักการเบื้องต้น

ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า หมายถึง อัตราส่วนระหว่างกำลังไฟฟ้าจริง (Active Power) มีหน่วยเป็นวัตต์ (W) ต่อกำลังไฟฟ้าปรากฏ (Apparent Power) มีหน่วยเป็นโวลต์-แอมป์ (VA) ในระบบไฟฟ้า อุปกรณ์เครื่องมือเครื่องใช้ต่างๆ จะให้ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าต่างกันออกไปแล้วแต่คุณสมบัติของอุปกรณ์นั้นๆ ดังแสดงในตารางที่ 3 - 1 ทำให้โรงงานและอาคารที่ใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าต่างชนิดกันมีค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าต่างกัน (ตารางที่ 3 - 2 หน้า 26)

ตารางที่ 3 - 1 ตัวประกอบกำลังไฟฟ้าของอุปกรณ์ไฟฟ้า

อุปกรณ์ไฟฟ้า	PF (%)
เตาหลอมโลหะแบบเหนี่ยวนำ	30 - 70
เครื่องเชื่อมแบบอาร์ก	35 - 60
เครื่องเชื่อมแบบความต้านทาน	40 - 60
เครื่องกลึง	40 - 65
เครื่องปั๊มโลหะแบบความเร็วสูง	45 - 60
เครื่องอัด (Compressor)	50 - 80
หลอดฟลูออเรสเซนต์และหลอด HID	50 - 70
เครื่องจักรทอผ้า	60 - 70
เครื่องปั๊มโลหะธรรมดา	60 - 70
เครื่องพ่นลมหรือพ่นสี	60 - 65
เตาหลอมโลหะแบบอาร์ก	65 - 75

ตารางที่ 3 - 2 ตัวประกอบกำลังไฟฟ้าของโรงงานและอาคารประเภทต่างๆ

ประเภทโรงงานอุตสาหกรรม	PF (%)
เส้นผ้า	35 - 60
สี	55 - 65
พลาสติก	55 - 70
ขึ้นรูปโลหะ	60 - 70
เครื่องจักรกล	60 - 75
โลหะการ	65 - 70
ชุบหรือเคลือบโลหะด้วยไฟฟ้า	65 - 70
เคมี	65 - 75
ทอผ้า	65 - 75
เหล็กกล้า	65 - 75
เหมืองถ่าน	65 - 80
ตีหรือเผาเหล็ก	70 - 80
ขึ้นส่วนรถยนต์	75 - 80
หล่อโลหะ	75 - 80
โรงเบียร์	78 - 80
ซีเมนต์	80 - 85
อาคารพาณิชย์	80 - 85

สาเหตุที่ทำให้ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าต่ำ ส่วนใหญ่เกิดจากโหลดของมอเตอร์ต่ำกว่าระดับพิกัดโหลด (Run at Under Load) หรือเกิดจากอุปกรณ์ที่เป็นโหลดแบบเหนี่ยวนำอื่นๆ เช่น เตาทอโลหะแบบเหนี่ยวนำ

(Induction Furnace) ตัวเรียงกระแส (Rectifier) สำหรับแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง และหลอดฟลูออเรสเซนต์ เป็นต้น โดยสามารถเขียนสมการตัวประกอบกำลังไฟฟ้าได้ดังนี้

$$\text{ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า} = \frac{\text{กำลังไฟฟ้าจริง}}{\text{กำลังไฟฟ้าปรากฏ}}$$

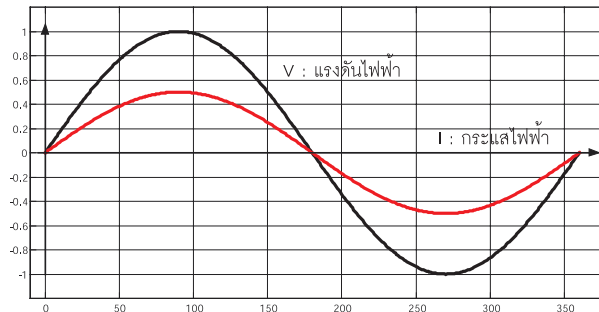
$$PF = \frac{V \times I \times \cos \theta}{V \times I} = \cos \theta$$

โดย  $V$  = แรงดันไฟฟ้า (V)

$I$  = กระแสไฟฟ้า (A)

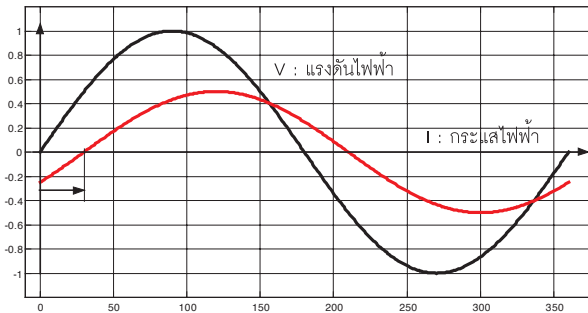
$\theta$  = มุมแตกต่างระหว่างกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้า

กำลังไฟฟ้าจริง (Active Power) สามารถหาได้โดยใช้วัตต์มิเตอร์ (Wattmeter) วัดวงจร และหาค่าโวลต์-แอมป์ของกำลังไฟฟ้าปรากฏได้ โดยวัดค่าแรงดันและกระแสไฟฟ้าด้วยโวลต์มิเตอร์ (Voltmeter) และแอมป์มิเตอร์ (Ammeter) ในระบบไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) ถ้าหาค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าเป็น 100% แล้วผลคูณระหว่างแรงดันกับกระแสไฟฟ้าคือโวลต์-แอมป์ จะเท่ากับค่าวัตต์พอดี กระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้า จะมีทิศทางเดียวกัน (Inphase) ดังรูป A



รูป A แรงดันไฟฟ้าที่มีทิศทางกับกับกระแสไฟฟ้า (Inphase)

แต่ถ้าผลคูณระหว่างแรงดันไฟฟ้ากับกระแสไฟฟ้ามากกว่าค่าวัตต์ ตัวประกอบกำลังไฟฟ้าของระบบจะน้อยกว่า 100% กระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าจะต่างเฟสกัน ดังรูป B



**รูป B แรงดันไฟฟ้าต่างเฟสกับกระแสไฟฟ้า**

จากรูป B แสดงถึงแรงดันไฟฟ้าต่างเฟสกับกระแสไฟฟ้าเป็นมุม  $\theta$  โดยที่ค่า Cosine ของมุม  $\theta$  คือค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า หรือกล่าวได้ว่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าเป็นค่าที่เกิดจากความสัมพันธ์ของกำลังไฟฟ้า 3 ชนิด คือ

1.1 กำลังไฟฟ้าปรากฏ (Apparent Power : S) คือกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับวงจรหรือโหลด มีหน่วยเป็น โวลต์-แอมป์ (VA) หรือ กิโลโวลต์-แอมแปร์ (kVA) ซึ่งสามารถวัดค่าได้จากโวลต์มิเตอร์ (Voltmeter) และแอมป์มิเตอร์ (Ammeter) หรือคำนวณได้จากสูตร

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

โดย  $S$  = กำลังไฟฟ้าปรากฏ (VA)

$P$  = กำลังไฟฟ้าจริง (W)

$Q$  = กำลังไฟฟารีแอกทีฟ (Var)

1.2 กำลังไฟฟ้าจริง (Active or Actual or Average or True Power : P) คือกำลังไฟฟ้าที่ใช้งานจริง เช่น การขับเคลื่อนลิฟท์ขนของ การขับเคลื่อนสายพาน เป็นต้น มีหน่วยเป็นวัตต์ (W) หรือ กิโลวัตต์ (kW) ซึ่งสามารถวัดได้จากวัตต์มิเตอร์ (Wattmeter) หรือคำนวณได้จากสูตร

$$P = VI \cos\theta$$

โดย  $P$  = กำลังไฟฟ้าจริง (W)

$V$  = แรงดันไฟฟ้า (V)

$I$  = กระแสไฟฟ้า (A)

$\theta$  = มุมแตกต่างระหว่างกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้า

1.3 กำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ (Reactive Power : Q) คือพลังงานที่ใช้ในการสร้างสนามแม่เหล็ก เป็นกำลังไฟฟ้าที่ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ หรือเป็นกำลังไฟฟ้าที่สูญเสียไป เช่น พลังงานที่ไหลผ่านแกนเหล็กของหม้อแปลงไฟฟ้า หรือผ่าน Air Gap ของ อินдукชันมอเตอร์ (Induction motor) เป็นต้น มีหน่วยเป็น วาร์ (Var) หรือกิโลวาร์ (kVar) สามารถวัดค่าได้จาก วาร์มิเตอร์ (Var meter) หรือคำนวณได้จากสูตร

$$Q = VI \sin\theta$$

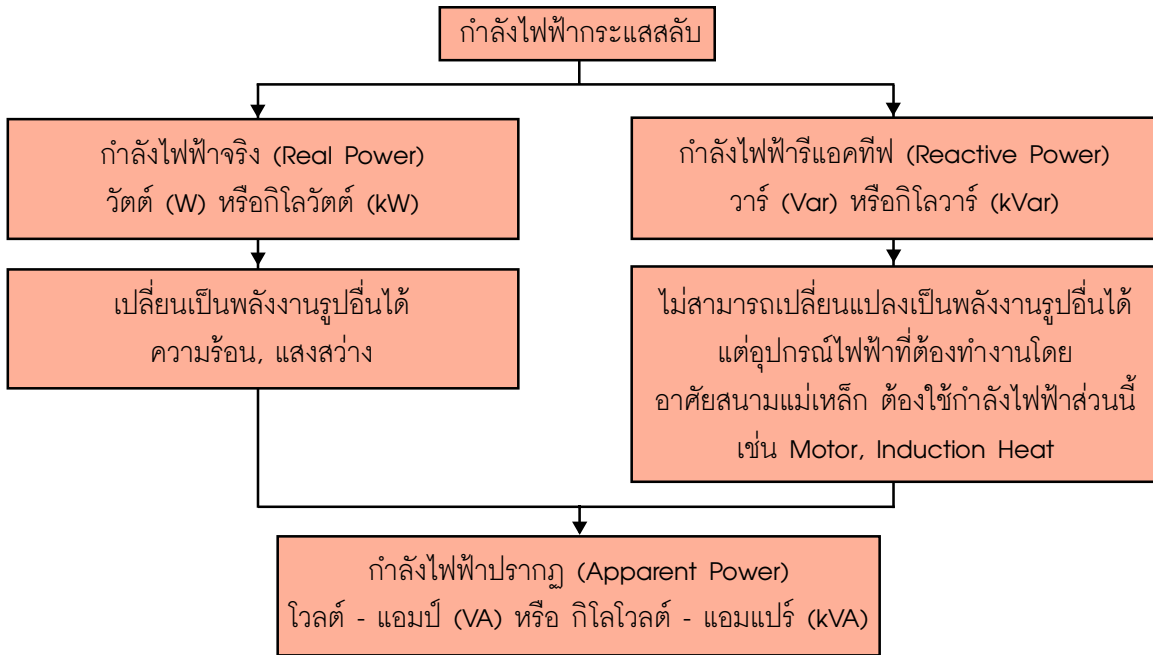
โดย  $Q$  = กำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ (Var)

$V$  = แรงดันไฟฟ้า (V)

$I$  = กระแสไฟฟ้า (A)

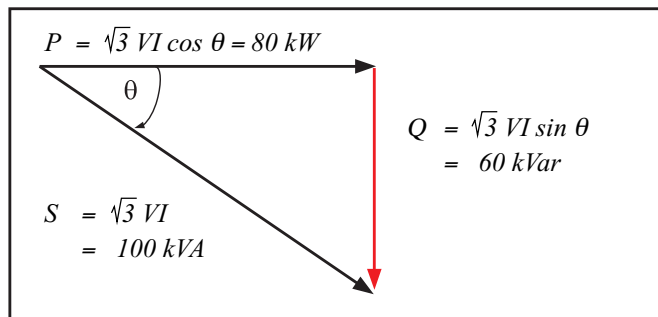
$\theta$  = มุมแตกต่างระหว่างกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้า

ความสัมพันธ์ของกำลังไฟฟ้าทั้งสามนี้สามารถเขียนเป็นแผนภูมิได้ ดังแสดงในรูป C หน้า 30



รูป C ความสัมพันธ์ของกำลังไฟฟ้าในระบบไฟฟ้ากำลัง

หรือสามารถเขียนเป็น Vector Diagram ได้ดังแสดงในรูป D ซึ่งมีตัวประกอบกำลังไฟฟ้าเท่ากับ 80%



รูป D Vector Diagram แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังงาน 3 ชนิด ในระบบไฟฟ้ากำลัง

จาก Vector Diagram ซึ่งมีค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า ( $\cos\theta$ ) เท่ากับ 0.8 เมื่อต้องการใช้กำลังไฟฟ้าจริง 80 kW จะต้องติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้า (Transformer) ที่มีขนาดอย่างน้อย 100 kVA แต่ถ้ามุม  $\theta$  ให้เล็กลงได้มากเท่าไรก็จะทำให้ค่า kVar ลดลงได้มากเท่านั้น ทำให้ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าสูงขึ้นและจำนวน kVA ที่ต้องการก็จะลดลงมีขนาดใกล้เคียงกับกำลังไฟฟ้าจริง 80 kW

สาเหตุที่ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าต่ำลง เนื่องจากกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านอุปกรณ์ไฟฟ้ามีลักษณะเกิดขึ้นล่าช้าหลังแรงดันไฟฟ้า (Lag) หรือกระแสไฟฟ้าเกิดก่อนแรงดันไฟฟ้า (Lead) แต่โดยทั่วไปในโรงงานอุตสาหกรรมกระแสไฟฟ้าจะล่าช้าหลังแรงดันไฟฟ้า (Lag) เพราะส่วนใหญ่ในโรงงานจะเป็นโหลดแบบเหนี่ยวนำ (Inductive Load) หรืออุปกรณ์ที่มีขดลวดไฟฟ้าเป็นองค์ประกอบ เช่น สว่านไฟฟ้า เครื่องกลึง และอุปกรณ์ที่ใช้มอเตอร์แบบเหนี่ยวนำไฟฟ้า (Induction Motor) ต่างๆ ซึ่งมีความเหนี่ยวนำของแม่เหล็กไฟฟ้า (Self-Inductance) และขดลวด จะทำให้กระแสไฟฟ้าล่าช้าหลังแรงดันไฟฟ้า (Lag) สภาวะเช่นนี้เรียกว่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าล่าช้า (Lagging Power Factor) ส่วนอุปกรณ์ไฟฟ้าที่เป็นโหลดแบบเก็บประจุไฟฟ้า (Capacitive Load) เช่น ซิงโครนัสคอนเดนเซอร์ (Synchronous Condenser) และตัวเก็บประจุไฟฟ้า (Capacitor) จะทำให้กระแสไฟฟ้าเกิดก่อนแรงดันไฟฟ้า (Lead) สภาวะเช่นนี้เรียกว่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าล้ำหน้า (Leading Power Factor)

## 2. ผลของค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าต่ำ

โรงงานอุตสาหกรรมหรืออาคารที่ใช้พลังงานไฟฟ้าที่มีค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าต่ำ จะต้องเสียค่าใช้จ่ายในด้านต่างๆ เพิ่มขึ้นดังต่อไปนี้

### 2.1 จ่ายค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า

สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีตัวประกอบพลังไฟฟ้าล่าช้า (Lag) ในรอบเดือนใดที่ผู้ใช้ไฟฟ้ามีความต้องการพลังไฟฟ้ารีแอคทีฟ (Reactive Power) เฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุด (Maximum 15 Minute kVar Demand) เกินกว่าร้อยละ 63 ของความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ย (Average or Active Power) ใน 15 นาทีที่สูงสุด เมื่อคิดเป็น

กิโลวัตต์ (Maximum 15 Minute kW Demand) แล้ว เฉพาะส่วนที่เกินจะต้องเสียค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า ในอัตรา กิโลวาร์ละ 14.02 บาท ให้การไฟฟ้า สำหรับการเรียกเก็บเงินในรอบเดือนนั้น เศษของกิโลวาร์ถ้าไม่ถึง 0.5 กิโลวาร์ให้ตัดทิ้ง แต่เศษตั้งแต่ 0.5 กิโลวาร์ขึ้นไป คิดเป็น 1 กิโลวาร์

## 2.2 การใช้ไฟฟ้าต่อเดือน (kWh/เดือน) เพิ่มขึ้น

ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าที่แตกต่างกันจะมีการสูญเสียในระบบต่างกัน ยิ่งค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าต่ำเท่าใด การสูญเสียกำลังไฟฟ้าก็มีค่ามากขึ้น ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าที่ต่ำทำให้ต้องใช้กระแสไฟฟ้าเพิ่มส่งผลให้เกิดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าสูงขึ้นและทำให้ค่าใช้จ่ายด้านไฟฟ้าสูงขึ้นตามไปด้วย

## 2.3 เงินลงทุนค่าอุปกรณ์สูงขึ้น

นอกจากค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าต่ำจะทำให้ต้องใช้กระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้นและทำให้เกิดพลังงานสูญเสียเพิ่มขึ้นแล้ว ยังทำให้ต้องใช้ขนาดสายไฟฟ้า หม้อแปลงไฟฟ้า และอุปกรณ์ป้องกันขนาดใหญ่ขึ้นด้วย ดังแสดงในตารางที่ 3 - 3 ตารางที่ 3 - 3 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวประกอบกำลังไฟฟ้าที่ลดลง กระแสไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น และกำลังไฟฟ้าที่สูญเสียไป

ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า ( % )	กระแสไฟฟ้าปกติ ( A )	กระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้น (%)	ขนาดสายที่เพิ่มขึ้น และกำลังไฟฟ้าสูญเสีย (%)
100	100	0	0
90	111	11	23
80	125	25	56
70	143	43	104
60	167	67	179
50	200	100	300
40	250	150	525



## ตัวอย่างที่ 1

มอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส 380 โวลต์ ขนาด 10 กิโลวัตต์ มีประสิทธิภาพ 90% และค่า PF 0.85 เมื่อทำงานเต็มที่ ให้คำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้าก่อนและหลังปรับปรุง PF เป็น 1

### วิธีทำ

กระแสไฟฟ้าเมื่อมอเตอร์ทำงานเต็มที่ ก่อนปรับปรุงค่า PF

$$I_1 = \frac{P}{\sqrt{3} \times E \times \cos \theta} \times \frac{1}{\eta} \qquad I_1 = \frac{10 \times 1,000}{\sqrt{3} \times 380 \times 0.85} \times \frac{1}{0.9} = 19.86 \text{ A}$$

หลังปรับปรุงค่า PF จาก 0.85 เป็น 1

$$I_2 = \frac{P}{\sqrt{3} \times E \times \cos \theta} \times \frac{1}{\eta} \qquad I_2 = \frac{10 \times 1,000}{\sqrt{3} \times 380 \times 1.0} \times \frac{1}{0.9} = 16.88 \text{ A}$$

ดังนั้น กระแสไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นก่อนการปรับปรุงค่า PF คิดเป็น  $19.86/16.88 = 117.6 \%$

## 2.4 ทำให้แรงดันไฟฟ้าตก

ในระบบที่มีค่า PF ต่ำ จะทำให้แรงดันไฟฟ้าในระบบต่ำกว่าปกติ เนื่องจากกระแสไฟฟ้าที่สูงเป็นผลทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมระหว่างสายส่ง

## 3. วิธีแก้ไขค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า

หากโรงงานอุตสาหกรรมหรืออาคารใดมีอุปกรณ์ไฟฟ้าที่เป็นโหลดแบบเหนี่ยวนำ (Inductive Load) หรือเป็นโหลดแบบเก็บประจุไฟฟ้า (Capacitive Load) ชนิดใดชนิดหนึ่งเพียงอย่างเดียว จะทำให้ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าต่ำ แต่ถ้านำอุปกรณ์สองประเภทนี้มาใช้ร่วมกันในอัตราที่เหมาะสมจะทำให้ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าสูงถึง 95 - 100% ซึ่งวิธีนี้เรียกว่า วิธีการแก้ไขค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า

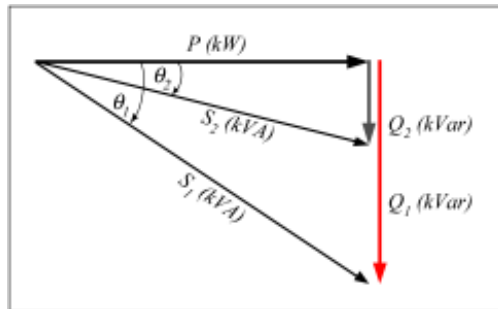
การแก้ไขค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าก็คือการเพิ่มค่า  $\cos \theta$  หรือลดมุม  $\theta$  ที่แตกต่างกันระหว่างแรงดันไฟฟ้ากับกระแสไฟฟ้าให้มีค่าน้อยที่สุด เพื่อเพิ่มค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ให้ใกล้เคียง 1 มากที่สุด การแก้ไขค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าล้าหลัง (Lagging Power Factor) ให้มีค่าสูงขึ้นสามารถทำได้ 2 วิธี คือ

### 3.1 การใช้ตัวเก็บประจุไฟฟ้า (Capacitor)

การใช้ตัวเก็บประจุไฟฟ้า (Capacitor) ต่อเข้าไปในระบบไฟฟ้านั้น มีประโยชน์หลายอย่าง นอกจากจะ ช่วยแก้ไขค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าของโหลดให้สูงขึ้นแล้ว ยังช่วยทำให้แรงดันไฟฟ้าดีขึ้น กล่าวอีกนัยหนึ่งคือการ ช่วยลด Var Flow ออกจากระบบไฟฟ้า หรือออกจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้านั้นเอง เพราะตัวเก็บประจุไฟฟ้าเป็น อุปกรณ์ที่ช่วยจ่ายกำลังไฟฟ้รีแอกทีฟให้แก่ระบบไฟฟ้า อีกทั้งยังมีประโยชน์อื่น ๆ เช่น ช่วยป้องกันการจ่ายไฟฟ้า จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหรือจากหม้อแปลงไฟฟ้าเกินกำลัง ช่วยลดความสูญเสียในระบบไฟฟ้า ช่วยรักษาระดับ แรงดันไฟฟ้าให้อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมและไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก

- ขนาดของตัวเก็บประจุไฟฟ้าที่เหมาะสม

การใช้ตัวเก็บประจุไฟฟ้าให้เกิดประโยชน์ในการแก้ไขค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าให้สูงขึ้นนั้น ต้องเลือกขนาด ให้เหมาะสม



#### ความสัมพันธ์ของกำลังไฟฟ้าที่เกิดจากโหลดแบบเหนี่ยวนำ (Inductive Load)

เมื่อพิจารณาจากรูปความสัมพันธ์ของกำลังไฟฟ้าที่เกิดจากการโหลดแบบเหนี่ยวนำ (Inductive Load) กำลัง ไฟฟ้รีแอกทีฟ มีหน่วยเป็นกิโลวาร์ (kVar) จะถูกนำมาสร้างสนามแม่เหล็ก อีกส่วนหนึ่งคือ กำลังไฟฟ้าจริง มี หน่วยเป็นกิโลวัตต์ (kW) จะถูกนำมาใช้งานจริงๆ สมมติว่าโหลดที่  $PF = \cos \theta_1$  และต้องการแก้ไขให้  $PF$  สูงขึ้น เป็น  $PF = \cos \theta_2$

จากสมการตัวประกอบกำลัง

$$PF = \frac{kW}{kVA} = \cos \theta_2 \quad \text{และ} \quad \tan \theta_2 = \frac{Q_1}{P} = \frac{kVar}{kW}$$

$$Q_1 = P \times \tan \theta_1 = kW \times \tan \theta_1$$

$$Q_2 = P \times \tan \theta_2 = kW \times \tan \theta_2$$

ดังนั้น ขนาดของตัวเก็บประจุไฟฟ้าที่นำมาแก้ไขค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าให้สูงขึ้น จะมีค่าเท่ากับ

$$\text{ขนาดของตัวเก็บประจุไฟฟ้า (kVar)} = Q_1 - Q_2 = kW \tan \theta_1 - kW \tan \theta_2 = kW(\tan \theta_1 - \tan \theta_2)$$

หรือสามารถหาขนาดของตัวเก็บประจุไฟฟ้าได้จากตารางที่ 3 - 4 หน้า 38 ซึ่งสามารถปรับปรุค่า PF ตั้งแต่ 80 - 100% โดยเลือกค่า PF ก่อนแก้ไขจากแนวตั้งของตาราง และเลือกค่า PF ที่ต้องการตามแนวนอนของตาราง จะได้ตัวคูณที่ใช้ในการหาขนาดของตัวเก็บประจุไฟฟ้าได้ ดังนี้

$$\text{ขนาดตัวเก็บประจุไฟฟ้า (kVar)} = kW \times \text{ตัวคูณที่อ่านได้จากตารางที่ 3 - 4}$$

## ตัวอย่างที่ 2

เครื่องสูบน้ำใช้มอเตอร์ขนาด 37 kW ที่ 380 โวลต์ มีประสิทธิภาพ 88% และค่า  $PF = 0.72$  สายไฟฟ้าที่ใช้มีขนาด  $35 \text{ mm}^2$  มีความยาว 180 เมตร จากตู้จ่ายไฟฟ้า (มีค่าความต้านทานประมาณ 0.0005 โอห์มต่อความยาว 1 เมตร) เครื่องสูบน้ำนี้ทำงาน 600 ชั่วโมงต่อเดือน ค่าพลังงานไฟฟ้าหน่วยละ 1.0582 บาท ในเดือนหนึ่งๆ จะประหยัดค่าไฟฟ้าได้เท่าใด ถ้าปรับปรุค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าจาก 0.72 เป็น 0.95 (คิดเฉพาะค่าไฟฟ้าที่ต้องเสียไปเนื่องจากการสูญเสียในสายไฟฟ้าเท่านั้น)

## วิธีทำ

คำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้าในสายไฟ ความต้านทานของสายไฟฟ้า และกำลังสูญเสียเมื่อค่า  $PF = 0.72$  และ  $PF = 0.95$  จะได้ค่ากระแสไฟฟ้าเท่ากับ

$$I_{0.72} = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times PF} \times \frac{1}{\eta} = \frac{37,000}{\sqrt{3} \times 380 \times 0.88 \times 0.72} = 88.724 \text{ A}$$

$$I_{0.95} = \frac{37,000}{\sqrt{3} \times 380 \times 0.95} \times \frac{1}{0.88} = 67.244 \text{ A}$$

ค่าความต้านทานของสายไฟฟ้า  $R_{\text{line}} = 0.0005 \times 180 = 0.09 \ \Omega$

ดังนั้น กำลังสูญเสียที่เกิดขึ้นในขณะที่มีค่า  $PF = 0.72$  และ  $PF = 0.95$  คือ

$$P_{\text{Loss } PF=0.72} = 3I_{\text{Line}}^2 R_{\text{Line}} = 3 \times 88.724^2 \times 0.09 = 2125.4 \text{ W}$$

$$P_{\text{Loss } PF=0.95} = 3 \times 67.2^2 \times 0.09 = 1,220.8 \text{ W}$$

กำลังไฟฟ้าสูญเสียลดลง 904.5 วัตต์

คิดเป็นค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ในแต่ละเดือนเท่ากับ  $= \frac{1.0582 \times 904.5 \times 600}{1,000} = 574.33$  บาท/เดือน

### ตัวอย่างที่ 3

หม้อแปลงไฟฟ้าลูกหนึ่งจ่ายไฟให้โหลด 10,000 kW และโหลดมี  $PF$  0.7 ถ้าต้องการแก้  $PF$  ของโหลดให้เป็น 0.9 จะต้องใช้ตัวเก็บประจุไฟฟ้ากี่กิโลวาร์ (kVar) และจะเป็นการแบ่งเบากำลังไฟฟ้าที่จ่ายออกจากหม้อแปลงไฟฟ้าเท่าไร

#### วิธีที่ 1

$$PF = 0.7, \quad \cos \theta_1 = 0.7, \quad \tan \theta_1 = 1.0202$$

$$\text{จาก} \quad Q_1 = \text{kw} \times \tan \theta_1$$

$$PF = 0.9, \quad \cos \theta_2 = 0.9, \quad \tan \theta_2 = 0.4843$$

$$\text{จาก} \quad Q_2 = \text{kw} \times \tan \theta_2$$

ดังนั้น ขนาดของตัวเก็บประจุไฟฟ้าที่ต้องใช้จะมีค่า  $= 10,000 \text{ kW} (1.0202 - 0.4843) = 5,358.82$  กิโลวาร์

$$\text{kVA}_1, S_1 = \frac{10,000}{0.7} = 14,286 \text{ kVA} \quad \text{และ} \quad \text{kVA}_2, S_2 = \frac{10,000}{0.9} = 11,111 \text{ kVA}$$

$$\therefore \text{จะแบ่งเบาการจ่ายไฟฟ้าออกจากหม้อแปลงไฟฟ้าได้} = 14,286 - 11,111 = 3,175 \text{ kVA}$$

วิธีที่ 2 โดยใช้ตารางหาค่าตัวเก็บประจุไฟฟ้า

แก้ PF จาก 0.7 เป็น 0.9 จะได้ตัวคูณจากตาราง เท่ากับ 0.536

$$\begin{aligned} \therefore \text{ขนาดตัวเก็บประจุไฟฟ้า (kVar)} &= \text{kW} \times \text{ตัวคูณจากตารางที่ 3 - 4} \\ &= 10,000 \times 0.536 = 5,360 \text{ kVar} \end{aligned}$$

วิธีการจากตารางที่ 4 - 4 นี้สามารถใช้หาขนาดตัวเก็บประจุไฟฟ้าเพื่อที่จะปรับปรุง PF ตั้งแต่ 80 - 100% ได้โดยใช้สูตร ดังนี้

$$\text{ขนาดตัวเก็บประจุไฟฟ้า (kVar)} = \text{kW} \times \text{ตัวคูณที่อ่านได้จากตารางที่ 3 - 4}$$

ตารางที่ 3 - 4 ค่าในการคำนวณหาขนาดตัวเก็บประจุไฟฟ้า

		ตัวประกอบกำลังไฟฟ้าที่ต้องการ (%)										
		80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
ตัวประกอบกำลังไฟฟ้าเดิม (%)	50	.982	1.008	1.034	1.060	1.086	1.112	1.319	1.165	1.192	1.220	1.248
	51	.936	.962	.988	1.014	1.040	1.066	1.093	1.119	1.146	1.174	1.202
	52	.894	.920	.946	.972	.998	1.024	1.051	1.077	1.104	1.132	1.160
	53	.850	.876	.902	.928	.954	.980	1.007	1.033	1.060	1.088	1.116
	54	.809	.835	.861	.887	.913	.939	.966	.992	1.019	1.047	1.075
	55	.769	.795	.821	.847	.873	.899	.926	.952	.979	1.007	1.035
	56	.730	.756	.782	.808	.834	.860	.887	.913	.940	.968	.996
	57	.692	.718	.744	.770	.796	.822	.849	.875	.902	.930	.958
	58	.655	.681	.707	.733	.759	.785	.812	.838	.865	.893	.921
	59	.618	.644	.670	.696	.722	.748	.775	.801	.828	.856	.884
	60	.584	.610	.636	.662	.688	.714	.741	.767	.794	.822	.849
	61	.549	.575	.601	.627	.653	.679	.706	.732	.759	.787	.815
	62	.515	.541	.567	.593	.619	.645	.672	.698	.725	.753	.781
	63	.483	.509	.535	.561	.587	.613	.640	.666	.693	.72	.749
	64	.450	.476	.502	.528	.554	.580	.607	.633	.660	.688	.716
	65	.416	.445	.471	.497	.523	.549	.576	.602	.629	.657	.685
	66	.388	.414	.440	.466	.492	.518	.545	.571	.598	.626	.654
	67	.358	.384	.410	.436	.462	.488	.515	.541	.568	.596	.624
	68	.329	.355	.381	.407	.433	.459	.486	.512	.539	.567	.595
	69	.299	.325	.351	.377	.403	.429	.456	.482	.509	.537	.565
70	.270	.296	.322	.348	.374	.400	.427	.453	.480	.508	.536	

ตารางที่ 3 - 4 ค่าในการคำนวณหาขนาดตัวเก็บประจุไฟฟ้า (ต่อ)

ตัวประกอบกำลังไฟฟ้าที่ต้องการ (%)												
ตัวประกอบกำลังไฟฟ้าเดิม (%)	71	.242	.268	.294	.320	.346	.372	.399	.425	.452	.480	.508
	72	.213	.239	.265	.291	.317	.343	.370	.396	.423	.451	.479
	73	.186	.212	.238	.264	.290	.316	.343	.369	.396	.424	.452
	74	.159	.185	.211	.237	.263	.289	.316	.342	.369	.397	.425
	75	.132	.158	.184	.210	.236	.262	.289	.315	.342	.370	.398
	76	.105	.131	.157	.183	.209	.235	.262	.288	.315	.343	.371
	77	.079	.105	.131	.157	.183	.209	.236	.262	.289	.317	.345
	78	.053	.079	.105	.131	.157	.183	.210	.236	.263	.291	.398
	79	.026	.052	.078	.104	.130	.156	.183	.209	.236	.264	.292
	80	.000	.026	.052	.078	.104	.130	.157	.183	.210	.238	.266
	81	-	.000	.026	.052	.078	.104	.131	.157	.184	.212	.240
	82	-	-	.000	.026	.052	.078	.105	.131	.158	.186	.214
	83	-	-	-	.000	.026	.052	.079	.105	.132	.160	.188
	84	-	-	-	-	.000	.026	.053	.079	.106	.134	.162
	85	-	-	-	-	-	.000	.027	.053	.080	.108	.136
		91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	
	50	1.276	1.303	1.337	1.369	1.402	1.441	1.481	1.529	1.590	1.732	
	51	1.230	1.257	1.291	1.320	1.357	1.395	1.435	1.483	1.544	1.686	
	52	1.188	1.215	1.249	1.281	1.315	1.353	1.393	1.441	1.502	1.644	
	53	1.144	1.171	1.205	1.237	1.271	1.309	1.349	1.397	1.458	1.600	
	54	1.103	1.130	1.164	1.196	1.230	1.268	1.308	1.356	1.417	1.559	
	55	1.063	1.090	1.124	1.156	1.190	1.228	1.268	1.316	1.377	1.519	

ตารางที่ 3 - 4 ค่าในการคำนวณหาขนาดตัวเก็บประจุไฟฟ้า (ต่อ)

		ตัวประกอบกำลังไฟฟ้าที่ต้องการ (%)									
ตัวประกอบกำลังไฟฟ้าเดิม (%)	56	1.024	1.051	1.085	1.117	1.151	1.189	1.229	1.277	1.338	1.480
	57	.986	1.013	1.047	1.079	1.113	1.151	1.191	1.239	1.300	1.442
	58	.949	.976	1.010	1.042	1.076	1.114	1.154	1.202	1.263	1.405
	59	.912	.939	.973	1.005	1.039	1.077	1.117	1.165	1.226	1.368
	60	.809	.905	.939	.971	1.005	1.043	1.083	1.131	1.192	1.334
	61	.843	.870	.904	.936	.970	1.008	1.048	1.096	1.157	1.299
	62	.809	.836	.870	.902	.936	.974	1.104	1.062	1.123	1.265
	63	.777	.804	.838	.870	.904	.942	.982	1.030	1.091	1.233
	64	.744	.771	.805	.837	.871	.909	.949	.997	1.058	1.200
	65	.713	.704	.774	.806	.804	.878	.918	.966	1.027	1.169
	66	.682	.709	.743	.775	.809	.847	.887	.935	.996	1.138
	67	.652	.679	.713	.745	.779	.817	.857	.905	.996	1.108
	68	.623	.650	.684	.716	.750	.788	.828	.876	.937	1.079
	69	.593	.620	.654	.686	.720	.785	.786	.840	.907	1.049
	70	.564	.591	.625	.657	.691	.729	.769	.811	.878	1.020
	71	.536	.563	.597	.629	.663	.701	.741	.783	.850	.992
	72	.507	.543	.568	.600	.634	.672	.712	.754	.821	.963
	73	.480	.507	.541	.573	.607	.645	.685	.727	.794	.934
	74	.453	.480	.514	.546	.580	.618	.658	.700	.767	.909
	75	.426	.453	.487	.519	.553	.591	.631	.673	.740	.882
76	.399	.426	.460	.492	.526	.564	.604	.652	.713	.856	
77	.373	.400	.434	.466	.500	.538	.578	.620	.687	.829	



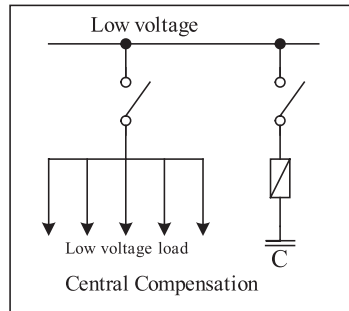
ตารางที่ 3 - 4 ค่าในการคำนวณหาขนาดตัวเก็บประจุไฟฟ้า (ต่อ)

ตัวประกอบกำลังไฟฟ้าที่ต้องการ (%)											
ตัวประกอบกำลังไฟฟ้าเดิม (%)	78	.347	.374	.408	.440	.474	.512	.552	.594	.661	.803
	79	.320	.347	.381	.413	.447	.485	.525	.567	.634	.776
	80	.294	.321	.355	.387	.421	.459	.499	.541	.808	.750
	81	.268	.295	.329	.361	.395	.433	.473	.515	.582	.724
	82	.242	.269	.303	.335	.369	.407	.447	.489	.556	.698
	83	.216	.243	.277	.309	.343	.381	.421	.463	.530	.672
	84	.190	.217	.251	.283	.317	.355	.395	.437	.504	.645
	85	.164	.191	.225	.257	.291	.329	.369	.417	.478	.620

- การติดตั้งตัวเก็บประจุไฟฟ้า

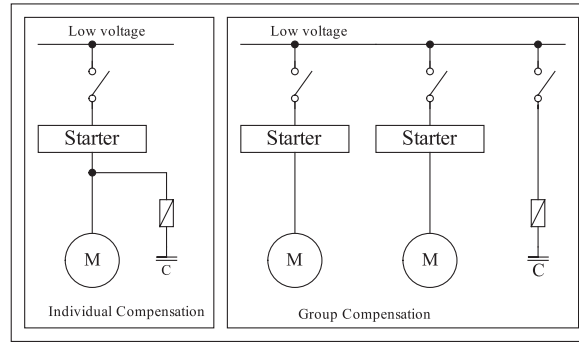
ในการหาตำแหน่งที่เหมาะสมสำหรับติดตั้งตัวเก็บประจุไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้านั้น ต้องพิจารณาหลายด้านด้วยกัน ทั้งในด้านเศรษฐศาสตร์ ด้านเทคนิคและการติดตั้งสำหรับระบบเดิมที่มีอยู่ หรือติดตั้งใหม่ ตัวเก็บประจุไฟฟ้าสามารถจะติดตั้งได้หลายตำแหน่งในวงจร โดยแบ่งการติดตั้งออกเป็น 2 ลักษณะ ดังนี้

1) การติดตั้งแบบศูนย์กลางที่จุดเดียว (Central Compensation) เพื่อแก้ไขค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้รวมของโรงงานหรืออาคาร ดังแสดงในรูป E



*รูป E การติดตั้งตัวเก็บประจุไฟฟ้าแบบศูนย์กลาง*

2) การติดตั้งเป็นกลุ่มย่อยหรือที่มอเตอร์เป็นรายตัว (Individual Compensation) เพื่อแก้ไขค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าแต่ละจุดของโรงงานหรืออาคาร ดังแสดงในรูป F



**รูป F การติดตั้งตัวเก็บประจุไฟฟ้าบนแกนแต่ละจุด**

การติดตั้งเป็นกลุ่มหรือเฉพาะตัวนี้จะต้องพิจารณาจุดที่ต่อเข้ากับมอเตอร์ด้วย เพราะประสิทธิภาพในการแก้ตัวประกอบกำลังไฟฟ้าของตัวเก็บประจุไฟฟ้า ขึ้นอยู่กับระยะทางจากจุดที่ทำการติดตั้งมายังตัวโหลดหรือมอเตอร์ ประสิทธิภาพในการแก้ตัวประกอบกำลังไฟฟ้าจะดีที่สุดหากติดตั้งตัวเก็บประจุไฟฟ้าที่โหลดหรือมอเตอร์

การตัดสินใจเลือกวิธีติดตั้งตัวเก็บประจุไฟฟ้าวิธีหนึ่งวิธีใดมาใช้เพื่อแก้ไขค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าที่โรงงานหรืออาคารใดจะต้องพิจารณาอย่างรอบคอบ เช่น พิจารณาถึงลักษณะของโรงงาน ลักษณะโหลดส่วนใหญ่ที่ใช้ ลักษณะการทำงานของเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ไฟฟ้าและเงินลงทุน ซึ่งต้องศึกษาอย่างละเอียดว่าวิธีใดจะมีโอกาสคุ้มทุนมากกว่ากัน

ในโรงงานอุตสาหกรรมและอาคารส่วนใหญ่แล้ว จะประกอบด้วยโหลดที่มีขนาดเล็ก ๆ จำนวนมาก แต่ด้วยเหตุที่พิกัดของตัวเก็บประจุไฟฟ้ามีขนาดเป็นมาตรฐาน (Standard Size) ในทางปฏิบัติจะหาตัวเก็บประจุไฟฟ้าขนาดกิโลวัตต์ที่ถูกต้องแต่ละโหลดไม่ได้ และโดยทั่วไปแล้วโหลดต่างๆ เหล่านี้ก็ได้ทำงานพร้อมกัน เหตุนี้จึงควรติดตั้งตัวเก็บประจุไฟฟ้าเพียงจุดเดียว ณ ตำแหน่งซึ่งเป็นจุดรวมของโหลดทั้งหมด (รูป E) ซึ่งกรณีเช่นนี้จะต้องมีสวิตช์ตัดหรือต่อตัวเก็บประจุไฟฟ้าเข้ากับโหลดทั้งหมดหรือบางส่วน ตามสภาวะของโหลดได้โดยอัตโนมัติ

ตัวอย่างเช่น ถ้าหากเพียง 50% ของมอเตอร์โหลดทั้งหมดทำงานพร้อมกันในเวลาเดียวกัน ตัวเก็บประจุไฟฟ้าเพียงครั้งหนึ่งในจุดนั้นเท่านั้นที่จะถูกต่อเข้าในวงจรโหลด อีกครั้งหนึ่งจะถูกตัดออก แต่ถ้าไม่มีสวิตช์ควบคุมการปิด-เปิดตัวเก็บประจุไฟฟ้าโดยอัตโนมัติ และโหลดทำงานไม่พร้อมกันแล้ว ก็ควรติดตั้งตัวเก็บประจุไฟฟ้าขนานเข้ากับโหลดแต่ละตัว

โดยปกติแล้วแม้ไม่มีโหลด หม้อแปลงไฟฟ้าก็ต้องสร้างสนามแม่เหล็กที่เป็นกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟอยู่ ดังนั้น การติดตั้งตัวเก็บประจุไฟฟ้าเพื่อลดกำลังรีแอกทีฟในช่วงไม่มีโหลด โดยต่อตรงเข้าทางด้านแรงดันต่ำ หรือด้านทุติยภูมิ (Secondary) ของหม้อแปลงไฟฟ้าอย่างถาวร ไม่เพียงช่วยประหยัดพลังงานเท่านั้น แต่ยังช่วยลดขนาดตัวเก็บประจุไฟฟ้าที่ใช้ปรับปรุค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าของระบบอีกด้วย ซึ่งการติดตั้งตัวเก็บประจุไฟฟ้าจะเป็นแบบผสม กล่าวคือ โหลดใหญ่ๆ จะติดตั้งตัวเก็บประจุไฟฟ้าที่โหลดแต่ละชุด ส่วนโหลดอื่นๆ จะติดตั้งแบบกลุ่มหรือแบบศูนย์กลาง ส่วนตัวเก็บประจุไฟฟ้าที่ติดตั้งที่หม้อแปลงไฟฟ้าเป็นเพียงการแก้ไขค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าของหม้อแปลงไฟฟ้าเท่านั้น

#### ● ข้อดีและข้อเสียของการใช้ตัวเก็บประจุไฟฟ้า

##### ข้อดี

1. เพิ่มประสิทธิภาพ โดยมีความสูญเสียน้อยกว่า 0.33%
2. เงินลงทุนต่ำสามารถนำมาใช้ในระบบที่มีขนาดเล็กได้
3. มีความยืดหยุ่นมาก เพราะสามารถเปลี่ยนแปลงการทำงานของตัวเก็บประจุไฟฟ้าให้สอดคล้องกับโหลดที่เปลี่ยนแปลงได้
4. ไม่มีส่วนที่เคลื่อนที่ได้ไม่มีเสียงดังในการทำงาน การเสื่อมสภาพการทำงานต่ำ และไม่ต้องมีการบำรุงรักษา
5. สามารถติดตั้งในบริเวณใดก็ได้ ใช้เนื้อที่ในการติดตั้งน้อย
6. ปลอดภัยและต่อเข้ากับโหลดได้รวดเร็วและง่าย สามารถเปลี่ยนจากโหลดตัวหนึ่งไปยังอีกตัวหนึ่งได้

## ข้อเสีย

1. การเกิดแรงดันเกิน (Over Voltage) เมื่อปลดโหลดออก ดังนั้น จึงควรติดตั้งระบบควบคุมการขาดเซย์ตัวประกอบกำลังไฟฟ้าอัตโนมัติ

2. การเกิดเรโซแนนซ์ (Resonance) เมื่อใช้กับโหลดที่มีฮาร์โมนิก (Harmonic) ทำให้อุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ที่ต่ออยู่ในระบบเกิดความเสียหาย ทำงานผิดพลาดหรือมีอายุการใช้งานสั้นลง

### ● ข้อควรระวังในการใช้ตัวเก็บประจุไฟฟ้า

1. เมื่อติดตั้งตัวเก็บประจุไฟฟ้าที่จุดใดแล้ว แรงดันไฟฟ้าที่จุดนั้นจะมีค่าสูงขึ้นกว่าเดิม ดังนั้น การเลือกขนาดพิคัดของตัวเก็บประจุไฟฟ้าจะต้องคำนึงถึงเรื่องนี้ด้วย

2. จุดที่ติดตั้งตัวเก็บประจุไฟฟ้าควรมีการระบายความร้อนดีพอสมควร เพราะความร้อนที่สูงจะทำให้อายุการใช้งานของตัวเก็บประจุไฟฟ้าสั้นลง

3. การติดตั้งตัวเก็บประจุไฟฟ้าเข้ากับมอเตอร์โดยตรง ต้องเลือกขนาดตัวเก็บประจุไฟฟ้าให้ดี และต้องติดตั้งให้ถูกวิธี มิฉะนั้นมอเตอร์จะเสียหายได้

4. ถ้าจะติดตั้งตัวเก็บประจุไฟฟ้าเข้าชุด (Capacitor Bank) ควรใช้แบบควบคุมอัตโนมัติ เพื่อป้องกันอันตรายจากแรงดันเกินที่เกิดขึ้นจากการต่อตัวเก็บประจุไฟฟ้าเข้าไปในระบบมากเกินไป

5. อุปกรณ์ไฟฟ้าบางอย่าง เช่น วงจรเรียงกระแสและเตาเผาแบบอาร์ค สร้างฮาร์โมนิกเข้าไปในระบบ เมื่อต้องการติดตั้งตัวเก็บประจุไฟฟ้าต้องระวังปัญหาที่อาจจะเกิดจากฮาร์โมนิก ซึ่งจะเกิดสภาวะเรโซแนนซ์และจะทำให้ตัวเก็บประจุไฟฟ้าเสียหายทันที ในกรณีนี้ต้องให้วิศวกรผู้เชี่ยวชาญช่วยออกแบบชุดตัวเก็บประจุไฟฟ้า พร้อมอุปกรณ์ป้องกันขึ้นเป็นพิเศษ

### 3.2 การใช้ซิงโครนัสมอเตอร์ (Synchronous Motor)

การแก้ไขค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าอีกวิธีหนึ่งสามารถทำได้โดยใช้ซิงโครนัสมอเตอร์ (Synchronous Motor) ขับโหลดเชิงกล (Mechanical Load) ในโรงงาน โดยเป็นการติดตั้งแทนมอเตอร์เหนี่ยวนำ (Induction Motor) ที่ใช้งานอยู่เดิมหรือติดตั้งขึ้นมาใหม่เมื่อโรงงานมีการขยายงานเพิ่มขึ้น ซิงโครนัสมอเตอร์มีประสิทธิภาพการทำงานสูง เหมาะกับโหลดที่ต้องการประสิทธิภาพด้านความเร็วที่มีความคงที่สูงมีขนาดอย่างต่ำ 20 แรงม้า (HP) ขึ้นไป แต่การแก้ไขค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าในโรงงานจะเกิดขึ้นต่อเมื่อซิงโครนัสมอเตอร์เริ่มทำงานเท่านั้น หรือจะใช้ซิงโครนัสมอเตอร์แก้ไขค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าอย่างเดียวโดยไม่ใช้กับโหลดในโรงงานก็ได้ วิธีนี้นิยมใช้กันในระบบใหญ่ๆ ที่มีขนาด ตั้งแต่ 7,500 kVA ขึ้นไป ถ้าเป็นระบบที่เล็กกว่านั้นจะเป็นการลงทุนที่สูงกว่าวิธีอื่นมาก

# 4 สรุป

การจัดการด้านการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นกิจกรรมหนึ่ง ซึ่งควรรณรงค์แก่สถานประกอบการต่างๆ โดยส่งเสริมและกระตุ้นจิตสำนึกแก่ทุกคน ให้เกิดความร่วมมือร่วมใจดำเนินการอย่างเต็มที่ ด้วยเหตุที่กิจกรรมประเภทนี้จะช่วยลดต้นทุนการผลิต ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานโดยตรง และช่วยชะลอการสร้างโรงไฟฟ้าใหม่ได้ ดังนั้น การจัดการด้านการใช้พลังงานไฟฟ้าจึงถือได้ว่าเป็นจุดเริ่มต้นในการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ

วิธีการและแนวทางการแก้ไขค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าที่กล่าวมาข้างต้นนั้น เป็นวิธีหนึ่งที่โรงงานอุตสาหกรรมและอาคาร สามารถนำไปใช้เพื่อช่วยลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้า แต่ต้องมีการติดตั้งอุปกรณ์ซึ่งมีการลงทุนที่สูงพอสมควร โดยเฉพาะในบางหน่วยงานที่มีความจำเป็นในการแก้ไขปัญหาค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า และไม่ต้องก่อให้เกิดการสูญเสียกำลังไฟฟ้า หรือพยายามให้เกิดน้อยที่สุด มักใช้ระบบไมโครโปรเซสเซอร์เข้ามาควบคุมและประมวลผล เพื่อควบคุมอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กำลังต่างๆ ส่งผลให้การทำงานเป็นไปอย่างรวดเร็ว และมีประสิทธิภาพมากขึ้น รวมทั้งยังสามารถพัฒนาระบบได้ทั้งด้านฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ ซึ่งใช้ได้ผลดีกับระบบไฟฟ้าขนาดกลางจนถึงขนาดใหญ่ การดำเนินการจะต้องทำการพิจารณาอย่างรอบคอบ แต่อย่างไรก็ตามในระยะยาวแล้วการแก้ไขค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้านับเป็นการลงทุนที่คุ้มค่า

## เอกสารอ้างอิง

1. คู่มือผู้จัดการพลังงานที่ดี (The Good Energy Manager's Guide), แนวทางการปฏิบัติงานที่ดีในการจัดการด้านพลังงาน, ศูนย์ทรัพยากรฝึกอบรมเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน, กองฝึกอบรม, กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.
2. การควบคุมค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด (I12), เอกสารเผยแพร่, สำนักกำกับและอนุรักษ์พลังงาน, กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.
3. การประหยัดไฟฟ้าในระบบหม้อแปลงไฟฟ้า (I3), เอกสารเผยแพร่, สำนักกำกับและอนุรักษ์พลังงาน, กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.
4. คุณจะต้องจ่ายค่าไฟฟ้าเดือนละเท่าไร (B8), เอกสารเผยแพร่, พิมพ์ครั้งที่ 7, สำนักกำกับและอนุรักษ์พลังงาน, กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, กันยายน 2542.
5. การลดค่าใช้จ่ายด้วยการประหยัดพลังงาน (I7), เอกสารเผยแพร่, สำนักกำกับและอนุรักษ์พลังงาน, กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.



6. สุรสิทธิ์ ทองจันทร์พทย์, ลดค่าไฟฟ้าโดยการแก้เพาเวอร์แฟคเตอร์, เทคนิคเครื่องกลไฟฟ้า - อุตสาหกรรม, ฉบับที่ 149, หน้า 115 - 122, กรกฎาคม 2540.
7. ไชยยะ เข้มชัย, เพิ่มค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ : แล้วได้อะไรขึ้นมา, เทคนิคเครื่องกลไฟฟ้า - อุตสาหกรรม, ฉบับที่ 68, หน้า 89 - 100, มกราคม 2534.
8. ศิริพรรณ ธงชัย, การประหยัดพลังงาน, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2535.
9. ขวัญชัย กุลสันติธำรงค์, การปรับปรุงคุณภาพพลังงานไฟฟ้าและเพาเวอร์แฟคเตอร์, เทคนิคเครื่องกลไฟฟ้า - อุตสาหกรรม, ฉบับที่ 104, หน้า 72 - 76, กันยายน 2541.
10. สุทธิพงศ์ ศรีปฐมานุรักษ์, เทคนิคการชดเชยเพาเวอร์แฟคเตอร์, เซมิคอนดักเตอร์อิเล็กทรอนิกส์, ฉบับที่ 131, หน้า 131 - 134, กันยายน 2536.
11. การแก้ไข Power Factor ในโรงงานอุตสาหกรรม (I3), เอกสารเผยแพร่, สำนักกำกับและอนุรักษ์พลังงาน, กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.

● พิมพ์ครั้งที่ 1 จำนวน 5,000 เล่ม พ.ศ. 2547

● พิมพ์ครั้งที่ 2 (ฉบับปรับปรุง) จำนวน 2,000 เล่ม พ.ศ. 2548

# พัฒนาพลังงานไทย ลดใช้พลังงานชาติ



**กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน**

**กระทรวงพลังงาน**

**[www.dede.go.th](http://www.dede.go.th)**

**หน่วยลูกค้าสัมพันธ์**

17 ถนนพระราม 1 เชียงสะพานกษัตริย์ศึก ยศเส ปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

โทรศัพท์ 0-2226-2311 โทรสาร 0-2226-3943 E-mail: [dedeoss@dede.go.th](mailto:dedeoss@dede.go.th)