**หน่วยที่ 6**

**การปรับปรุงตัวประกอบกำลัง**

**และการออกแบบวงจรตัวเก็บประจุ**

**บทเรียน เรื่อง การปรับปรุงตัวประกอบกำลังไฟฟ้า**

**จุดประสงค์การสอน**

6.1 วางแผนการปรับปรุงตัวประกอบกำลังไฟฟ้า

6.1.1 อธิบายเกี่ยวกับกำลังไฟฟ้า

6.1.2 อธิบายค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า

6.1.3 ออกแบบการปรับปรุงตัวประกอบกำลังไฟฟ้า

6.1.4 อธิบายประโยชน์ที่ได้รับจากการปรับปรุงตัวประกอบกำลังไฟฟ้า

**6.1 การปรับปรุงตัวประกอบกำลังไฟฟ้า**

โหลดของระบบไฟฟ้ากระแสสลับหลายชนิด ต้องการกำลังไฟฟ้าจริง (kW) และกำลังไฟฟ้าเสมือน (KVAr) ในการทำงาน ทำให้ระบบไฟฟ้าโดยรวมมีตัวประกอบกำลัง (P.F.) ค่อนค้างต่ำ การปรับปรุงตัวประกอบกำลังไฟฟ้า เป็นการติดตั้งตัวเก็บประจุไฟฟ้า (Capacitors) เข้าไปในระบบ เพื่อชดเชยกำลังไฟฟ้าที่สูญเสียไป

**6.1.1 กำลังไฟฟ้า**

โดยทั่วไปแล้วกำลังงานในระบบไฟฟ้ากระแสสลับสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนด้วยกันคือกำลังงานจริง (Real or Active Power) มีหน่วยเป็นวัตต์หรือกิโลวัตต์ (W or kW) เป็นกำลังงาน ที่สามารถเปลี่ยนแปลงโดยอุปกรณ์ไฟฟ้าไปเป็นพลังงานรูปอื่นได้ เช่นความร้อนแสงสว่างหรือพลังงานกลกำลังงานส่วนนี้เกิดจากกระแสไฟฟ้าใช้งาน (Active Current) และอีกส่วนหนึ่งคือกำลังงาน รีแอกตีฟ (Reactive Power) มีหน่วยเป็นวาร์หรือกิโลวาร์ (VAR or kVAR) เป็นกำลังงานที่ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงไปเป็นพลังงานรูปอื่นได้แต่อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต้องทำงานโดยอาศัยสนามแม่เหล็ก เช่น หม้อแปลง มอเตอร์ บัลลาสต์ เป็นต้น ต้องใช้กำลังรีแอกตีฟนี้สร้างสนามแม่เหล็กถ้าไม่มีสนามแม่เหล็กอุปกรณ์จะไม่สามารถทำงานได้ กำลังงานในส่วนนี้เกิดจากกระแสไฟฟ้า รีแอกตีฟ (Reactive Current) ผลรวมทางเวกเตอร์ของกำลังงานทั้งสองเรียกว่ากำลังงานปรากฎ (Apparent Power) มีหน่วยเป็นโวลต์แอมแปร์หรือกิโลโวลต์แอมแปร์ (VA or kVA) เป็นกำลังงานที่แหล่งจ่ายกำลังงานไฟฟ้าต้องจ่ายให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ และมีขนาดเท่ากับผลคูณของกระแสไฟฟ้าในวงจรกับแรงดันของแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้ากำลังงานทั้งสามสามารถเขียนเป็นสามเหลี่ยมกำลังไฟฟ้าได้ ดังแสดงในภาพที่ 6.1



**ภาพที่ 6.1** ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้ากระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้า

**6.1.2 ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (Power Factor ; PF)**

ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าหรือค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ (Power Factor ; PF) คืออัตราส่วนของกำลังงานจริง (Real or Active Power) ต่อกำลังงานปรากฎ (Apparent Power) ในวงจรไฟฟ้าใด ๆ จะมีค่าเปลี่ยนแปลงได้ตั้งแต่ 0 ถึง 1 ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้านี้ยิ่งมีค่าสูงยิ่งดีถ้ามีค่าต่ำกว่า 0.85 จะต้องเสียค่าปรับเนื่องจากตัวประกอบกำลังไฟฟ้าให้กับการไฟฟ้าฯ โดยคิดจากกิโลวาร์ที่เกิน 61.97 % ของค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดในรอบเดือนนั้น

|  |  |
| --- | --- |
|  | (6.1) |

จากสามเหลี่ยมกำลังไฟฟ้ากำลังไฟฟ้าปรากฎ

|  |  |
| --- | --- |
|  | (6.2) |

ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า สำหรับเขียนในรูปของกระแส และแรงดันได้ดังนี้

ระบบ 1 เฟส : P.F. = 

ระบบ 3 เฟส : P.F. = 

**ตัวอย่างที่ 6.1** โรงงานแห่งหนึ่งมีโหลด 600 kW 800 kVAr กำลังไฟฟ้าเสมือนจะเป็นเท่าใด

**วิธีทำ**

kVA = 

= 

= 1,000

**ตัวอย่างที่ 6.2** P.F. โรงงานแห่งหนึ่งตามตัวอย่างที่ 6.1 มีค่าเท่าใด

**วิธีทำ**

P.F = 

= 

= 0.6  100

= 60 %

**ตัวอย่างที่ 6.3** โรงงานแห่งหนึ่งใช้ไฟ 400 V, 3 , 4 W วัดกระแสได้ 1,000 A และกำลังไฟฟ้าจริงได้ 400 kW, P.F. มีค่าเท่าใด

**วิธีทำ**

Real Power = 400 kW

Apparent Power = 

= 692.82 kVA

P.F. = 

= 

= 0.57  100

= 57 %

ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าแบบนำหน้า (Leading) หรือแบบตามหลัง (Lagging)

ถ้ากำลังไฟฟ้าจริง และกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ ไหลในทิศทางเดียวกันเข้าไปที่จุดอ้างดิน จะถือว่าระบบมีค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าแบบนำหน้า เฟสเซอร์ของกระแสจะตามหลังแรงดันด้วยมุม 

ถ้ากำลังไฟฟ้าจริง และกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ ไหลในทิศทางตรงกันข้ามเข้าไปที่จุดอ้างดิน จะถือว่าระบบมีค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าแบบตามหลัง เฟสเซอร์ของกระแสจะนำหน้าแรงดันด้วยมุม 

อุปกรณ์ไฟฟ้าส่วนใหญ่จะมีค่าตัวประกอบกำลังแบบตามหลัง เนื่องจากต้องการทั้งกำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟจากระบบ



**ภาพที่ 6.2** แผนภาพเฟสเซอร์กระแสและแรงดัน

**6.1.3 การปรับปรุงตัวประกอบกำลังไฟฟ้า**

ในทางปฏิบัติการปรับปรุงตัวประกอบกำลังไฟฟ้าให้มีค่าสูงขึ้นนิยมใช้ตัวคาปาซิเตอร์ต่อขนานเข้ากับโหลดเพื่อจ่ายกำลังงานรีแอกตีฟ (Reactive Power) ให้กับโหลดพิจารณาสามเหลี่ยมกำลังไฟฟ้าภาพที่ 6.3



**ภาพที่ 6.3** สามเหลี่ยมกำลังไฟฟ้า

กำหนดให้

ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าเดิม = cos

ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าที่ปรับปรุง = cos

โดย 

kVAR (เดิม) = kW  tan

kVAR (ใหม่) = kW  tan

kVAR ของคาปาซิเตอร์ที่ต้องใช้ = kW  (tan – tan)

**ตัวอย่างที่ 6.4** โรงงานแห่งหนึ่งมีโหลดทางไฟฟ้า 600 kW และมีค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า 70 % ถ้าต้องการเพิ่มค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าเป็น 90 % จะต้องติดตั้งขนาดของคาปาซิเตอร์เท่าใด

**วิธีทำ**

P.F. (เดิม) = 70 % = cos 

cos  = 0.7   = 45.6o

P.F. (ใหม่) = 90 % = cos 

cos  = 0.9   = 25.8o

ขนาดของคาปาซิเตอร์ = kW x (tan  - tan )

= 600 x (tan 45.6 o - tan 25.8 o)

= 323 kVAr

การหาค่าตัวคูณ (tan  - tan ) สามารถเปิดจากตารางภาคผนวกก็ได้ จากตัวอย่างข้างต้นตัวคูณมีค่าเท่ากับ 0.54 ดังนั้น ขนาดของคาปาซิเตอร์ที่ใช้ = 600 x 0.54 = 324 kVAr

**หมายเหตุ** เนื่องจากโหลดทางไฟฟ้าในโรงงานจะมีค่าไม่คงทีตลอดเวลา ดังนั้นการติดตั้งคาปาซิเตอร์เพื่อเพิ่มค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า จำเป็นต้องมีระบบควบคุมเพื่อใช้ในการตัดต่อตัวคาปาซิเตอร์ ให้เหมาะสมกับโหลดด้วย

เพื่อความสะดวก จึงได้ทำตารางไว้สำหรับช่วยหาขนาดของคาปาซิเตอร์ โดยมีวิธีใช้ดังนี้ จากตัวอย่างที่ผ่านมาทำการอ่านค่าตัวประกอบกำลังก่อนและหลังการปรับปรุงจากแนวตั้งและแนวนอนของตารางที่ 6.1 มาตัดกันค่าที่อ่านได้จะเป็น kVAr/kW ดังนั้นขนาดที่แท้จริงของ คาปาซิเตอร์ซึ่งใช้ปรับปรุงจะต้องนำค่า kW ของโหลดมาคูณเข้าไปด้วย

**ตารางที่ 6.1** ตารางการหาค่าการปรับปรุงตัวประกอบกำลัง

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| cos | เพาเวอร์แฟกเตอร์ cos | | | | | | | | | | |
| 0.80 | 0.82 | 0.85 | 0.87 | 0.90 | 0.92 | 0.94 | 0.95 | 0.96 | 0.98 | 1.00 |
| 0.50 | 0.98 | 1.03 | 1.11 | 1.18 | 1.25 | 1.31 | 1.37 | 1.40 | 1.44 | 1.52 | 1.73 |
| 0.52 | 0.89 | 0.94 | 1.02 | 1.08 | 1.16 | 1.22 | 1.28 | 1.31 | 1.35 | 1.43 | 1.64 |
| 0.54 | 0.81 | 0.86 | 0.94 | 0.99 | 1.07 | 1.13 | 1.19 | 1.23 | 1.20 | 1.35 | 1.56 |
| 0.56 | 0.73 | 0.78 | 0.86 | 0.91 | 1.00 | 1.05 | 1.12 | 1.15 | 1.18 | 1.27 | 1.48 |
| 0.58 | 0.65 | 0.70 | 0.78 | 0.85 | 0.92 | 0.98 | 1.04 | 1.07 | 1.11 | 1.19 | 1.40 |
| 0.60 | 0.58 | 0.64 | 0.71 | 0.78 | 0.85 | 0.91 | 0.98 | 1.01 | 1.05 | 1.13 | 1.34 |
| 0.62 | 0.52 | 0.57 | 0.65 | 0.70 | 0,78 | 0.84 | 0.90 | 0.93 | 0.97 | 1.06 | 1.26 |
| 0.64 | 0.45 | 0.50 | 0.58 | 0.63 | 0.72 | 0.77 | 0.83 | 0.87 | 0.90 | 0.99 | 1.20 |
| 0.68 | 0.39 | 0.44 | 0.52 | 0.57 | 0.65 | 0.71 | 0.77 | 0.81 | 0.85 | 0.93 | 1.14 |
| 0.68 | 0.33 | 0.38 | 0.46 | 0.51 | 0.59 | 0.65 | 0.71 | 0.75 | 0.77 | 0.87 | 1.08 |
| 0.70 | 0.27 | 0.32 | 0.40 | 0.45 | 0.53 | 0.59 | 0.66 | 0.69 | 0.73 | 0.81 | 1.02 |
| 0.72 | 0.21 | 0.27 | 0.34 | 0.40 | 0.48 | 0.54 | 0.60 | 0.63 | 0.67 | 0.76 | 0.96 |
| 0.74 | 0.16 | 0.21 | 0.29 | 0.35 | 0.42 | 0.48 | 0.55 | 0.58 | 0.62 | 0.70 | 0.90 |
| 0.76 | 0.10 | 0.16 | 0.24 | 0.29 | 0.37 | 0.43 | 0.49 | 0.52 | 0.56 | 0.65 | 0.85 |
| 0.78 | 0.05 | 0.10 | 0.18 | 0.24 | 0.31 | 0.38 | 0.44 | 0.47 | 0.51 | 0.59 | 0.80 |
| 0.80 |  | 0.05 | 0.13 | 0.18 | 0.26 | 0.32 | 0.39 | 0.42 | 0.46 | 0.54 | 0.75 |
| 0.82 |  |  | 0.08 | 0.13 | 0.21 | 0.27 | 0.33 | 0.37 | 0.40 | 0.49 | 0.69 |
| 0.84 |  |  | 0.03 | 0.09 | 0.16 | 0.22 | 0.28 | 0.32 | 0.35 | 0.44 | 0.64 |
| 0.86 |  |  |  | 0.03 | 0.11 | 0.17 | 0.23 | 0.26 | 0.30 | 0.39 | 0.59 |
| 0.88 |  |  |  |  | 0.06 | 0.11 | 0.18 | 0.21 | 0.25 | 0.33 | 0.54 |
| 0.90 |  |  |  |  |  | 0.06 | 0.12 | 0.15 | 0.19 | 0.27 | 0.48 |
| 0.92 |  |  |  |  |  |  | 0.06 | 0.09 | 0.13 | 0.22 | 0.42 |
| 0.94 |  |  |  |  |  |  |  | 0.03 | 0.07 | 0.16 | 0.36 |
| 0.96 |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 0.09 | 0.28 |
| 0.98 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 0.21 |

**6.1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากการปรับปรุงตัวประกอบกำลังไฟฟ้า**

เมื่อทำการปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าให้มีค่าสูงขึ้นจะเกิดผลดีหลายประการสามารถสรุปได้ดังนี้

1. ระบบไฟฟ้าสามารถรับโหลดได้มากขึ้น

เมื่อค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้ามีค่าสูงขึ้นกระแสที่ไหลอยู่ในระบบระหว่างแหล่งจ่ายไฟกับจุดที่มีการปรับปรุงจะมีค่าลดลงนั่นคือเครื่องจักรต้นกำลังหรืออุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้กำลังไฟฟ้าน้อยลงทำให้สามารถเพิ่มโหลดเข้าไปในระบบได้โดยไม่ทำให้ระบบรับโหลดเกินพิกัด

**ตัวอย่างที่ 6.5** ถ้ากำลังไฟฟ้าจริง (kW) ของโหลดเท่าเดิม กำลังเสมือน (kVA) จะมีค่าลดลงเมื่อ P.F เพิ่มขึ้น ดังตาราง

**วิธีทำ**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| เพาเวอร์แฟคเตอร์ (%) | 60 % | 70 % | 80 % | 90 % | 100 % |
| กำลังไฟฟ้าจริง (kW) | 600 | 600 | 600 | 600 | 600 |
| กำลังไฟฟ้ารีแอคตีฟ (kVAR) | 800 | 612 | 450 | 291 | 0 |
| กำลังไฟฟ้าปรากฎ (kVA) | 1,000 | 857 | 750 | 667 | 600 |

**ตัวอย่างที่ 6.6** ถ้ากำลังไฟฟ้าเสมือน (kVA) ของระบบคงที่ ระบบสามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าจริง (kW) เพิ่มขึ้น ถ้า P.F เพิ่มขึ้น ดังตาราง

**วิธีทำ**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| เพาเวอร์แฟคเตอร์ (%) | 60 % | 70 % | 80 % | 90 % | 100 % |
| กำลังไฟฟ้าจริง (kW) | 360 | 420 | 480 | 540 | 600 |
| กำลังไฟฟ้ารีแอคตีฟ (kVAR) | 480 | 428 | 360 | 262 | 0 |
| กำลังไฟฟ้าปรากฎ (kVA) | 600 | 600 | 600 | 600 | 600 |

2. ระดับแรงดันเพิ่มขึ้น

สายส่งไฟฟ้าโดยทั่ว ๆ ไปที่ใช้กับแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับจะมีคุณสมบัติ ซึ่งแทนได้ด้วยความต้านทานไฟฟ้าต่ออนุกรมกับความเหนียวนำไฟฟ้าโดยปกติจะมีค่าประมาณ 0.4 ถึง 0.9  สำหรับไฟฟ้า 3 เฟสแรงดันตก (Voltage Drop) ในสายส่งสามารถหาได้จาก

|  |  |
| --- | --- |
| =  I (R cos + XL sin) | (6.3) |

เมื่อ I คือ กระแสไฟฟ้าที่ไหลในสายส่ง (A)

R คือ ความต้านทานไฟฟ้าของสายส่ง ()

XL คือ ค่ารีแอกแตนซ์ของสายส่ง ()

 คือ ค่ามุมของตัวประกอบกำลังไฟฟ้า

เมื่อปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าให้สูงขึ้นจะทำให้ค่า I,  และ  มีค่าลดลง

**ตัวอย่างที่ 6.7** มอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส ขนาด 37 kW 380 V 50 Hz มีค่ากระแสเฉลี่ย 75 A และมีค่า PF เท่ากับ 0.82 ติดตั้งอยู่ห่างจากจุดจ่ายไฟฟ้า 150 m ถ้าปรับปรุงค่า PF เป็น 0.95 จงหาแรงดันตก ในสายส่ง (กำหนดให้สายส่งมีค่า R และ XL เท่ากับ 0.424 และ 0.284 /km ตามลำดับ

**วิธีทำ**

จาก  =  I (R cos + XL sin)

ก่อนการปรับปรุง PF = 0.82  cos = 0.82, sin  = 0.572

แทนค่าจะได้

****

= 9.94 V

หลังการปรับปรุง PF = 0.95  cos  = 0.95, sin  = 0.312

กระแสไฟฟ้าลดลงเหลือ = Iเดิม = 

**=** 64.7 A

แทนค่าจะได้

****

= 8.26 V

แรงดันดันตำในหม้อแปลง

เมื่อปรับปรุงตัวประกอบกำลังให้สูงขึ้น แรงดันที่ขั้วทางด้าน Secondary ของหม้อแปลงจะเพิ่มขึ้น % (เพิ่มขึ้น) = Capacitors kVAr x % Transformer Impedance / Transformer kVA = kVAr x Ut / kVA

**ตัวอย่างที่ 6.8** ถ้าติดตั้งตัวเก็บประจุ 200 kVAr เข้ากับหม้อแปลง 1,000 kVA, Ut = 6 % แรงดันจะเพิ่มขึ้นเทาใด

**วิธีทำ**

%(เพิ่มขึ้น) = 

= 

= 1.2 %

3. กำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบลดลง

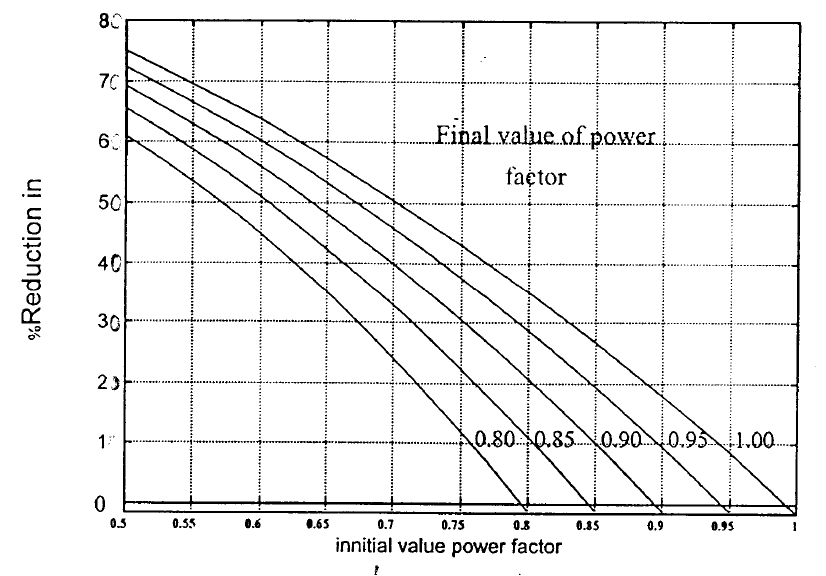
กำลังไฟฟ้าที่สูญเสียในสายไฟต่าง ๆ จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับค่ากระแสยกกำลังสองแต่เนื่องจากกระแสจะลดลงเป็นสัดส่วนโดยตรงกับการปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าดังนั้นกำลังไฟฟ้าที่สูญเสียในสายไฟและอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ จึงเป็นสัดส่วนผกผันกับค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า

|  |  |
| --- | --- |
|  | (6.4) |

เมื่อมี PF มีค่าสูงขึ้นกระแสไฟฟ้า (i) มีค่าลดลง

|  |  |
| --- | --- |
|  | (6.5) |

|  |  |
| --- | --- |
|  | (6.6) |



**ภาพที่ 6.4** กำลังไฟฟ้าสูญเสียที่ลดลงในสายเคเบิล เมื่อปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าให้มีค่าสูงขึ้น

เมื่อปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าให้มีค่าสูงขึ้นจากภาพที่ 6.4 จะเห็นว่าการปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าจาก 0.6 เป็น 0.8 จะลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในสายเคเบิลได้ถึง 44 % และ ถ้าเปลี่ยนจาก 0.6 เป็น 1.0 จะลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียได้ถึง 64 %

**ตัวอย่างที่ 6.9** โรงงานแห่งหนึ่งมีหม้อแปลงขนาด 1,000 kVA และมีโหลดขนาด 600 kW ถ้าปรับปรุงให้ตัวประกอบกำลังไฟฟ้าให้มีค่าเป็น 0.95 กำลังไฟฟ้าสูญเสียจะลดลงเท่าใด (หม้อแปลงมาตรฐานขนาด 1,000 kVA จะมีการสูญเสียกำลังงานในส่วน Copper loss ประมาณ 13,500 W)

**วิธีทำ**

P.F. เดิม =  = 0.6

P.F. ใหม่ = 0.95

กำลังไฟฟ้าสูญเสียที่ลดลง 

= 60.11 %

หรือคิดเป็นกำลังไฟฟ้าสูญเสียที่ลดลง = 0.6011  13,500

= 8,115 W

ถ้าโรงงานแห่งนี้ทำงาน 24 ชั่วโมงต่อวัน 365 วันต่อปี จะประหยัดพลังงานได้

= 

= 71,087.4 kWh/ปี

4. ค่าไฟฟ้าลดลง

เมื่อค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้ามีค่าสูงขึ้นจะมีผลทำให้กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจร มีค่าลดลงกำลังไฟฟ้าที่สูญเสียในระบบไฟฟ้าก็จะมีค่าลดลงและค่าปรับในส่วนของตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (ถ้ามีค่าต่ำกว่า 0.85) ก็ไม่จำเป็นต้องเสียทำให้ค่าไฟฟ้าที่ต้องจ่ายในแต่ละเดือน มีค่าลดลง

- ตามอัตราไฟฟ้าใหม่ได้เพิ่มการปรับค่า kVAr ส่วนเกิน

จาก 14.02 บาท / kVAr เป็น 56.07 บาท / kVAr

ถ้าค่า P.F. ต่ำกว่า 0.85

- สามารถคำนวณค่า kVAr ที่เกินได้จาก

kVAr (Over) = kVAr (Read) – kW (Peak) x 0.6197

ค่า 0.6197 ได้มาจาก

cos  = 0.85, cos  = 31.97o

tam  = 0.6197

- การไฟฟ้าฯ ต้องการ P.F. ไม่ต่ำกว่า 0.85 Lagging

ปัจจุบันในหลายประเทศจะปรับปรุง P.F. ให้ได้ 0.90 – 0.95

**ตัวอย่างที่ 6.10** ผู้ใช้ไฟฟ้า มีการใช้งานดังนี้

ขนาดหม้อแปลง 1,000 kVA 22 kV/400V

Load loss 13.5 kW

ความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด 500 kW

ความต้องการ Reactive Power 510 kVAr

**วิธีทำ**

ค่า kVA = 

= 

= 714

ค่า P.F. = 500 / 714

= 0.70

kVAr (Over) = kVAr (Read) – kW (Peak) x 0.6197

= 510 – 500 x 0.6197

= 200

อัตราค่าไฟฟ้าเดิมโดนปรับ = 200 x 14.20

= 2,804 บาท

อัตราค่าไฟฟ้าใหม่โดนปรับ = 200 x 56.07

= 11,214 บาท

ถ้าปรับปรุงตัวประกอบกำลังให้ได้ประมาณ 0.09

โดยใช้ Capacitor Bank 6 x 50 kVAr

ราคา Capacitor Bank + อุปกรณ์ = 250,000 บาท

จะคืนทุน 250,000 / 11.214 = 22 เดือน

ความจริงจะคืนทุนได้เร็วกว่านี้ ถ้าคิด

Demand Charge

Energy Charge

**วิธีการสอนและกิจกรรม**

1. ผู้สอนบรรยายเนื้อหา
2. นักศึกษาร่วมอภิปราย
3. ผู้สอนตั้งคำถามให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียน
4. นักศึกษาทำแบบฝึกหัด
5. ให้งานที่มอบหมาย

**สื่อการสอน/อุปกรณ์การสอน**

1. หนังสือ

* วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์. **มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2556.** กรุงเทพฯ : วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์, 2556.
* ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์. **การออกแบบระบบไฟฟ้า.** กรุงเทพฯ : โชติอนันต์ ครีเอชั่น, 2556.
* ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์. **คู่มือการออกแบบและติดตั้งระบบไฟฟ้า.** กรุงเทพฯ : สมารัท ดิจิทัล โซลูชั่น, 2556.
* นัฐโชติ รักไทยเจริญชีพ. **เอกสารคำสอน รายวิชา 04-112-313 การออกแบบระบบไฟฟ้า.** กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, 2559.

1. โสตทัศนวัสดุ

* กระดาน
* เครื่องฉายและคอมพิวเตอร์

**งานที่มอบหมาย**

* 1. ทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน
  2. ศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมจากหนังสือที่เกี่ยวกับการปรับปรุงตัวประกอบกำลัง

**การวัดผล**

1. พิจารณาการเข้าชั้นเรียนตามเวลากำหนด สนใจเรียนและเข้าร่วมกิจกรรมการเรียน
2. ตรวจแบบฝึกหัด การซักถาม-ตอบ

**แบบฝึกหัด**

* 1. จงอธิบายกำลังไฟฟ้าคืออะไร
  2. จงอธิบายข้อดีของการปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลัง
  3. โรงงานแห่งหนึ่งวัดค่ากำลังไฟฟ้าจริงได้ 600 kW และกำลังไฟฟ้ารีแอกตีฟได้ 800 kVar จงหาค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า
  4. จากบิลค่าไฟฟ้าของโรงงานแห่งหนึ่งในเดือนธันวาคมที่ผ่านมาพบว่ามีค่ากิโลวาร์เท่ากับ 850 kVar และค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดเท่ากับ 1,000 kVar จงพิจารณาว่าต้องเสียค่าปรับจากตัวประกอบกำลังไฟฟ้าหรือไม่และถ้าเสียจะเป็นเงินเท่าใด
  5. โรงงานแห่งหนึ่งมีโหลดทางไฟฟ้า 600 kW และมีค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า 70 % ถ้าต้องการเพิ่มค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าเป็น 90 % จะต้องติดตั้งขนาดของคาปาซิเตอร์เท่าใด
  6. จงอธิบายประโยชน์ของการปรับปรุงตัวประกอบกำลัง