## การแก้เพาเวอร์แฟคเตอร์และการปรับปรุง

**231 การหาค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์**

เพาเวอร์แฟคเตอร์(cos θ) เป็นปัจจัยที่มีผลต่อกำลังไฟฟ้าในวงจร ซึ่งหมายถึงค่าของ cos θ ดังนั้นไม่ว่าแรงดันจะนำหน้าหรือล้าหลังกระแส เพาเวอร์แฟคเตอร์ก็ยังมีค่าเท่ากันคือ เป็น cos θ เสมอ

เมื่อ $Pf. = \cos \theta$

จาก $P = VI \cos \theta$

ดังนั้น $Pf. = \frac{P}{VxI}$

ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ (cos θ) หรือค่าตัวประกอบกำลังจะมีค่าสูงสุดไม่เกิน 1 และจะมีค่าเท่าไรนั้นขึ้นอยู่กับกระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้กับโหลดว่ามีมุม θ ต่างเฟสกับแรงดันไฟฟ้าคร่อมโหลดน้อยหรือมากเพียงไรซึ่งค่านี้คำนวณได้จาก ข้างต้น

ปกติค่าของเพาเวอร์แฟคเตอร์จะเขียนบอกเป็นจุดทศนิยม หรือเป็นเปอร์เซ็นต์ ดังเช่น Pf. = 0.85 เราอาจจะเขียนว่า 85% ก็ได้ และ Pf.= 0.85 ในกรณีนี้หมายความว่า อุปกรณ์ไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้าในวงจรได้ใช้กำลังไฟฟ้าในการทำให้เกิดกำลังงานหรือเกิดงานเพียง 85% ของแรงดัน-กระแส(volt ampere)ที่จ่ายให้แก่วงจร ส่วนกำลังไฟฟ้าที่เหลืออีก 15% นั้น จะสูญเสียไปในวงจรในรูปรีแอคตีฟ(ซึ่งเรียกว่า กำลังไฟฟ้าต้านกลับ) 1

**ชนิดของเพาเวอร์แฟคเตอร์ แบ่งได้ตามชนิดของโหลดได้ดังนี้**

1. โหลดชนิดที่ประกอบด้วยตัวต้านทาน(R) เพียงอย่างเดียว เช่น หลอดไฟ เตารีดไฟฟ้า หม้อหุงข้าวไฟฟ้า เตาหลอมเหล็กชนิดใช้ลวดความต้านทาน เป็นต้น โหลดจำพวกนี้เราเรียกว่า **โหลดรีซิสตีฟ(resistive load) มีค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์เท่ากับ 1**
2. โหลดชนิดที่ประกอบด้วยตัวต้านทานและตัวเหนี่ยวนำร่วมกัน(R&L) เช่น ปั๊มน้ำ เครื่องเชื่อมไฟฟ้า พัดลม เป็นต้น เราเรียกชนิดของโหลดเหล่านี้ว่า โหลดอินดักตีฟ(Inductive load) **ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ของโหลดประเภทนี้เป็นชนิดล้าหลัง (lagging power factor) มีค่าน้อยกว่า 1**
3. โหลดชนิดที่ประกอบด้วยตัวต้านทานและตัวเก็บประจุ(R&C) เช่น ชุดตัวเก็บประจุสำหรับแก้เพาเวอร์แฟคเตอร์ของระบบไฟฟ้า ซิงโครนัสมอเตอร์ เป็นต้น เราเรียกโหลดเหล่านี้ว่าโหลดชนิดคาพาซิตีฟ (capacitive load) **ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ของโหลดประเภทนี้เป็นชนิดนำหน้า(leading power) มีค่าน้อยกว่า 1**

2

ตัวอย่างที่ 2.8

จงหากำลังไฟฟ้าในตัวเหนี่ยวนำและกำลังไฟฟ้าใช้งานจริงของขดลวดที่มีค่า L = 0.5H ต่อกับแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า 220V 50Hz

วิธีทำ

$X_L = 2\pi fL$

$= 2 \times 3.1416 \times 50 \times 0.5$

$= 157.08\ \Omega$

$I_L = \frac{V_L}{X_L} = \frac{220}{157.08 \angle 90^\circ}$

$= 1.4 \angle -90^\circ A$

$P = V_L I_L \cos\theta$

$= 220 \times 1.4 \times \cos 90^\circ$

$= 0$ W. Ans

$Q_L = V_L I_L \sin 90^\circ$

$= 220 \times 1.4 \times 1$

$= 308$ Var Ans

$P = VI\cos\theta$

$= 220 \times 69.12 \times \cos 90^\circ$

$= 0$ W. Ans

ตัวอย่างที่ 2.9

ถ้าใช้ตัวเก็บประจุขนาด $1000\mu F$ ต่อกับแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า 220V 50Hz จงหาค่ากำลังไฟฟ้าใช้งานจริงและกำลังไฟฟ้าในตัวเก็บประจุ

วิธีทำ

$X_C = \frac{1}{2\pi fC}$

$= \frac{1}{2 \times 3.1416 \times 50 \times 100 \times 10^{-6}}$

$= 3.183\ \Omega$

$I_C = \frac{V_C}{X_C} = \frac{220}{3.18 \angle -90^\circ}$

$= 69.12 \angle 90^\circ A.$

$Q_C = I_C V_C \sin 90^\circ$

$= 69.12 \times 220 \times 1$

$= 15205.78$ Var

$= 15.2$ kVar Ans

$P = VI\cos\theta$

$= 220 \times 69.12 \times \cos 90^\circ$

$= 0$ W. Ans

ตัวอย่างที่ 2.10

มอเตอร์ตัวหนึ่งมีขนาด 2 แรงม้า มีค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ 0.8 หากนำมาต่อกับแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าขนาด 220V 50Hz จงหากำลังไฟฟ้าในตัวเหนี่ยวนำของมอเตอร์และกระแสที่ไหลผ่านมอเตอร์

วิธีทำ

จาก $P=VI\cos\theta$

ดังนั้น $I = \frac{P}{V\cos\theta}$

$= \frac{2x746}{220x0.8}$

$= 8.48$ A Ans

$\cos\theta = 0.8$

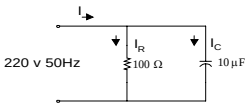
$\theta = 36.87$

$Q_L = VI\sin\theta$

$= 220x8.48x0.6$

$= 1119.36$ Var Ans

ตัวอย่างที่ 2.11 จากวงจรจงคำนวณหากระแสรวม ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ กำลังไฟฟ้าใช้งานจริงและกำลังไฟฟ้าสูญเสียในตัวเก็บประจุ




วิธีทำ

$X_C = \frac{1}{2\pi fC}$

$= \frac{1}{2x3.1416x50x10x10^{-6}}$

. $= 318.3\ \Omega$

$I_C = \frac{V_C}{X_C} = \frac{220}{318.3} = 0.69$ A

$Q_C = I_C^2 X_C = (0.69)^2 x\ 318.3$

$= 151.54$ Var Ans

$I_R = \frac{220}{100}$

$= 2.2$ A

$P = I_R^2 R$

$= (2.2)^2 x\ 100$

$= 484$ W Ans

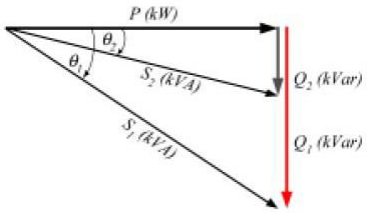
$I = \sqrt{(2.2)^2 + (0.69)^2}$

$= \sqrt{4.84 + 0.476}$

$= 2.31$ A Ans

$\cos \theta = \frac{I_R}{I} = \frac{2.2}{2.31}$

$= 0.952$ Ans




**ข้อดีของการปรับปรุงเพาเวอร์แฟคเตอร์**

จุดมุ่งหมายในการแก้เพาเวอร์แฟคเตอร์ เพื่อทำให้กระแสไฟฟ้าในสายที่ต่อไปยังโหลดลดลง ซึ่งถ้าทำการแก้เพาเวอร์แฟคเตอร์แล้วผลที่ได้จะเป็นดังนี้

1. ค่ากำลังไฟฟ้าใช้งานหรือกำลังไฟฟ้าจริงคงที่
2. ค่าแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับโหลดคงที่
3. ค่ากระแสไฟฟ้าในสายที่สายที่ต่อไปยังโหลดลดลง
4. ค่ากำลังไฟฟ้าส่งออกจากแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า(Apparent power)ลดลงทำให้แหล่งจ่ายไฟฟ้าสามารถจ่ายโหลดได้เพิ่มขึ้น
5. ค่ากำลังไฟฟ้ารีแอคตีฟ(Reactive power) จะลดลง

เพาเวอร์แฟคเตอร์มีความสำคัญในระบบไฟฟ้า เนื่องจากเป็นตัวที่ทำให้ค่าใช้จ่ายต่างๆเพิ่มขึ้นหรือลดลงได้ ระบบไฟฟ้าที่มีเพาเวอร์แฟคเตอร์ต่ำก็จะมีความสูญเสียในระบบมาก อุปกรณ์ที่ใช้ก็ต้องมีขนาดใหญ่มากขึ้นด้วย ค่าใช้จ่ายในการซื้ออุปกรณ์ต่างๆก็จะสูงขึ้นตาม

8

**วิธีการปรับปรุงเพาเวอร์เฟคเตอร์**

ตัวประกอบกำลัง (Pf.) หรือ cos θ นั้นจะมีค่าขึ้นอยู่กับโหลด เนื่องจาก θ คือ เฟสแตกต่างระหว่างกระแสกับแรงดัน ในกรณีที่โหลดเป็นความต้านทานบริสุทธิ์นั้น จะได้มุม θ = 0° หรือ cos 0° = 1 ส่วนในกรณีที่โหลดเป็นรีแอคตีฟ ได้แก่ ตัวเหนี่ยวนำ และ ตัวเก็บประจุ มุม θ จะมากกว่า 0° ทำให้ cos θ น้อยกว่า 1

ค่าของตัวประกอบกำลังนี้มีผลต่อระบบการส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าของแหล่งจ่ายไฟฟ้า กล่าวคือ ถ้าตัวประกอบกำลังมีค่าต่ำจะทำให้ประสิทธิภาพในการส่งกำลังไฟฟ้าต่ำลง เนื่องจากระบบส่งกำลังไฟฟ้านั้นหม้อแปลงไฟฟ้าหรือเจนเนอเรเตอร์จะส่งกำลังในรูปของกำลังปรากฏ (S = VI) โดยแรงดันไฟฟ้ามีค่าคงที่ (เช่น 220 V) ดังนั้นถ้าโหลดมีค่าเพิ่มขึ้นจะทำให้กระแสโหลดเพิ่มขึ้นตามสมการกระแสโหลดคือ

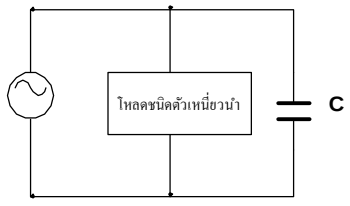
จาก $P = VI\cos\theta$

ดังนั้น $I = \frac{P}{V\cos\theta} = \frac{P}{(V)\cdot(Pf.)}$

9

จากสมการข้างต้น คือ แรงดันจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ามีค่าคงที่ เช่น 220 V P คือ กำลังจริงของโหลด ซึ่งหมายถึงกำลังไฟฟ้าที่ทำให้โหลดเปลี่ยนเป็นกำลังไฟฟ้าที่นำไปใช้งานจริง ๆ ซึ่งเป็นค่าคงที่จะเห็นว่ากระแสโหลดขึ้นอยู่กับ cos θ หรือ Pf. โดยถ้า Pf. มีค่ามาก จะทำให้ I น้อยลง นั่นหมายความว่าสามารถลดกระแสไฟฟ้าในระบบสายส่งของแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าลง ขณะที่ได้กำลังไฟฟ้าที่ใช้งานจริง (P) คงที่ ด้วยเหตุผลนี้เองในระบบส่งกำลังไฟฟ้าจึงควรทำให้ค่าตัวประกอบกำลังของโหลดมีค่ามากที่สุดให้ใกล้ 1 ได้เท่าไรยิ่งดี **การทำให้ตัวประกอบกำลังหรือ cos θ เพิ่มขึ้นนี้เรียกว่า การแก้ตัวประกอบกำลัง**

โหลดตามบ้านและตามโรงงานอุตสาหกรรมส่วนใหญ่จะเป็นโหลดชนิดเหนี่ยวนำหมายความว่ากระแสจะตามหลังแรงดันไฟฟ้าด้วยมุมต่างเฟส θ การแก้ตัวประกอบกำลังในกรณีเช่นนี้ก็คือการลดค่ากำลังไฟฟ้ารีแอคตีฟในตัวเหนี่ยวนำของให้ลดลง($Q_L$) ซึ่งทำได้โดยการต่อตัวเก็บประจุขนานกับโหลดตามรูปที่ 5.1

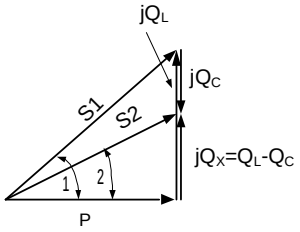



รูปที่ 5.1 การต่อ C ขนานกับโหลดตัวเหนี่ยวนำ

10

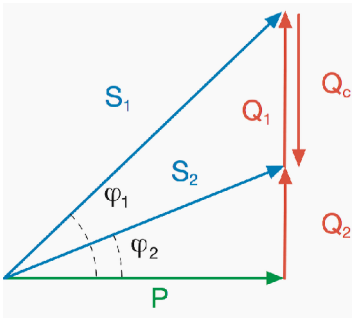
**234 การหาค่าคาปาซิเตอร์ที่ใช้ในการปรับปรุงเพาเวอร์แฟคเตอร์**

พิจารณาสามเหลี่ยมของกำลังไฟฟ้า เมื่อต่อ C ขนานเข้าไปกับโหลดชนิดตัวเหนี่ยวนำจะทำให้มุม θ ลดลงหรือทำให้กำลังไฟฟ้ารีแอคตีฟ (Q) ลดลง ซึ่งจะเป็นผลให้กำลังไฟฟ้าปรากฏ (S) มีค่าลดลง หรือมีค่าเข้าใกล้กำลังไฟฟ้าจริง (P) มากขึ้นตามรูป5.2

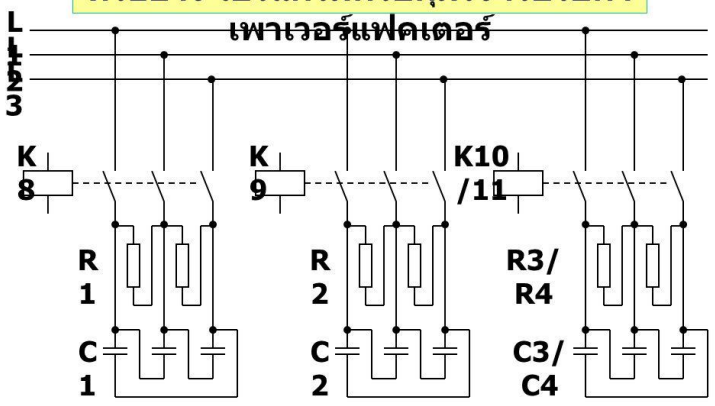



รูปที่ 5.2 แสดงสามเหลี่ยมของกำลังไฟฟ้าเมื่อต่อ C

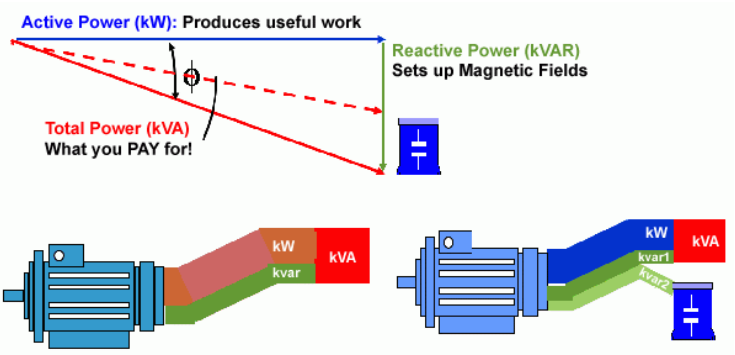
11



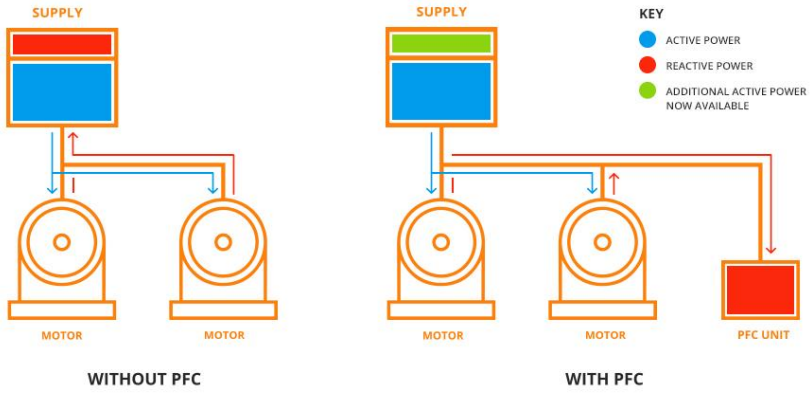
## ตัวอย่าง โปรแกรมควบคุมวงจรปรับค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์



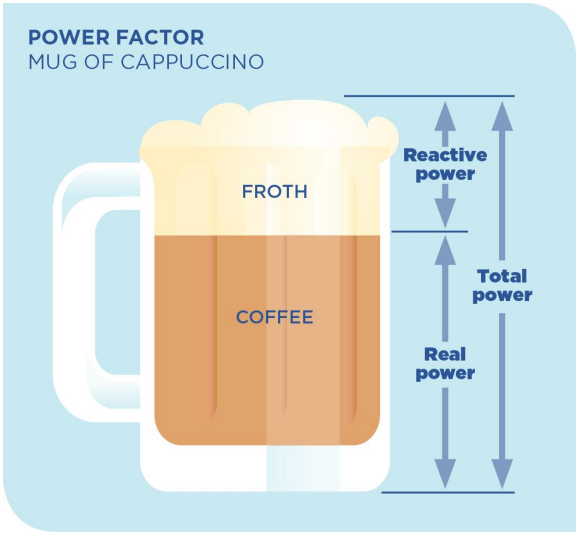

13




14


SUPPLY
MOTOR
MOTOR
WITHOUT PFC
SUPPLY
KEY
ACTIVE POWER
REACTIVE POWER
ADDITIONAL ACTIVE POWER NOW AVAILABLE
MOTOR
MOTOR
PFC UNIT
WITH PFC

15


POWER FACTOR
MUG OF CAPPUCCINO
FROTH
COFFEE
Reactive power
Total power
Real power

16

ตามรูปที่ 5.2 $Q_L$ คือกำลังไฟฟ้ารีแอคตีฟ ของโหลดชนิดตัวเหนี่ยวนำ $Q_C$ คือกำลังไฟฟ้ารีแอคตีฟ ของตัวเก็บประจุ (C) เมื่อต่อ C ขนานกับโหลดแล้วจะทำให้กำลังไฟฟ้ารีแอคตีฟ ($Q_L$) ลดลงเหลือ $Q_x$ โดย $Q_x = Q_L - Q_C$ และจะทำให้กำลังปรากฏลดลงเหลือ $S_2$

$$Q_L = P \times \tan\theta_1$$

$$Q_X = P \times \tan\theta 2$$

$$Q_C = Q_L - Q_X = P \times \tan\theta_1 - P \times \tan\theta 2$$

$$Q_C = P(\tan\theta_1 - \tan\theta 2)$$

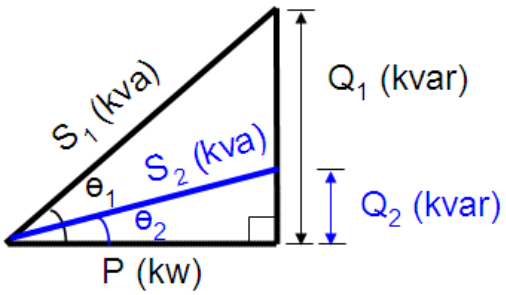
และหาค่าของ C ได้จากสมการ

$$Q_C = \frac{V^2}{X_C} = V^2 \omega C$$

$$C = \frac{Q_C}{V^2 \omega}$$

$$C = \frac{Q_C \times 10^6}{2\pi f V^2} \quad (\mu F)$$

17




$$PF_2 = \cos\theta_2$$

$$Qc = Q_1 - Q_2$$

$$\omega = 2\pi f$$

$$C = \frac{Qc}{\omega V_{rms}^{\ 2}}$$

18

**ตัวอย่างที่** 2.12 โหลดอันหนึ่งมี PF = 0.7 (lagging) มีพลังงานไฟฟ้าสูญเสีย (P) = 2 kw ต่อกับแหล่งจ่ายไฟ 220V, 50 Hz จงหาว่าจะต่อตัวเก็บประจุ(C) มีค่าเท่าใด เพื่อแก้ตัวประกอบกำลังให้เป็น 0.9(lagging)

วิธีทำ

จากสมการ $(Pf.)_1 = \cos\theta_1$

$\theta_1 = \cos^{-1}0.7$

$= 45.57°$

$(Pf.)_2 = \cos\theta_2$

$\theta_2 = \cos^{-1}0.9 = 25.84°$

จากรูปที่ 5.2 จะได้

$Q_C = P(\tan\theta_1 - \tan\theta_2)$

$= (2kw)(\tan 45.57° - \tan 25.84°)$

$= 2040.19 - 968.56 = 1071.63$ Var

และจากสมการ $Q_C = V^2\omega C$

จะได้ $C = \frac{Q_C}{V^2\omega}$

$= \frac{1071.63}{(220)^2(2\pi x50)} \times 10^6 = 70.47\ \mu F$

∴ จะต้องต่อตัวเก็บประจุมีค่าเท่ากับ 70.47 $\mu$F Ans

19

ตัวอย่างที่ 2.13

โหลดอันหนึ่งดูดกลืนพลังงาน 60 W มี PF (ชนิดตามหลัง) = 0.8 ต่อกับแหล่งพลังงาน 100V, 60 Hz ถ้าต้องการให้มี PF (ชนิดตามหลัง) = 0.9 จงหาว่า

(ก) กระแสของแหล่งพลังงานก่อนและหลังแก้ตัวประกอบกำลัง

(ข) ค่าของอุปกรณ์ที่นำต่อเพื่อแก้ตัวประกอบกำลัง

วิธีทำ

(ก) จากสมการ I (แหล่งจ่ายไฟ) $= \frac{P}{(V)(PF)}$

พิจารณาค่ากระแสก่อนแก้ตัวประกอบกำลัง ($I_1$) และค่ากระแสหลังแก้ตัวประกอบกำลัง ($I_2$) จะได้

$I_1 = \frac{60}{(100)(0.8)}$

$= 0.75$ A

∴ กระแสของแหล่งพลังงานก่อนแก้ตัวประกอบกำลังเท่ากับ 0.75 A Ans

$I_2 = \frac{60}{(100)(0.9)}$

$= 0.667$ A

∴ กระแสของแหล่งพลังงานหลังแก้ตัวประกอบกำลังเท่ากับ 0.667 Ans

20

(ข) เนื่องจากโจทย์กำหนดว่าโหลดมี PF (ชนิดตามหลัง) แสดงว่าโหลดเป็นตัวเหนี่ยวนำ ดังนั้น การแก้ตัวประกอบกำลังจะต้องนำตัวเก็บประจุ (C) มาต่อขนานกับโหลดจะได้

$(PF)_1 = \cos\theta_1$

$\theta_1 = \cos^{-1} 0.8$

$= 36.9$

และ $(PF)_2 = \cos\theta_2$

$\theta_2 = \cos^{-1} 0.9$

$= 25.84°$

จาก $Q_1 = P \tan\theta_1$

$= 60 \tan 36.9°$

$= 45$ VA

และ $Q_2 = P \tan\theta_2$

$= 60 \tan 25.84°$

$= 29$ VA

จาก $Q_C = Q_1 - Q_2$

$= 45-29 = 16$ VAR

จะได้ $C = \frac{Q_C}{2\pi f V^2} = 4.2\ \mu F$

∴ ค่าของตัวเก็บประจุที่นำมาต่อเพื่อแก้ตัวประกอบกำลังเท่ากับ 4.2 $\mu$F Ans

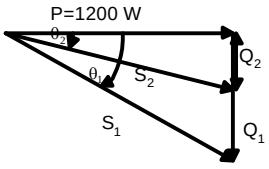
21

ตัวอย่างที่ 2.14 วงจรไฟฟ้ามีกำลังไฟฟ้า (P) = 1200 วัตต์ มีเพาเวอร์แฟคเตอร์ 0.6 ให้แก้เพาเวอร์แฟคเตอร์ให้เป็น 0.9 ล้าหลัง โดยการต่อคาปาซิเตอร์เข้าไปในวงจรดังรูปสามเหลี่ยมกำลัง จงคำนวณหา

ก) กำลังไฟฟ้า (S) เมื่อแก้เพาเวอร์แฟคเตอร์แล้ว

ข) กำลังไฟฟ้าต้านกลับ (Q) ของคาปาซิเตอร์ที่ต่อเข้าไปในวงจร

วิธีทำ




P.F. = $\cos\theta_1 = 0.6$

$\theta_1 = 53.1°$

ปรับเพาเวอร์แฟคเตอร์ $\cos\theta_2 = 0.9$

$\theta_1 = 26°$

$\cos\theta_1 = \frac{P}{S_1}$

$S_1 = \frac{P}{\cos\theta_1}$

$= \frac{1200}{0.6}$

$= 2000$ โวลต์-แอมแปร์

22

ดังนั้น $Q_1 = S_1 \sin 53.1°$

$= 2000 \times 0.8$

$= 1600$ วาร์

ก) กำลังไฟฟ้า $\cos \theta_2 = \frac{P}{S_2}$

$S_2 = \frac{1200}{0.9}$

$= 1333$ โวลต์-แอมแปร์

$Q_2 = S_2 \sin 26°$

$= 1333 \times 0.438$

$= 584$ วาร์

ข) กำลังไฟฟ้าต้านกลับ (Q) ของคาปาซิเตอร์

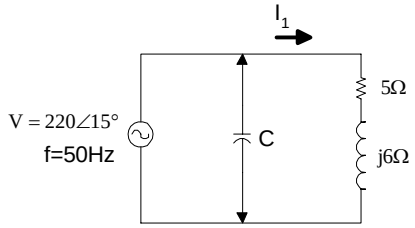
$Q = Q_1 - Q_2$

$= 1600 - 584$

$= 1016$ วาร์ Ans

23

**ตัวอย่างที่** 2.15 จากวงจร จงหาค่าของคาปาซิเตอร์ที่จะต่อขนานเข้ากับวงจรดังรูป เพื่อปรับค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ให้มีค่าเท่ากับ 0.85 ล้าหลัง(lagging)




**วิธีทำ** ก่อนต่อคาปาซิเตอร์

$I_1 = \frac{220\angle 15°}{5 + j6}$

$= \frac{220\angle 15°}{7.81\angle 50.19°}$

$= 28.17 \angle -35.19°$ A

24

$$S_1 = VI^*$$
$$= (220\angle 15^\circ)(28.17\angle 35.19^\circ)$$
$$S_1 = 6197.4\angle 50.19^\circ$$
$$S_1 = 3967.85 + j\,4760.67 \quad VA$$

นั่นคือ $P_1 = 3967.85$ W

$Q_{L1} = 4760.67$ Var

จากรูป

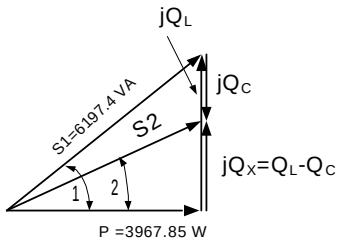
เมื่อต่อคาปาซิเตอร์ขนานเข้ากับวงจร เพาเวอร์แฟคเตอร์เท่ากับ 0.85 ล้าหลัง (lagging)

$$\cos\theta_2 = 0.85$$
$$\theta_2 = \cos^{-1} 0.85$$
$$= 31.79^\circ$$
$$Q_C = P(\tan\theta_1 - \tan\theta_2)$$
$$= (3967.85)(\tan 50.19^\circ - \tan 31.79^\circ)$$
$$= 4762.36 - 2459.21$$
$$= 2303.15 \text{ Var}$$

25

จะได้

$$C = \frac{Q_C \times 10^6}{2\pi f V^2}$$
$$= \frac{2303.15 \text{Var}}{2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot (220)^2} \times 10^6$$
$$= 151.34 \ \mu\text{F}$$




26

**ตัวอย่างที่** 2.16 หม้อแปลงขนาด 200 kVA ในขณะจ่ายโหลดเต็มที่มีค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ทั้งหมดเท่ากับ 0.65 lagging ถ้าแก้เพาเวอร์แฟคเตอร์ โดยนำคาปาซิเตอร์มาต่อเพิ่มเข้าในวงจรทำให้เพาเวอร์แฟคเตอร์ทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 0.9 lagging จงหาขนาดของคาปาซิเตอร์เป็นกิโลวาร์ (kVar) ที่ต้องใช้ หลังจากแก้เพาเวอร์แฟคเตอร์แล้ว จงหาค่าเปอร์เซ็นต์ ของการจ่ายโหลด ที่หม้อแปลงจ่ายออก

วิธีทำ

เมื่อหม้อแปลงจ่ายโหลดเต็มที่จะได้

$S_1 = 200$ VA

P.F. $= \cos\theta_1 = 0.65$ lagging

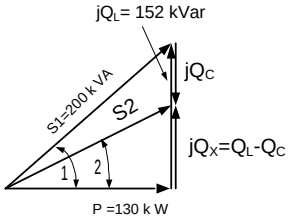
$\theta_1 = \cos^{-1} 0.65$

$= 49.46$ องศา

$\overline{S_1} = 200\angle 49.46°$ kVA

$\overline{S_1} = 130 + j151.99$ kVA

27




เมื่อต่อคาปาซิเตอร์เข้าในวงจร

P.F. $= \cos\theta_2 = 0.9$ lagging

$\theta_2 = \cos^{-1} 0.9$

$= 25.84$ องศา

$\cos\theta_2 = \frac{P}{S_2}$

$S_2 = \frac{P}{\cos\theta_2}$

$= \frac{130\text{kW}}{0.9}$

$= 144.44$ kVA

$\overline{S_2} = 144.44\angle 25.84°$ kVA

$\overline{S_1} = 130 + j62.69$ kVA

28

ค่าของคาปาซิเตอร์, $Q_C$ = $Q_1$-$Q_2$

= 151.99-62.69

= 89.03 kVAR

$$C = \frac{Q}{2\pi fV^2} C \times 10^6$$

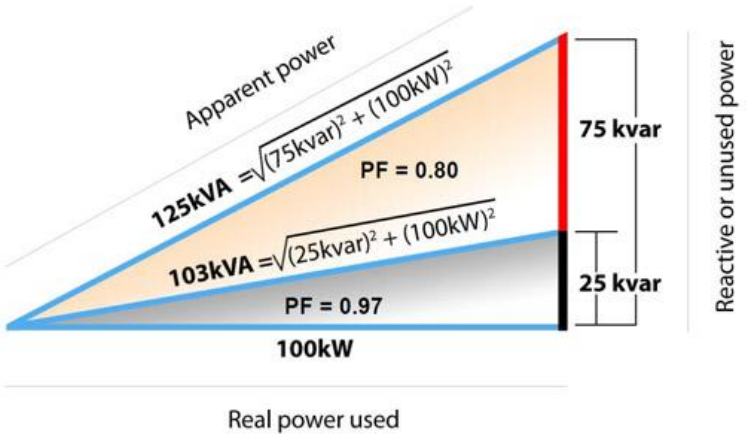
$$= \frac{89.03 \times 10^3 \times 10^6}{2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot (220)^2}$$

$= 5855.19\ \mu F$

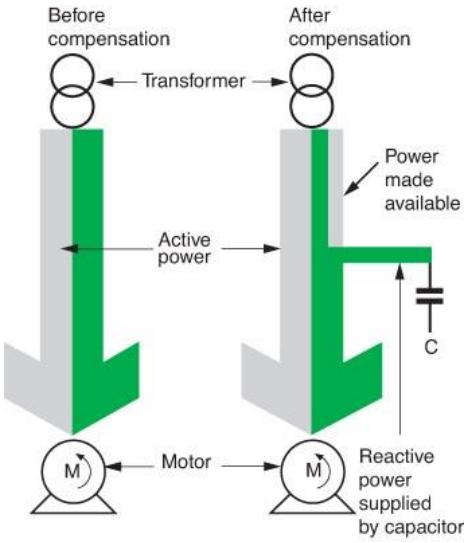
เปอร์เซ็นต์การจ่ายโหลดของหม้อแปลง = $\frac{144.44\,kVA}{200\,kVA} x100$

= 72.22 % Ans

29




30




31

**Factor K ( kvar/kW )**

| | final cosφ | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **initial cosφ** | 0.80 | 0.85 | 0.90 | 0.91 | 0.92 | 0.93 | 0.94 | 0.95 | 0.96 | 0.97 | 0.98 | 0.99 | 1 |
| 0.60 | 0.583 | 0.714 | 0.849 | 0.878 | 0.907 | 0.938 | 0.970 | 1.005 | 1.042 | 1.083 | 1.130 | 1.191 | 1.333 |
| 0.61 | 0.549 | 0.679 | 0.815 | 0.843 | 0.873 | 0.904 | 0.936 | 0.970 | 1.007 | 1.048 | 1.096 | 1.157 | 1.299 |
| 0.62 | 0.515 | 0.646 | 0.781 | 0.810 | 0.839 | 0.870 | 0.903 | 0.937 | 0.974 | 1.01 5 | 1.062 | 1.123 | 1.265 |
| 0.63 | 0.483 | 0.613 | 0.748 | 0.777 | 0.807 | 0.837 | 0.870 | 0.904 | 0.941 | 0.982 | 1.030 | 1.090 | 1.233 |
| 0.64 | 0.451 | 0.581 | 0.716 | 0.745 | 0.775 | 0.805 | 0.838 | 0.872 | 0.909 | 0.950 | 0.998 | 1.058 | 1.201 |
| 0.65 | 0.419 | 0.549 | 0.685 | 0.714 | 0.743 | 0.774 | 0.806 | 0.840 | 0.877 | 0.919 | 0.966 | 1.027 | 1.169 |
| 0.66 | 0.388 | 0.519 | 0.654 | 0.683 | 0.712 | 0.743 | 0.775 | 0.810 | 0.847 | 0.888 | 0.935 | 0.996 | 1.138 |
| 0.67 | 0.358 | 0.488 | 0.624 | 0.652 | 0.682 | 0.713 | 0.745 | 0.779 | 0.816 | 0.857 | 0.905 | 0.966 | 1.108 |
| 0.68 | 0.328 | 0.459 | 0.594 | 0.623 | 0.652 | 0.683 | 0.715 | 0.750 | 0.787 | 0.828 | 0.875 | 0.936 | 1.078 |
| 0.69 | 0.299 | 0.429 | 0.565 | 0.593 | 0.623 | 0.654 | 0.686 | 0.720 | 0.757 | 0.798 | 0.846 | 0.907 | 1.049 |
| 0.70 | 0.270 | 0.400 | 0.536 | 0.565 | 0.594 | 0.625 | 0.657 | 0.692 | 0.729 | 0.770 | 0.817 | 0.878 | 1.020 |
| 0.71 | 0.242 | 0.372 | 0.508 | 0.536 | 0.566 | 0.597 | 0.629 | 0.663 | 0.700 | 0.741 | 0.789 | 0.849 | 0.992 |
| 0.72 | 0.214 | 0.344 | 0.480 | 0.508 | 0.538 | 0.569 | 0.601 | 0.635 | 0.672 | 0.713 | 0.761 | 0.821 | 0.964 |
| 0.73 | 0.186 | 0.316 | 0.452 | 0.481 | 0.510 | 0.541 | 0.573 | 0.608 | 0.645 | 0.686 | 0.733 | 0.794 | 0.936 |
| 0.74 | 0.159 | 0.289 | 0.425 | 0.453 | 0.483 | 0.514 | 0.546 | 0.580 | 0.617 | 0.658 | 0.706 | 0.766 | 0.909 |
| 0.75 | 0.132 | 0.262 | 0.398 | 0.426 | 0.456 | 0.487 | 0.519 | 0.553 | 0.590 | 0.631 | 0.679 | 0.739 | 0.882 |
| 0.76 | 0.105 | 0.235 | 0.371 | 0.400 | 0.429 | 0.460 | 0.492 | 0.526 | 0.563 | 0.605 | 0.652 | 0.713 | 0.855 |
| 0.77 | 0.079 | 0.209 | 0.344 | 0.373 | 0.403 | 0.433 | 0.466 | 0.500 | 0.537 | 0.578 | 0.626 | 0.686 | 0.829 |
| 0.78 | 0.052 | 0.183 | 0.318 | 0.347 | 0.376 | 0.407 | 0.439 | 0.474 | 0.511 | 0.552 | 0.599 | 0.660 | 0.802 |
| 0.79 | 0.026 | 0.156 | 0.292 | 0.320 | 0.350 | 0.381 | 0.413 | 0.447 | 0.484 | 0.525 | 0.573 | 0.634 | 0.776 |
| 0.80 | | 0.130 | 0.266 | 0.294 | 0.324 | 0.355 | 0.387 | 0.421 | 0.458 | 0.499 | 0.547 | 0.608 | 0.750 |
| 0.81 | | 0.104 | 0.240 | 0.268 | 0.298 | 0.329 | 0.361 | 0.395 | 0.432 | 0.473 | 0.521 | 0.581 | 0.724 |
| 0.82 | | 0.078 | 0.214 | 0.242 | 0.272 | 0.303 | 0.335 | 0.369 | 0.406 | 0.447 | 0.495 | 0.556 | 0.698 |
| 0.83 | | 0.052 | 0.188 | 0.216 | 0.246 | 0.277 | 0.309 | 0.343 | 0.380 | 0.421 | 0.469 | 0.530 | 0.672 |
| 0.84 | | 0.026 | 0.162 | 0.190 | 0.220 | 0.251 | 0.283 | 0.317 | 0.354 | 0.395 | 0.443 | 0.503 | 0.646 |
| 0.85 | | | 0.135 | 0.164 | 0.194 | 0.225 | 0.257 | 0.291 | 0.328 | 0.369 | 0.417 | 0.477 | 0.620 |
| 0.86 | | | 0.109 | 0.138 | 0.167 | 0.198 | 0.230 | 0.265 | 0.302 | 0.343 | 0.390 | 0.451 | 0.593 |
| 0.87 | | | 0.082 | 0.111 | 0.141 | 0.172 | 0.204 | 0.238 | 0.275 | 0.316 | 0.364 | 0.424 | 0.567 |
| 0.88 | | | 0.055 | 0.084 | 0.114 | 0.145 | 0.177 | 0.211 | 0.248 | 0.289 | 0.337 | 0.397 | 0.540 |
| 0.89 | | | 0.028 | 0.057 | 0.086 | 0.117 | 0.149 | 0.184 | 0.221 | 0.262 | 0.309 | 0.370 | 0.512 |
| 0.90 | | | | 0.029 | 0.058 | 0.089 | 0.121 | 0.156 | 0.193 | 0.234 | 0.281 | 0.342 | 0.484 |

# แบบทดสอบ สัปดาห์ที่ 4

33

แบบทดสอบ

เพาเวอร์แฟคเตอร์และการปรับปรุง แผนกวิชาไฟฟ้า

ประจำภาคเรียนที่ 1 ประจำปีการศึกษา 2559

ชื่อ…… เลขที่…… ชั้น .....

คำชี้แจง 1. แบบทดสอบมี 2 ข้อๆละ 10 คะแนนรวม20 คะแนน

2. ให้แสดงวิธีทำลงในกระดาษสอบ

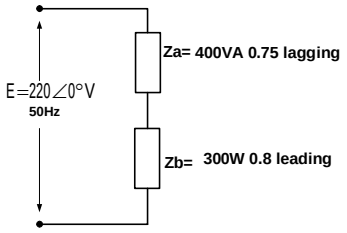
3. อนุญาตให้เปิดตำราได้แต่ห้ามยืมกันในระหว่างสอบ

1. แหล่งจ่ายไฟสลับค่า 220 V 50 Hz ถูกจ่ายให้กับวงจรดังรูป จงคำนวณหาค่า ก. กำลังไฟฟ้าปรากฏ (S) ของวงจร(4 คะแนน)

ข. กระแสรวมของวงจร(3 คะแนน)

ค. ค่าความจุ(C )ที่ทำให้ Pf. = 1.0 (3 คะแนน)

(ต่อ C ขนานกับโหลด)



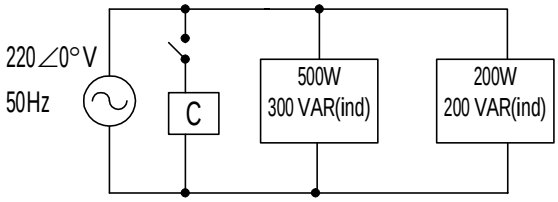

34

2. แหล่งจ่ายไฟสลับถูกจ่ายให้กับวงจรดังรูป

จงคำนวณหาค่าค่า ก. กำลังไฟฟ้าปรากฏ (S) ของวงจร(4 คะแนน)

ข. ค่า Qc ที่ใช้ในการแก้ Pf. (3 คะแนน)

ค. ค่าความจุ(C )ที่ทำให้ Pf. = 0.85 (3 คะแนน)




35

# เฉลยทดสอบ สัปดาห์ที่ 4

36

## แบบทดสอบ

เพาเวอร์แฟคเตอร์และการปรับปรุง แผนกวิชาไฟฟ้า

ประจำภาคเรียนที่ 1 ประจำปีการศึกษา 2559

ชื่อ..... เลขที่..... ชั้น .....

คำชี้แจง 1. แบบทดสอบมี 2 ข้อๆละ 10 คะแนนรวม20 คะแนน

2. ให้แสดงวิธีทำลงในกระดาษสอบ

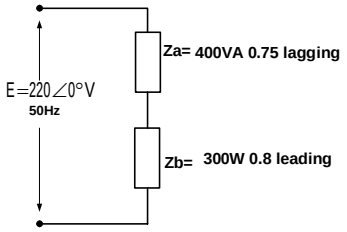
3. อนุญาตให้เปิดตำราได้แต่ห้ามยืมกันในระหว่างสอบ

1. แหล่งจ่ายไฟสลับค่า 220 V 50 Hz ถูกจ่ายให้กับวงจรดังรูป จงคำนวณหาค่า ก. กำลังไฟฟ้าปรากฏ (S) ของวงจร(4 คะแนน)

ข. กระแสรวมของวงจร(3 คะแนน)

ค. ค่าความจุ(C )ที่ทำให้ Pf. = 1.0 (3 คะแนน)

(ต่อ C ขนานกับโหลด)




37

วิธีทำ ก.

$$\text{Cos}\theta a = 0.75, \theta a = \text{Cos}^{-1}(0.75) = -41.41^\circ \text{ (lagging)}$$

$$S_a = 400\angle 41.41^\circ \text{ VA} = 300 + j264.58 \text{ VA}$$

$$\text{Cos}\theta b = 0.8, \theta b = \text{Cos}^{-1}(0.8) = 36.87^\circ \text{ (leading)}$$

$$\text{Cos}\theta b = \frac{Pb}{Sb}, Sb = \frac{Pb}{\text{Cos}\theta b} = \frac{300\text{ W}}{0.8} = 375 \text{ VA}$$

$$S_b = 375\angle -36.87^\circ \text{ VA} = 300 - j225 \text{ VA}$$

$$St = Sa + Sb = 400\angle 41.41^\circ \text{ VA} + 375\angle -36.87^\circ \text{ VA}$$

$$St = 601.30\angle 3.77^\circ \text{ VA} = 600 + j39.54 \text{ VA}$$

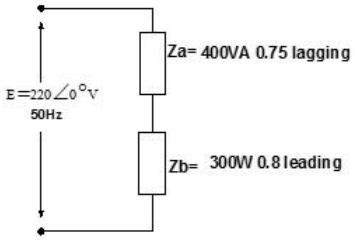
ข.

$$S = EI^* \quad \text{VA}$$

$$I^* = \frac{St}{E} = \frac{601.30\angle 3.77^\circ \text{ VA}}{220\angle 0^\circ \text{ V}}$$

$$I^* = 2.73\angle 3.77^\circ \text{ A}$$

$$I = 2.73\angle -3.77^\circ \text{ A}$$




38

ค. นำตัวเก็บประจุ(C) มาต่อขนานกับวงจรให้ค่า Power factor = 1.0 ดังนั้น $Q_C = Q_L$

$$C = \frac{Qc \times 10^6}{2\pi \cdot f \cdot (v^2)} = \frac{39.54 \times 10^6}{2\pi \times 50 \times (220)^2} \quad \mu F$$

$$C = 2.6 \ \mu F$$

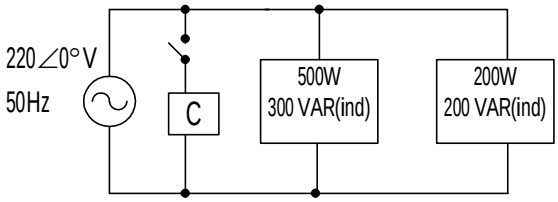
39

2. แหล่งจ่ายไฟสลับถูกจ่ายให้กับวงจรดังรูป

จงคำนวณหาค่าค่า ก. กำลังไฟฟ้าปรากฏ (S) ของวงจร(4 คะแนน)

ข. ค่า Qc ที่ใช้ในการแก้ Pf. (3 คะแนน)

ค. ค่าความจุ(C )ที่ทำให้ Pf. = 0.85 (3 คะแนน)




40

วิธีทำ Load 1 , $S_1$ = P1 + Q1

$S_1$ = 500 + j300 VA (lagging)

Load 2 , $S_2$ = 200 + j 200 VA (lagging)

$S_t = S_1 + S_2$

$S_t$ =(500 + j300) + (200 + j 200)

$S_t$ =(700 + j500) VA

$S_t$ =860.23∠35.54° VA

41

ต้องการทำให้ Pf. = 0.85 lagging

ดังนั้น Cos $\theta 2$ = 0.85 lagging

$$\theta 2 = \text{Cos}^{-1}(0.85) = 31.79°$$

$$\tan \theta 2 = \frac{Q_2}{P}, Q_2 = P \cdot \tan \theta 2$$

$$Q_2 = 700 \times \tan(31.79°)$$

$$Q_2 = 433.85 \text{ VAR}$$

$$Q_C = Q_1 - Q_2 = 500 - 433.85 = 66.15 \text{ VAR}$$

$$Q_C = \frac{E^2}{X_C}, X_C = \frac{(220)^2 \text{ V}}{66.15 \text{VAR}} = 731.67 \ \Omega$$

$$C = \frac{10^6}{2\pi \cdot f \cdot X_C} = \frac{10^6}{2\pi \times 50 \times 731.67}$$

$$C = 4.3 \ \mu\text{F}$$

42