

Capacitor Calculation

วิธีการคำนวณหาค่า Capacitor สำหรับขบวนการมอเตอร์ไฟฟ้าเพื่อแก้ค่า Power Factor

การติดตั้ง Capacitor

ตำแหน่งของ capacitor ที่นำมาติดตั้งเพื่อแก้ Power Factor ที่ได้ผลมากที่สุด และลดการสูญเสีย (ลด Loss) มากที่สุด คือติดตั้งที่ตัว Load หรือใกล้ Load มากที่สุดในบางกรณี เครื่องจักรของโรงงาน อาจจะไม่เหมาะสมจะต่อโดยตรง จึงแบ่งการติดตั้ง หรือปรับปรุงค่า Power Factor ตามลักษณะของการติดตั้ง capacitor ดังนี้

1. ปรับปรุงที่ตัวอุปกรณ์ (Individual Compensation) ในรูปแบบนี้ เราติด capacitor เข้ากับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต้องการ Reactive Power ค่อนข้างสูง ซึ่งมีขนาดค่อนข้างแน่นอน และมีชั่วโมงการทำงานสูงๆ เช่น หม้อแปลงมอเตอร์ตัวใหญ่ๆ ที่เดินเกือบตลอดเวลา เป็นต้น

ข้อดีของการปรับปรุงที่ตัวอุปกรณ์คือ

Capacitor จะจ่ายกำลังไฟฟ้า Reactive ให้กับอุปกรณ์นั้น ทำให้ ลดกำลังไฟฟ้าที่สูญเสียในสายไฟฟ้าที่เดินในอุปกรณ์ตัวนั้น และ แรงดัน ไฟฟ้าตกที่อุปกรณ์ได้ ซึ่งอาจจะใช้อุปกรณ์ตัดต่อร่วมกันในการตัดต่อ Capacitor

ข้อเสียของการปรับปรุงที่ตัวอุปกรณ์คือ

ต้องใช้ Capacitor หลากหลายขนาดตามขนาดอุปกรณ์ อาจมีขนาดเล็กจำนวนมาก ทำให้มีค่าใช้จ่ายสำหรับการติดตั้งและดูแลบำรุงรักษา และ Capacitor จะถูกใช้งานก็ต่อเมื่อมีการใช้งานอุปกรณ์นั้นเท่านั้น ซึ่งทำให้จำนวน ชม. การใช้งาน Capacitor ต่ำตามการใช้งานอุปกรณ์

2. การปรับปรุงเป็นกลุ่ม (Group Compensation) สำหรับกลุ่ม Load ที่ทำงานพร้อมกัน การปรับปรุง PF รวมสามารถทำได้โดยต่อ Capacitor ตัวใหญ่ตัวเดียวเข้าไปพร้อมกับกลุ่ม Load เช่น กลุ่มของมอเตอร์เล็กๆที่ทำงานพร้อมกันหลายๆตัว

3. การปรับปรุงรวม (Central Compensation) แบบนี้สำหรับโรงงานใหญ่ๆที่มี Load ขนาดต่างๆกันเป็นจำนวนมากและทำงานไม่พร้อมกัน เราปรับปรุงทั้งระบบโดยใช้ Capacitor หลากๆตัวต่อผ่านคอนแทกเตอร์ต่อเข้ากับแผงสวิตช์จ่ายไฟใหญ่ แล้วควบคุมโดยใช้มือกดหรือใช้เป็นแบบอัตโนมัติ (Automatic) โดยใช้ Power Factor Relay เป็นตัวสั่งให้สับเข้าหรือปลดออก

4. การปรับปรุงแบบผสม (Mixed Compensation) เพื่อให้ได้ประโยชน์สูงสุดในการควบคุม PF ของระบบไฟฟ้าขนาดใหญ่ อาจใช้การปรับปรุงแบบผสม คือใช้ทั้ง 3 แบบรวมกัน

5. การปรับปรุงตามระดับแรงดัน โรงงานขนาดใหญ่ๆเช่น โรงเหล็ก โรงปูนซีเมนต์ ฯลฯ จะใช้ไฟฟ้าจำนวนมาก จึงมักใช้ไฟฟ้าในระบบแรงดันสูงๆ เช่น 115KV, 69KV แล้วลดระดับแรงดันลงเป็นขั้นๆ เช่น จาก 115KV เป็น 22KV, 6KV หรือ 3.3KV จนถึง 380V พวกโหลดตัวใหญ่ๆจะใช้แรงดัน 6KV หรือ 3.3KV ดังนั้น นอกจากเราจะปรับปรุง PF ทางด้าน 380V แล้ว เราอาจพิจารณาปรับปรุง PF ทางด้านแรงดัน 6KV หรือ 3.3KV ได้อีกทางหนึ่ง

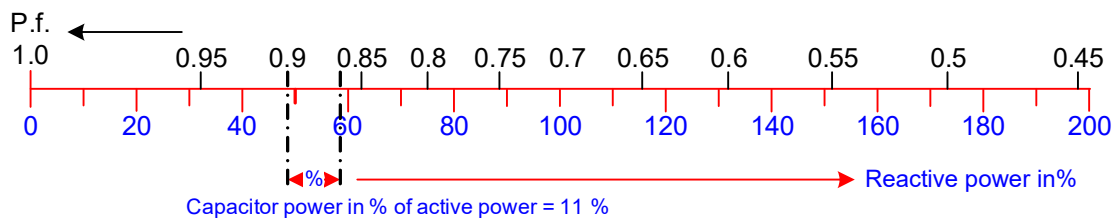
สำหรับอุปกรณ์ไฟฟ้า (Individual Compensation) ซึ่งมีขนาดค่อนข้างแน่นอน และมีชั่วโมงการทำงานสูงๆ เช่น หม้อแปลง มอเตอร์ตัวใหญ่ๆ ที่เดินเกือบตลอดเวลา ที่ทราบค่า Power Factor และต้องการปรับปรุ่ค่า Power Factor โดยนำ capacitor ไปติดที่ตัวอุปกรณ์ไฟฟ้านั้นๆ สามารถคำนวณขนาดของ capacitor ที่ต้องการด้วยวิธีง่ายๆ ดังต่อไปนี้

ตัวอย่างที่ 1

มอเตอร์ ขนาด 1450 kW, Power factor $\cos \varphi = 0.86$ at 100% load P/P_N

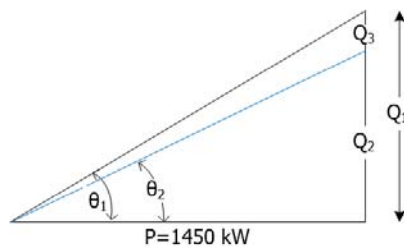
- คำนวณหาขนาดของ capacitor เพื่อปรับค่าจาก Power factor $\cos \varphi = 0.86$ เป็น 0.9
- จากกราฟ เอกสารที่แนบมาด้วยนี้ ต้องการปรับค่าเป็น Power factor $\cos \varphi = 0.90 = 48$
- จากกราฟ เอกสารที่แนบมาด้วยนี้ ปัจจุบันมอเตอร์มีค่า Power factor $\cos \varphi = 0.86 = 59$
- ดังนั้นขนาดของ capacitor เพื่อปรับค่า = $59 - 48 = 11\%$ ของขนาดกำลังที่แท้จริง 1450 kW

$$= 0.11 \times 1450 = \underline{\underline{159.5 \text{ kVar}}}$$



พิสูจน์ตารางกราฟ

จากสูตร $KVar = KVA \times \cos \theta_1 \times (\tan \theta_1 - \tan \theta_2)$ or $= KW \times (\tan \theta_1 - \tan \theta_2)$



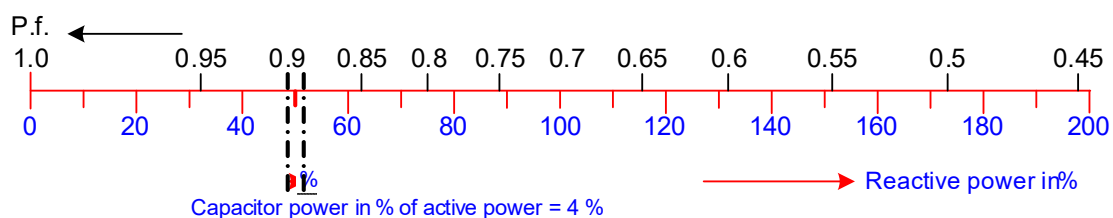
$$\begin{aligned}
 P &= 1450 \text{ kW}, PF_1=0.86, PF_2 = 0.90 \\
 \theta_1 &= \cos^{-1} 0.86 = 30.68', \tan 30.68' = 0.59 \\
 \theta_2 &= \cos^{-1} 0.90 = 25.84', \tan 25.84' = 0.48 \\
 Q_3 &= Q_1 - Q_2 \\
 Q_3 &= 1450 \text{ kW} (0.59 - 0.48) = 159.5 \text{ kVar}
 \end{aligned}$$

ตัวอย่างที่ 2

มอเตอร์ ขนาด 960 kW, Power factor $\cos \varphi = 0.88$ at 100% load P/P_N

- คำนวณหาขนาดของ capacitor เพื่อปรับค่าจาก Power factor $\cos \varphi = 0.88$ เป็น 0.9
- จากกราฟ เอกสารที่แนบมาด้วยนี้ ต้องการปรับค่าเป็น Power factor $\cos \varphi = 0.90 = 48$
- จากกราฟ เอกสารที่แนบมาด้วยนี้ ปัจจุบันมอเตอร์มีค่า Power factor $\cos \varphi = 0.88 = 52$
- ดังนั้นขนาดของ capacitor เพื่อปรับค่า = $52 - 48 = 4\%$ ของขนาดกำลังที่แท้จริง 960 kW

$$= 0.04 \times 960 = \underline{\underline{38 \text{ kVar}}}$$





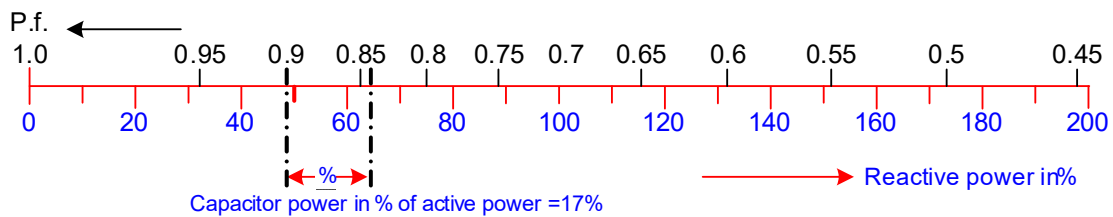
ตัวอย่างที่ 2

มอเตอร์ ขนาด 760 kW Power factor $\cos \varphi = 0.84$ at 100% load P/P_N

- คำนวณหาขนาดของ capacitor เพื่อปรับค่าจาก Power factor $\cos \varphi = 0.84$ เป็น 0.9
- จากกราฟ เอกสารที่แนบมาด้วยนี้ ต้องการปรับค่าเป็น Power factor $\cos \varphi = 0.90 = 48$
- จากกราฟ เอกสารที่แนบมาด้วยนี้ ปัจจุบันมอเตอร์มีค่า Power factor $\cos \varphi = 0.84 = 65$
- ดังนั้นขนาดของ capacitor เพื่อปรับค่า = $65 - 48 = 17\%$ ของขนาดกำลังที่แท้จริง 760 kW

$$= 0.17 \times 760 = \underline{\underline{130 \text{ kVar}}}$$

ดังนั้นการออกแบบสำหรับงานโครงการนี้ สามารถใช้ capacitor ขนาด **150-200 kVar** ต่อมอเตอร์



ตัวอย่างที่ 3

มอเตอร์ ขนาด 800 kW Power factor $\cos \varphi = 0.79$ at 100% load P/P_N

- คำนวณหาขนาดของ capacitor เพื่อปรับค่าจาก Power factor $\cos \varphi = 0.79$ เป็น 0.9
- จากกราฟ เอกสารที่แนบมาด้วยนี้ ต้องการปรับค่าเป็น Power factor $\cos \varphi = 0.90 = 48$
- จากกราฟ เอกสารที่แนบมาด้วยนี้ ปัจจุบันมอเตอร์มีค่า Power factor $\cos \varphi = 0.79 = 76$
- ดังนั้นขนาดของ capacitor เพื่อปรับค่า = $76 - 48 = 28\%$ ของขนาดกำลังที่แท้จริง 800 kW

$$= 0.28 \times 800 = \underline{\underline{224 \text{ kVar}}}$$

ดังนั้นการออกแบบสำหรับงานโครงการนี้ สามารถใช้ capacitor ขนาด **200-250 kVar** ต่อมอเตอร์

