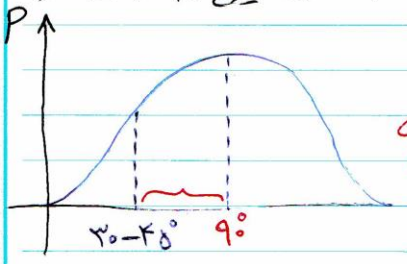
بررسی

سیستمهای قدرت ۱

یادآوری:

ژنراتورهای سنکرون در یک نیروگاه تحت زاویه ۳۰ تا ۴۵° کار می‌کنند. در صورت افزایش مصرف باید ژنراتورهای رزرو را وارد مدار نمود و به هیچ وجه زاویه کار ژنراتور را از ۳۰ تا ۴۵° بیشتر نمی‌کنند.



در عمل فاصله بین ۴۵ تا ۹۰° فرصتی است برای موتیتورینگ تا قسمتی از بار را از مدار خارج کنند.

- انواع بار:

① بار مقاومتی $\theta_V = \theta_I \Rightarrow \theta = 0 \rightarrow \cos\theta = 1$

② بار سلفی $\theta_V > \theta_I \Rightarrow 0 < \theta < 90 \rightarrow \cos\theta < 1$ lag

lag: پس فاز

③ بار خازنی $\theta_I > \theta_V \Rightarrow -90 < \theta < 0 \rightarrow \cos\theta > 1$ lead

lead: پیش فاز

- مثال:

فرض کنید یک بار صنعتی 10 kw با ضریب توان 0.8 lag داریم در صورتی که بخواهیم مقدار ضریب توان را به 0.95 ارتقاء دهیم چه مقدار توان راکتیو خازنی توسط بانک خازنی تعبیه شده و به شبکه باید تزریق شود؟

$$\begin{cases} 10\ kw \\ 0.8\ lag \end{cases} \xrightarrow{\text{پس از اصلاح}} 0.95\ lag$$

الف) بدون ورود بانک خازنی $\longrightarrow \boxed{tg\theta_1 = \frac{Q_1}{P}}$

ب) با ورود بانک خازنی $\longrightarrow \boxed{tg\theta_2 = \frac{Q_2}{P}}$

$$tg\theta_1 - tg\theta_2 = \frac{Q_1 - Q_2}{P} = \frac{Q_C}{P} \Rightarrow \boxed{Q_C = P(tg\theta_1 - tg\theta_2)}$$

یادآوری: $\begin{cases} \theta_1 = \cos^{-1} 0.8 = 36.87^\circ \\ \theta_2 = \cos^{-1} 0.95 = 18.19^\circ \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} tg\theta_1 = tg\,36.87 = 0.75 \\ tg\theta_2 = 0.33 \end{cases}$

$$Q_C = P(tg\theta_1 - tg\theta_2) = 10(0.75 - 0.33) = 4.2 \ \text{kvar}$$

- توان مختلط:

$$S = V \cdot I^* = (|V|\angle\theta_V)(|I|\angle\theta_I)^* = (|V|\angle\theta_V)(|I|\angle -\theta_I)$$

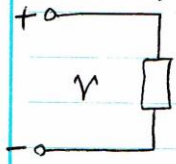
$$= |V||I|\angle(\theta_V + (-\theta_I)) = |V||I|\angle\theta = S$$

$$= \underbrace{|V||I|\cos\theta}_{P} + j\underbrace{|V||I|\sin\theta}_{Q}$$

$$|S| = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad V.A$$

یادآوری:
* علامت مزدوج بوده و نشان دهنده آن است که علامت θ باید تغییر کند.

تذکر مهم:
برای سیستم‌های قدرت همیشه بارها را بصورت امپدانسی (Z) در نظر می‌گیرند.



$$Z = R + jX$$

$$Y = \frac{1}{Z} = \frac{1}{R+jX}$$

$$\begin{cases} V = Z \cdot I \Rightarrow I = \frac{V}{Z} & ① \\ Y = \frac{1}{Z} \overset{①}{\Rightarrow} I = Y \cdot V & ② \end{cases}$$

$$\begin{cases} S = V \cdot I^* \\ I = Y \cdot V \end{cases} \Longrightarrow S = V \cdot (Y \cdot V)^* = V \cdot V^* \cdot Y^* = V^2 \cdot Y^*$$

$$S = \frac{V^2}{R - jX} \times \frac{R + jX}{R + jX} = \underbrace{\frac{(R+jX)V^2}{R^2+X^2}}_{P} + j\underbrace{\frac{X \cdot V^2}{R^2+X^2}}_{Q}$$

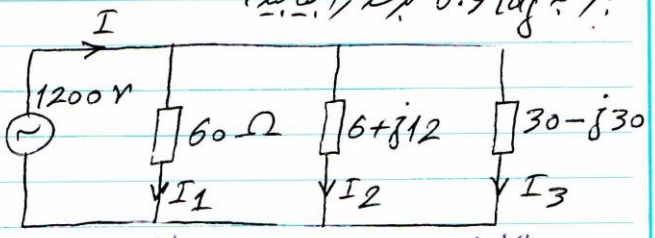
$$\Longrightarrow \begin{cases} P = f(F, |V|) \\ Q = f(F, |V|) \end{cases}$$

یعنی P و Q تابعی از اندازه و $\%$ فرکانس هستند.

مثال:

در مدار شکل زیر مقدار توان اکتیو و راکتیو جذب شده توسط هر شاخه بار و کل توان اکتیو و راکتیو مجموعه بار داده شده را از طریق رابطه توان مختلط بدست آورید.

ب) ظرفیت خازنی که باید بطور موازی با این بارها وصل شود تا ضریب توان کلی بار به 0.9 lag برسد را بیابید.



$I_1 = \frac{1200}{60} = 20\ A$

$I_2 = \frac{1200}{6+j12} \times \frac{6-j12}{6-j12} = 40-j80$

$I_2 = 89.44 \angle -63.43^\circ$ ⟸ $\begin{cases} r = \sqrt{x^2+y^2} \\ tg\theta = \frac{y}{x} \Rightarrow \theta = tg^{-1}\frac{y}{x} \end{cases}$

$I_3 = \frac{1200}{30-j30} \times \frac{30+j30}{30+j30} = 20+j20 \Rightarrow I_3 = 28.29 \angle 45^\circ$

$S_1 = V \cdot I_1^* = (1200)(20\angle 0^\circ) = 24\ kw = P_1$

$S_2 = V \cdot I_2^* = (1200)(89.44\angle 63.43)^* = (1200)(40+j80) = 48+j96$ kvar

(P_2, Q_2)

$S_3 = V \cdot I_3^* = (1200)(20+j20)^* = (1200)(20-j20) = 24-j24$ kvar

(P_3, Q_3)

$I = I_1 + I_2 + I_3 = 20 + (40-j80) + (20+j20) = 80-j60$

$S = V \cdot I^* = (1200)(80+j60) = 96+j72$ kvar

($\sum P$, $\sum Q$)

$\sum P = P_1 + P_2 + P_3 = 24 + 48 + 24 = 96$ kw

$\sum Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 0 + 96 - 24 = 72$ kvar

ضریب توان اولیه $tg\theta = \frac{Q}{P} = \frac{72}{96} = 0.75 \Rightarrow \theta = tg^{-1}0.75 = 36.87^\circ \Rightarrow \cos\theta_1 = 0.8\ lag$

(۴)

$$Q_C = P(tg\theta_1 - tg\theta_2) = 96(36.87 - 25.84) = 96(0.75 - 0.48) =$$

$$\boxed{Q_C = 25.92} \quad Kvar$$

$$\boxed{Q_C = C \cdot \omega \cdot V^2} \Rightarrow C = \frac{Q_C}{\omega \cdot V^2} = \frac{25.92}{2\times 3.14\times 50\times 1200^2} = 57.32 \quad \mu F$$

یادآوری:

$$\boxed{Y_C = C \cdot \omega} \quad \text{ادمیتانس خازن}$$

- توان مختلط (بصورت عبوری در شبکه):

$$Z = R + jX = |Z|\angle\delta$$

$V_1\angle\delta_1$ — $V_2\angle\delta_2$

$$I_{12} = \frac{V_1\angle\delta_1 - V_2\angle\delta_2}{Z\angle\delta} = \frac{V_1}{Z}\angle(\delta_1-\delta) - \frac{V_2}{Z}\angle(\delta_2-\delta)$$

جریان از سمت ورودی به خروجی

در 1- ضرب می‌شوند.

① $$S_{12} = V_1 \cdot I_{12}^{*} = V_1\angle\delta_1\left(\frac{V_1}{Z}\angle(\delta-\delta_1) - \frac{V_2}{Z}\angle(\delta-\delta_2)\right) =$$

$$S_{12} = \boxed{\frac{V_1^2}{Z}\angle\delta - \frac{V_1\cdot V_2}{Z}\angle\delta + \delta_1 - \delta_2}$$

② $$\boxed{P_{12} = \frac{V_1^2}{Z}\cdot\cos\delta - \frac{V_1\cdot V_2}{Z}\cdot\cos(\delta+\delta_1-\delta_2)}$$

③ $$\boxed{Q_{12} = \frac{V_1^2}{Z}\cdot\sin\delta - \frac{V_1\cdot V_2}{Z}\cdot\sin(\delta+\delta_1-\delta_2)}$$

اگر فرض کنیم که تلفات نداریم: $(R=0 \Rightarrow Z=jX)$

① $$\boxed{P_{12} = \frac{V_1\cdot V_2}{X}\cdot\sin(\delta_1-\delta_2)}$$

② $$Q_{12} = \frac{V_1^2}{X} - \frac{V_1\cdot V_2}{X}\cdot\cos(\delta_1-\delta_2) = \boxed{\frac{V_1}{X}\left(V_1 - V_2\cos(\delta_1-\delta_2)\right)}$$

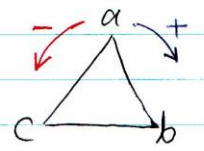
سیستم سه فاز:

$$\begin{cases} v_a(t) = v_m \cos \omega t \\ v_b(t) = v_m \cos(\omega t - 120) \\ v_c(t) = v_m \cos(\omega t + 120) \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_a(t) = I_m \cos(\omega t - \varphi) \\ I_b(t) = I_m \cos(\omega t - \varphi - 120) \\ I_c(t) = I_m \cos(\omega t - \varphi + 120) \end{cases}$$

ولتاژهای سه فاز دو نوع توالی مثبت و منفی دارند.

توالی مثبت: $abc \Rightarrow \begin{cases} a-b \\ b-c \\ c-a \end{cases}$ توالی منفی: $acb \Rightarrow \begin{cases} a-c \\ c-b \\ b-a \end{cases}$



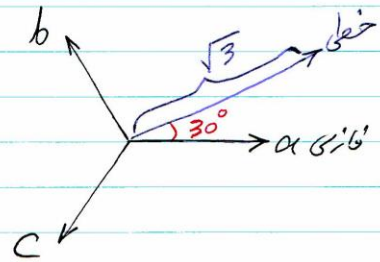
$$\begin{cases} v_a = v \angle 0 \rightarrow \text{فاز مرجع} \\ v_b = v \angle -120 \\ v_c = v \angle +120 \text{ یا } \angle -240 \end{cases} \qquad \begin{cases} I_a = I \angle -\varphi \\ I_b = I \angle -\varphi - 120 \\ I_c = I \angle -\varphi + 120 \end{cases}$$

- بررسی خطوط انتقال نسبت به اینکه ویژگیهای سه فاز را دارا هستند یا نه:

$$v_{ab} = v_a - v_b = v_a - v_a \angle -120 = v_a - \left(v_a \underbrace{\cos(-120)}_{-\frac{1}{2}} + j v_a \underbrace{\sin(-120)}_{-\frac{\sqrt{3}}{2}}\right) =$$

$$= \frac{3}{2} v_a + j \frac{\sqrt{3}}{2} v_a = \sqrt{3} v_a \underbrace{\left(\frac{\sqrt{3}}{2} + j \frac{1}{2}\right)}_{30^\circ} =$$

$$\boxed{v_{ab} = \sqrt{3} \cdot v_a \angle 30^\circ}$$



تذکر مهم:
ولتاژ خطی نسبت به ولتاژ فازی به اندازه 30° جلوتر (پیش فاز) است.