

# ادامه فصل چهارم: ماشینهای سنگرون

## توان راکتیو ژنراتورهای سنکرون

$$R \ll X_s \Rightarrow R \approx 0$$

$$\vec{V}_\phi + (\mathbf{R} + jX_s)\vec{I}_s = \vec{E}_A$$

0

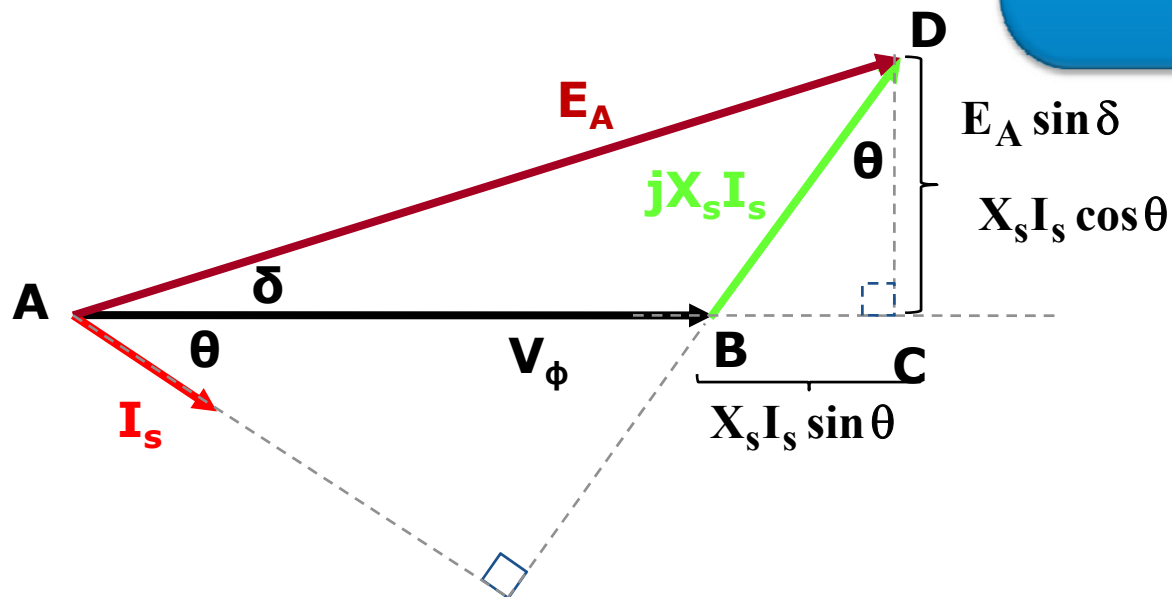
$$X_s I_s \sin \theta = E_A \cos \delta - V_\phi$$

$$\Rightarrow I_s \sin \theta = \frac{E_A \cos \delta - V_\phi}{X_s}$$



$$Q = 3V_\phi I_s \sin \theta$$

$$= 3V_\phi \frac{E_A \cos \delta - V_\phi}{X_s}$$



## توان راکتیو ژنراتورهای سنکرون

$E_A \cos \delta = V_\phi \Rightarrow Q = 0$  بار اهمی است.

$E_A \cos \delta > V_\phi \Rightarrow Q > 0$  توان راکتیو به بار تحویل می دهد. یعنی بار سلفی است.

$E_A \cos \delta < V_\phi \Rightarrow Q < 0$  توان راکتیو از بار تحویل می گیرد. یعنی بار خازنی است.

با تغییر **If** می توانیم **E** را تغییر دهیم لذا توان راکتیو تغییر می کند.

## توان و گشتاور ژنراتورهای سنکرون

گشتاور القا شده در این ژنراتور:

$$\tau_{\text{ind}} = k\vec{B}_R \times \vec{B}_S = k\vec{B}_R \times \vec{B}_{\text{net}}$$

$$\tau_{\text{ind}} = kB_R B_{\text{net}} \sin \delta$$

از طرف دیگر:

$$\tau_{\text{ind}} = \frac{P_{\text{out}}}{\omega_m} = \frac{3V_{\phi} E_A \sin \delta}{\omega_m X_s}$$

$$\delta = \frac{\pi}{2} \Rightarrow \tau_{\text{max}} = \frac{3V_{\phi} E_A}{\omega_m X_s}$$

❖ زاویه گشتاور بار کامل ماشین واقعی معمولاً ۲۰ تا ۳۰ درجه است.

## مثال

یک ژنراتور سنکرون  $360V$ ،  $60Hz$  چهار قطب با اتصال ستاره دارای راکتانس سنکرون  $1/0$  اهم بر فاز می‌باشد. مقاومت آرمیچر ناچیز است. جریان نامی آرمیچر  $600A$  است. تلفات کل در شرایط نامی  $2.5kW$  می‌باشد. جریان میدان ( $/$ تحریک) به نحوی تنظیم شده است که ولتاژ ترمینال در حالت مدار باز  $360V_{L-L}$  باشد.

الف) سرعت چرخش نامی ژنراتور چقدر است؟

ب) ولتاژ ترمینال را با جریان نامی و ضریب توان : (۱)  $0.8$  پسفاز، (۲) ضریب توان واحد و (۳)  $0.8$  پیشفاز بدست آورید.

پ) بازده ژنراتور در حال کار با جریان نامی و ضریب توان  $0.8$  پسفاز چقدر است؟

ت) در این حالت چه مقدار گشتاور باید به ژنراتور اعمال شود؟



$$N_s = \frac{120f}{P} = 1800 \text{ rpm}$$

(الف)

$$E_a = \frac{360}{\sqrt{3}} = 207.8$$

(ب)

$$V_t = E_a - jX_s I_a$$

$$(V_t + X_s I_a \sin \theta)^2 + (X_s I_a \cos \theta)^2 = E_a^2$$

$$(V_t + 0.1 \times 600 \times 0.6)^2 + (0.1 \times 600 \times 0.8)^2 = 207.8^2$$

$$V_t = 166.1802 \text{ V} \Rightarrow U = 287.8 \text{ V}$$

$$(V_t)^2 + (X_s I_a)^2 = E_a^2$$

$$(V_t)^2 + (0.1 \times 600)^2 = 207.8^2$$

$$V_t = 198.9493 \text{ V} \Rightarrow U = 344.6 \text{ V}$$



(ب)

$$(V_t - X_S I_a \sin \theta)^2 + (X_S I_a \cos \theta)^2 = E_a^2$$

$$(V_t - 0.1 \times 600 \times 0.6)^2 + (0.1 \times 600 \times 0.8)^2 = 207.8^2$$

$$V_t = 238.1802 \text{ V} \Rightarrow U = 412.5 \text{ V}$$

(پ)

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} = \frac{P_{out}}{P_{out} + P_{loss}} = \frac{3V_t I \cos \theta}{3V_t I \cos \theta + P_{loss}} = \frac{3 \times 166.2 \times 600 \times .8}{3 \times 166.2 \times 600 \times .8 + 2500} = 99\%$$

(ت)

$$T = \frac{p_{in}}{\Omega} = \frac{3 \times 166.2 \times 600 \times .8 + 2500}{1800 / 60 \times 2\pi} = 1282.8 \text{ N.m}$$

## موتورهای سنکرون

### تمرین

❖ یک ژنراتور سنکرون ۱۰ مگا ولت آمپر ، ۱۳.۸ کیلو ولت، ۲ قطب ۶۰ هرتز با اتصال ستاره، در جریان تحریک ۸۴۲ آمپر به ولتاژ آرمیچر نامی در بی باری می رسد. در حالت اتصال کوتاه سه فاز با جریان تحریک ۲۲۶ آمپر، جریان آرمیچر آن نامی خواهد بود. فرض کنید این ژنراتور به یک فیدر توزیع ۱۳.۸ کیلوولت با امپدانس ناچیز متصل است و توان خروجی آن ۸.۵ مگا وات در ضریب قدرت ۰.۸۵ / پسفاز است. راکتانس سنکرون، جریان تحریک و زاویه بار را برای این ژنراتور محاسبه کنید. از اشباع صرفنظر کنید و  $R_a=0$  فرض کنید.

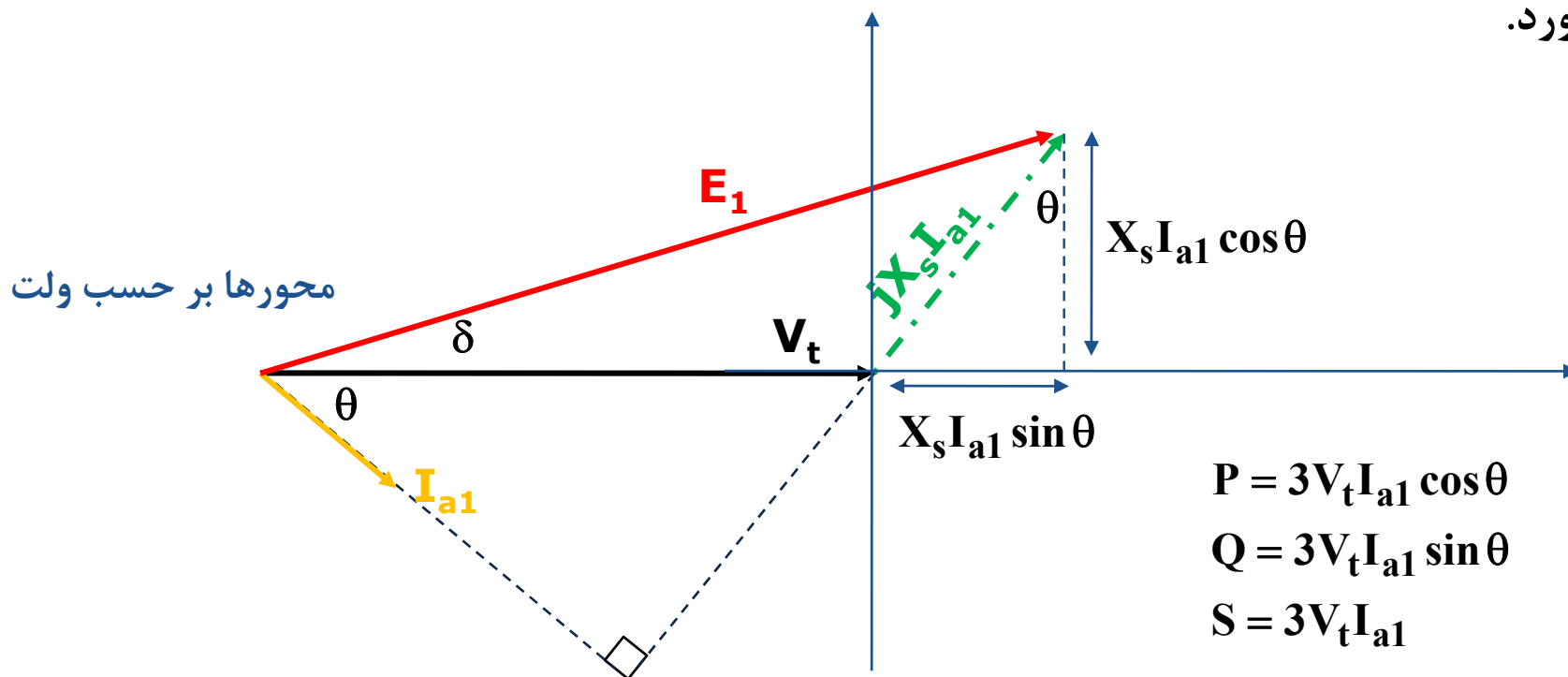


# ژنراتورهای سنکرون

## منحنی های قابلیت ماشین سنکرون

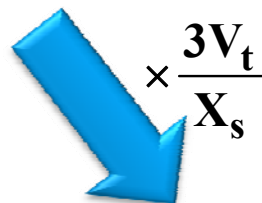
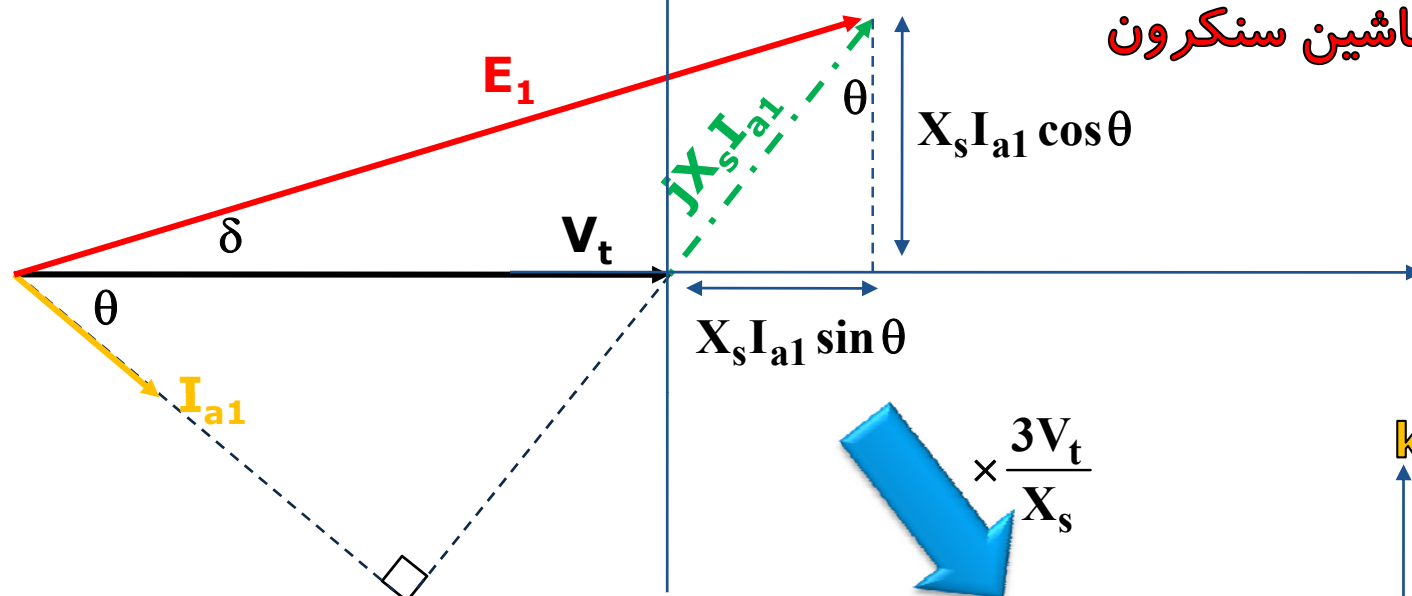
❖ محدودیت های گرمایی استاتور و رتور و هر محدودیت خارجی دیگر ژنراتور سنکرون را می توان با نمودار قابلیت ژنراتور به شکل ترسیمی نشان داد.

❖ نمودار قابلیت ژنراتور، تصویری از توان مختلط  $S = P + jQ$  است. این نمودار را با فرض ثابت بودن  $V_\phi$  و برابر بودن آن با ولتاژ نامی ماشین می توان از روی نمودار فازوری ژنراتور به دست آورد.



# ژنراتورهای سنکرون

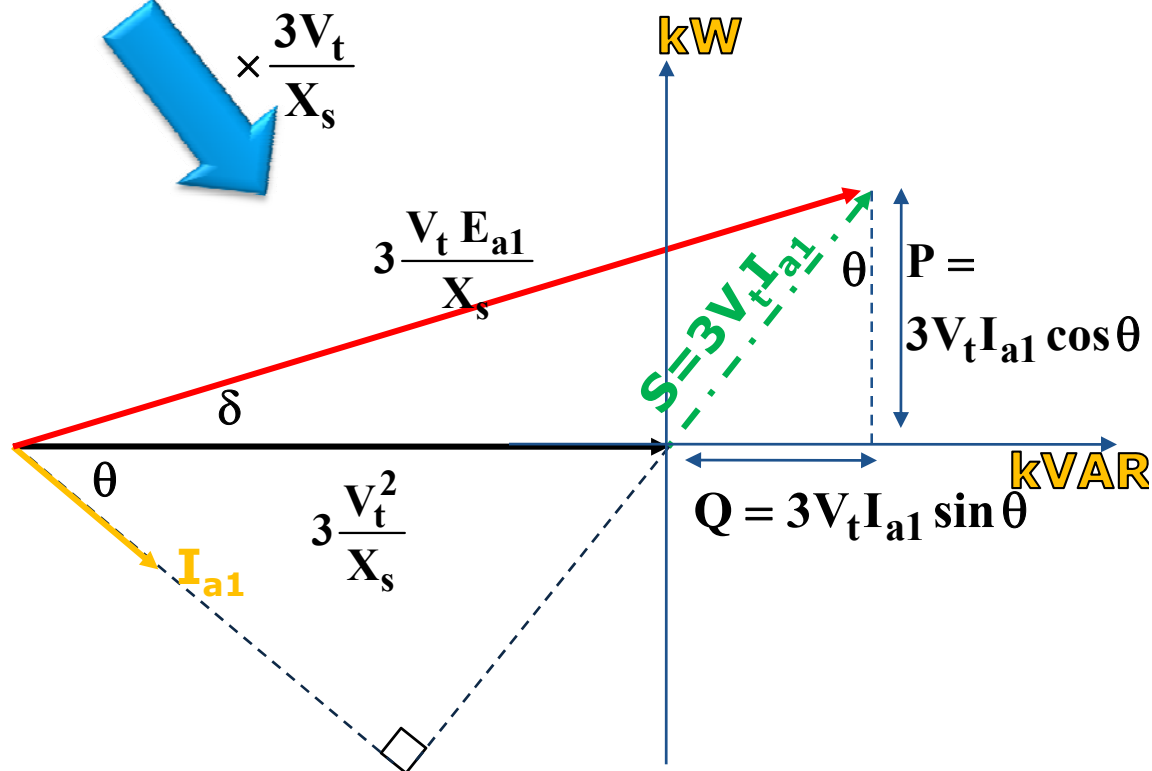
منحنی های قابلیت ماشین سنکرون



$$P = 3V_t I_{a1} \cos \theta = \frac{3V_t}{X_s} (X_s I_{a1} \cos \theta)$$

$$Q = 3V_t I_{a1} \sin \theta = \frac{3V_t}{X_s} (X_s I_{a1} \sin \theta)$$

$$S = 3V_t I_{a1} = \frac{3V_t}{X_s} (X_s I_{a1})$$



# ژنراتورهای سنکرون

## منحنی های قابلیت ماشین سنکرون

پارامترهای محدود کننده:

### ❖ حداکثر جریان استاتور:

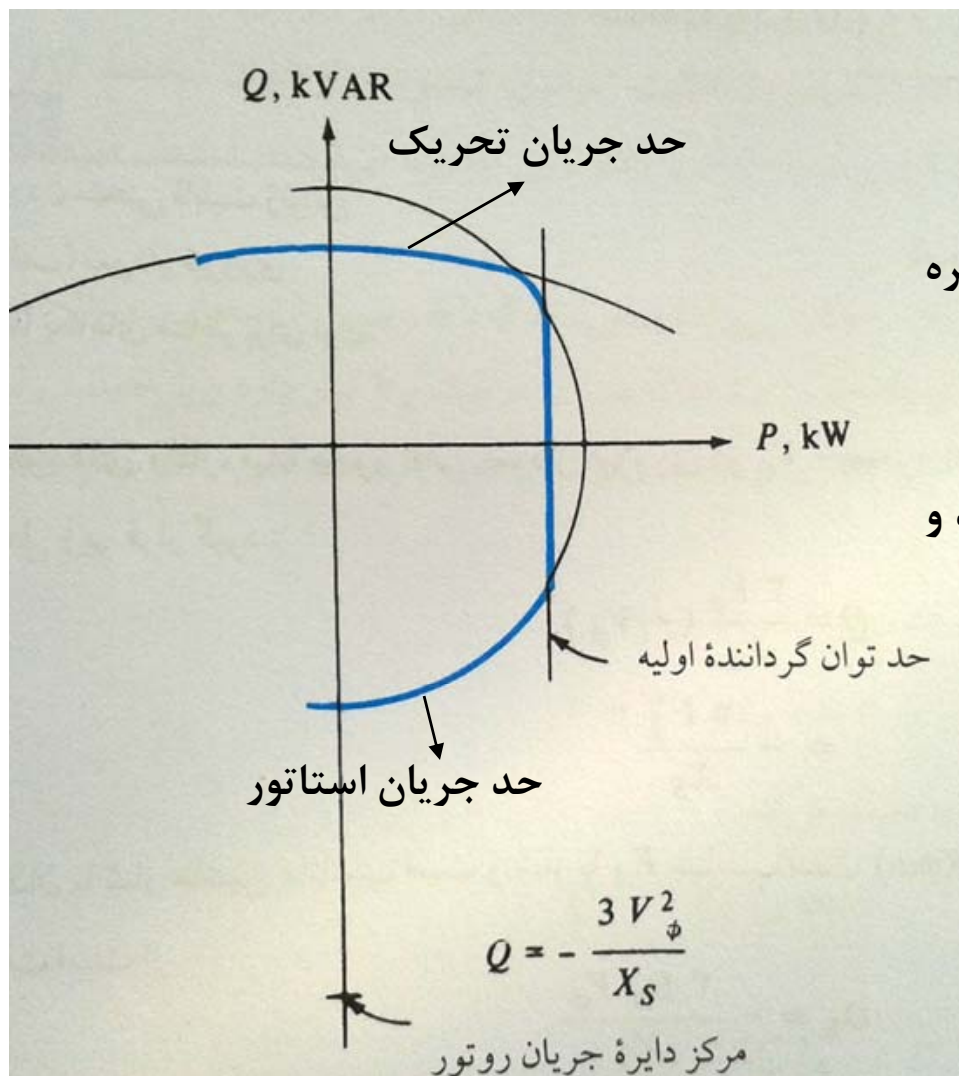
خطوط جریان ثابت به صورت خطوط  $S$  ثابت که دایره های هم مرکز هستند ظاهر می شود.

### ❖ حداکثر تلفات رتور:

خطوط جریان میدان ثابت با خطوط  $E$  ثابت متناظرند و به صورت دایره هایی با شعاع  $3E_A V_t / X_s$  به مرکز  $-3V_t^2 / X_s$  است

### ❖ حداکثر توان ورودی

$$P_{out,max} = P_{in,max} - P_{loss}$$



## ژنراتورهای سنکرون

هدف از موازی کردن ژنراتورها چیست ؟

← بالا بردن قابلیت اطمینان سیستم

← امکان برنامه ریزی برای تعمیرات دوره ای

← افزایش راندمان

← نیاز به واحدهای رزرو کوچکتر

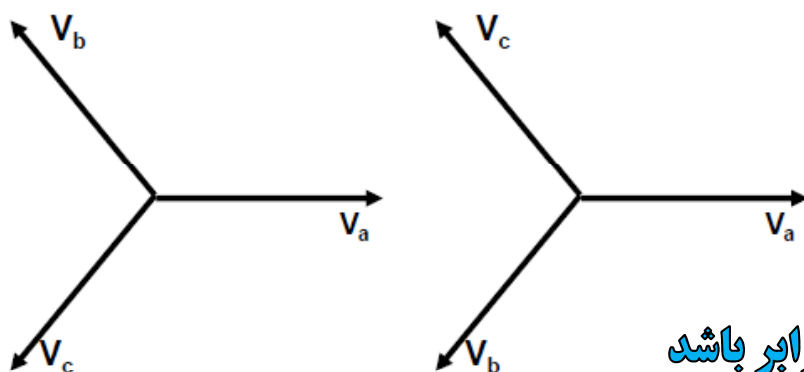
# ژنراتورهای سنکرون

## شرایط لازم برای موازی کردن ماشین سنکرون

❖ برای اتصال یک ماشین سنکرون به شبکه قدرت لازم است شرایطی تامین شود:

۱: مقدار موثر ولتاژ خط ژنراتوری که با سرعت سنکرون می چرخد با ولتاژ خط شبکه برابر باشد.

۲: ترتیب فاز این دو ولتاژ یکسان باشد.



حتی اگر دو فاز از سه فاز اشتباه وصل شوند، جریان بزرگی در آن فازها جاری می شود که به ماشین صدمه می زند.

۳: فرکانس ولتاژ تولیدی ژنراتور باید با فرکانس ولتاژ شبکه برابر باشد

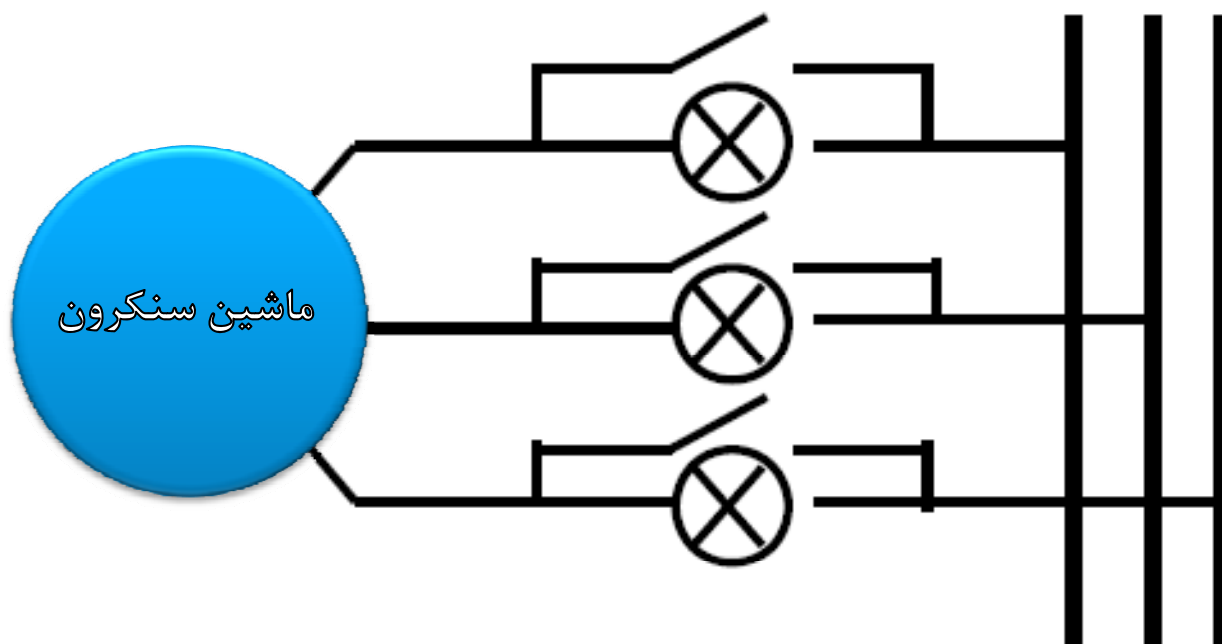
اگر فرکانس ها برابر نباشد، پس از موازی شدن و تا زمان پایدار شدن ژنراتور، جریانهای گذرای بزرگی به وجود می آید

۴: زاویه فاز ولتاژهای شبکه و ژنراتور یکسان باشد.

# موتورهای سنکرون

## موازی کردن ماشین سنکرون

وقتی هر سه لامپ خاموش هستند همه شرایط موازی کردن برقرار است.



✓ هر سه لامپ با هم پر نور و کم نور می شوند: دو سیستم ترتیب فاز یکسانی دارند  
✓ نور زیاد: اختلاف فاز زیاد      نور کم: اختلاف فاز کم  
✓ هر سه لامپ خاموش: اختلاف ولتاژ دو سر آنها صفر است و دو سیستم هم فازند