

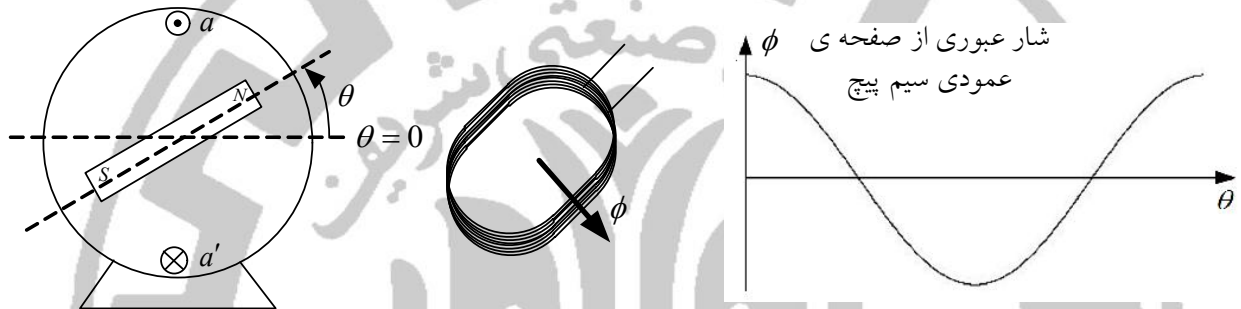
ساختمان و مشخصات ژنراتور سنکرون:

این نوع ماشین تبدیل انرژی مکانیکی به الکتریکی را انجام می دهد . به دلیل ویژگی های خاص آن یکی از پرکاربردترین ژنراتورها در شبکه برق سراسری می باشد . در واقع عمده ژنراتورهای شبکه از این نوع می باشند .

ساختمان ژنراتور سنکرون :

از دید استاتور کاملاً مشابه با حالت قبل است .

ژنراتور یک منبع ولتاژ است ، یعنی در آن تجمع حامل های بار تغییر می کند و بنابراین اختلاف پتانسیل ایجاد می شود .



با توجه به شار عبوری از سیم پیچ و قانون فاراده ، ولتاژ القایی $N \frac{d\phi}{dt}$ در سیم پیچ القا می شود و باعث ایجاد

اختلاف پتانسیل در دو سر سیم پیچ خواهد شد . این ولتاژ با دامنه ϕ و تعداد دور N و نرخ $\frac{d\phi}{dt}$ نسبت مستقیم دارد .

$$\frac{d\phi}{dt} = \frac{d\phi}{d\theta} \times \frac{d\theta}{dt} = \frac{d\phi}{d\theta} \times \omega$$

$$V_{xy_1} = V_{xx_1} + V_{yy_1} = 2V_{loop}$$

$$N \text{ loop} \Rightarrow V_{winding} = NV_{loop}$$

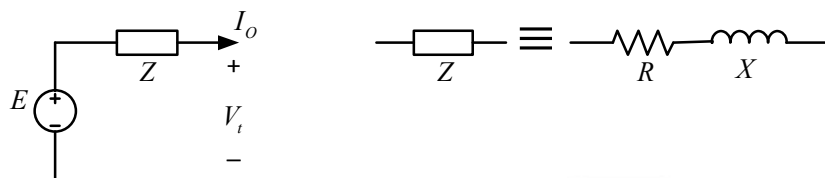
نکته :

با افزایش دامنه $\phi \Rightarrow \frac{d\phi}{d\theta}$ افزایش می یابد $V \uparrow \Leftarrow$

با افزایش سرعت (ω) ، $\frac{d\theta}{dt}$ افزایش می یابد $V \uparrow \Leftarrow$

مدل مداری ماشین سنکرون :

این ماشین یک منبع ولتاژ است.



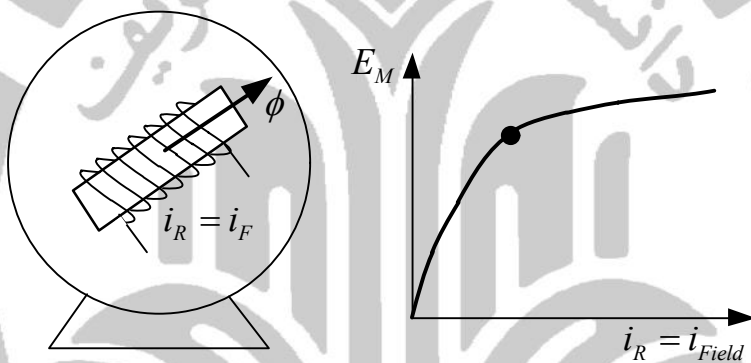
X مستقیماً اندوکتانس سیم پیچ نیست ، اما با آن رابطه دارد.

$$E_m = N\phi_m\omega = k\phi\omega$$

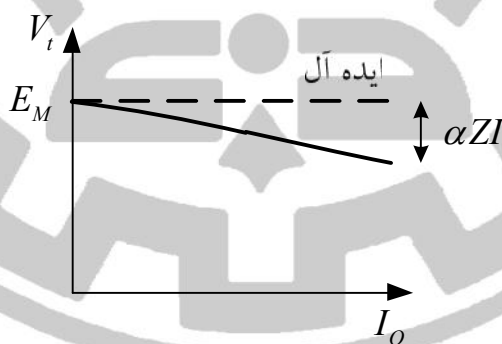
(ω سرعت چرخش - ϕ شار روتور - k عدد ثابت)

مشخصه داخلی ژنراتور:

در این حالت ژنراتور با سرعت ثابت چرخانده می شود و سرعت آن از صفر تا مقدار حداکثر تغییر می کند .



مشخصه ی خارجی :

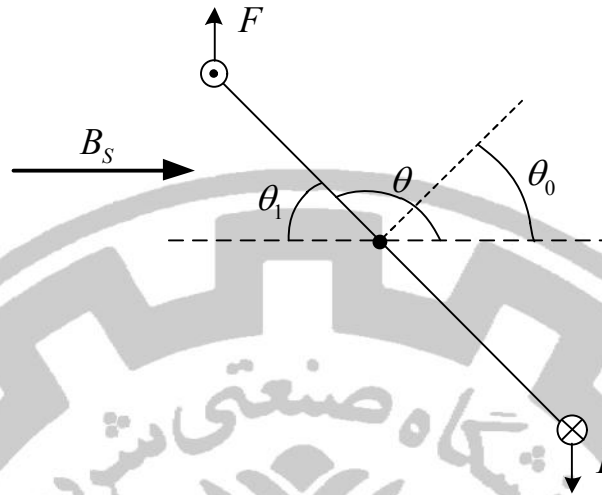


$$I_{sc} = \frac{E}{X} = \frac{k\phi\omega}{L\omega} = \frac{k\phi}{L}$$

اگر $X \gg R$ و ژنراتور را اتصال کوتاه کنیم :

معادله گشتاور در ماشین گردان :

فرض کنید یک حلقه ی حامل جریان به صورت زیر در یک میدان مغناطیسی قرار دارد:



نیروی وارد بر یک سیم حامل جریان در میدان مغناطیسی با چگالی B به صورت زیر بیان می شود:

$$F = i(\vec{l} \times \vec{B}_s)$$

$$F = B_s i l$$

بنابراین در این حالت نیرو برابر است با:

که l طول بازوی حلقه است.

$$\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F}$$

گشتاور تولیدی به صورت زیر بدست می آید:

$$\tau = B_s i r l \sin(90 + \theta_1)$$

با در نظر گرفتن زوایای نشان داده شده و گشتاور کل با توجه به تقارن شکل ، دو برابر مقدار فوق می باشد.

$$\tau_{Total} = B_s i (2rl) \cos \theta$$

که $2rl$ برابر سطح حلقه می باشد

گشتاور با تغییر زاویه تغییر می کند ، یعنی در این حالت به ازای زوایای مختلف ، مقادیر مختلف τ_{Total} بدست

می آید که اگر به همین صورت باقی بماند باعث توقف ماشین می شود .

$$\tau_{Total} \propto B_s i \sin \theta_0 \Rightarrow \tau_{Total} = k' B_s i \sin \theta_0$$

با تغییر رابطه ی τ_{Total} :

از طرف دیگر وجود جریان در حلقه باعث تولید میدان B_l می شود که برطبق $Ni = R\phi$ با ضریب ابعادی

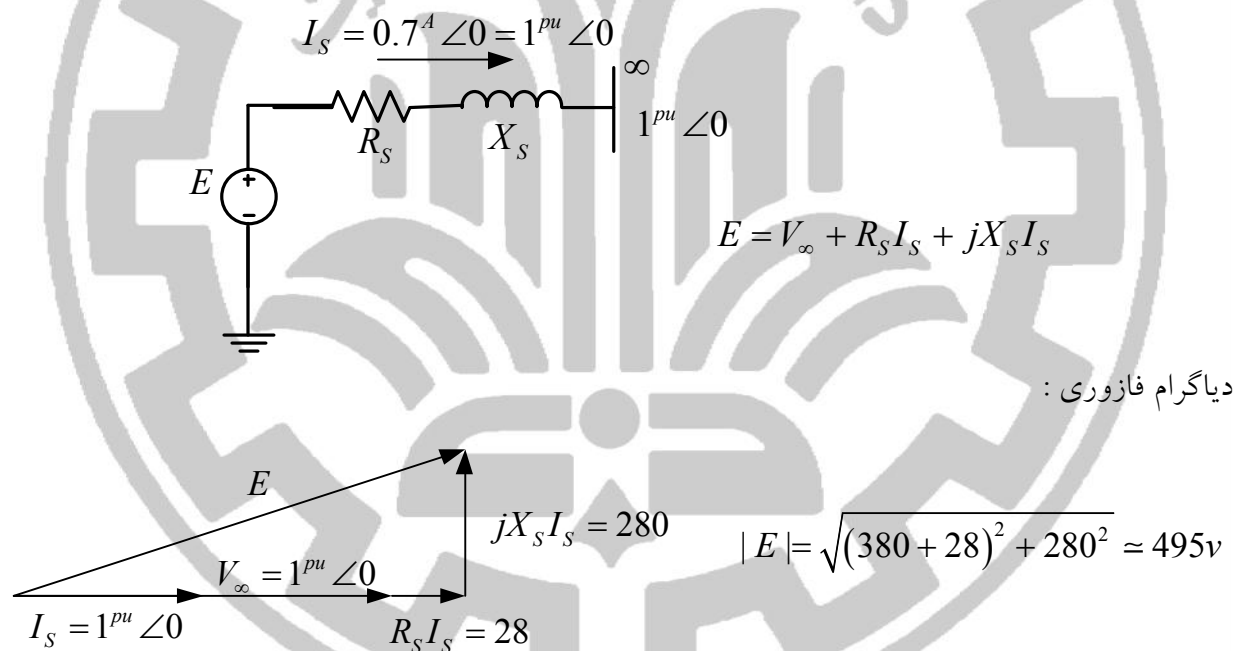
$$\vec{\tau} = k(\vec{B}_l \times \vec{B}_s)$$

با i متناسب است.

از رابطه فوق این نتیجه بدست می آید که گشتاور یک سیم پیچ حامل جریان در معرض یک میدان مغناطیسی با

- (1) مقدار این میدان
 - (2) مقدار جریان حلقه (شار حلقه)
 - (3) سینوس زاویه بین محور عمود بر صفحه و محور میدان
- متناسب است .

مثال : یک ژنراتور سنکرون به باس بی نهایت متصل بوده و جریان نامی را تحت ضریب توان واحد تحویل می دهد . مقادیر پارامترهای ماشین $X_S = 400\Omega$ و $R_S = 40\Omega$ می باشد . جریان نامی ماشین $0.7A$ بوده و ولتاژ شبکه $380V$ و سه فاز فرض می شود . نمودار فازوری ماشین و ولتاژ داخلی آن را حساب کنید . باس بی نهایت : گرهی که ولتاژ و فرکانس آن ثابت است و در شبکه ی قدرت معادل منبع ولتاژ ایده آل است.



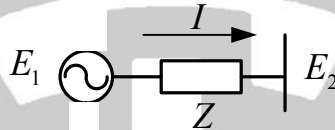
نکات :

- (1) از نمودار فازوری فوق این نتیجه بدست می آید که با وجود بزرگ بودن $X_S I_S$ (توجه کنید که $R_S I_S$ هم داریم ولی دامنه آن کمتر است) اختلاف $|V_\infty|$ و $|E|$ کمتر از $X_S I_S$ شد ، چون به صورت برداری با هم جمع می شوند.
- (2) باوجود شباهت این نمودارها با نمودارهای فازوری ترانسفورماتور در اینجا $|V|$ و $|E|$ مستقل می باشند. V توسط شبکه و E توسط I_r کنترل می شود. بنابراین این ΔV است که باید خود را در این نمودار تطبیق دهد.
- (3) بنابراین در $|E|$ های کوچک ΔV آنقدر باید بچرخد که ژنراتور پیش فاز می شود و بلعکس در $|E|$ های بزرگ ژنراتور پس فاز خواهد شد.
- (4) در یک ژنراتور سنکرون ولتاژ داخلی E و ولتاژ اعمالی به سیم پیچ استاتور تشکیل دو بردار مغناطیسی را می دهند که در فضای ماشین در حال حرکت می باشد.
- (5) در مثال قبل، ژنراتور سه فاز بود ، بنابراین مانند ترانسفورماتور سه فاز مسئله را تنها برای یکی از فاز ها حل کرده و به بقیه تعمیم می دهیم. بنابراین تفاوت اصلاحی در مثال قبل تبدیل ولتاژ $V_\infty : 380v \rightarrow 220v$ است.

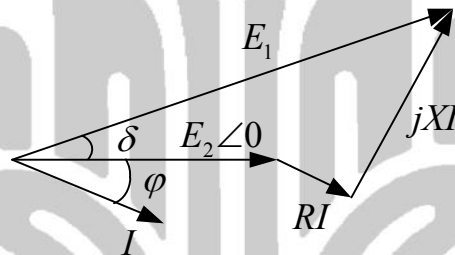
رابطه توان- زاویه:

همانطور که در ادامه خواهیم دید بین ولتاژ داخلی ماشین سنکرون و ولتاژ بار یا شبکه رابطه مهمی وجود دارد که توان ظاهری ماشین را تعیین می کند. از این جا رابطه توان حقیقی ماشین بدست می آید که یک ابزار محاسباتی مهم در تعبیر اتفاقات داخل ماشین است.

ابتدا این مسئله کلی را حل می کنیم



E_2 را مرجع فازوری در نظر می گیریم: (KVL فازوری را می نویسیم)
 تمام عناصر فوق در تحلیل آینده فازور می باشند.
 دیاگرام فازوری: با فرض ($Z = R + jX$)



$$I = \frac{E_1 - E_2}{Z}$$

$$I = \frac{E_1 \angle \delta - E_2 \angle 0}{|Z| \angle \phi_z}$$

$$I = \frac{E_1}{|Z|} \angle (\delta - \phi_z) - \frac{E_2}{|Z|} \angle -\phi_z$$

اکنون رابطه ی جریان را بدست می آوریم:

این رابطه را به صورت قطبی می نویسیم:

و به صورت بسط داده شده:

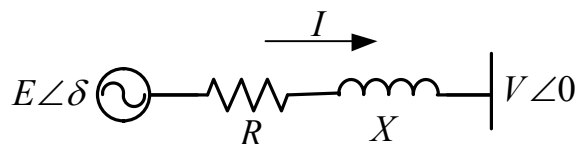
هدف بدست آوردن توان حقیقی (P) است، بنابراین ابتدا توان ظاهری (S) را محاسبه می کنیم تا از این طریق توان راکتیو نیز بدست آید.

$$S = E_2 I^* = E_2 \left(\frac{E_1}{|Z|} \angle (\delta - \phi_z) - \frac{E_2}{|Z|} \angle -\phi_z \right)^* \quad S \text{ را در ترمینال } E_2 \text{ بدست می آوریم:}$$

$$P = \text{Re}(S) \quad \text{اکنون رابطه توان حقیقی را از رابطه } S \text{ به صورت زیر بدست می آوریم:}$$

$$Q = \text{Im}(S) \quad \text{به همین شکل توان راکتیو نیز بدست می آید:}$$

حال ژنراتور سنکرون را در نظر می گیریم



اگر از R صرف نظر کنیم : $Z \approx X \Rightarrow \varphi_Z = 90^\circ \Rightarrow P = \frac{VE}{X} \sin \delta$

این رابطه برای هرگونه ارتباط دو منبع ولتاژ با واسطه یک راکتانس X صادق است.

مثال : یک ژنراتور سنکرون به باس بی نهایت متصل است و بار (توان حقیقی) آن صفر است. در این حالت

جریان تحریک را کم می کنیم ، طوری که $|E| < |V|$ شود.

نمودار فازوری ، جریان و...؟

$$P = 0 \Rightarrow \delta = 0$$

نمودار فازوری:

$$I = \frac{E - V}{jX} = \frac{-|\Delta E|}{X}(-j) = \frac{|\Delta E|}{X}j$$

خازن پیش فاز

حالت $|E| > |V|$

$$I = \frac{|\Delta E|}{X}(-j)$$

سلفی پس فاز

همان طور که قبلاً هم اشاره شد، کنترل $|E|$ به کمک I_f انجام می شود.

همین تعبیر در حالت موتور نیز صادق است ، فقط جای حالت سلفی و خازنی برعکس می شود (چون

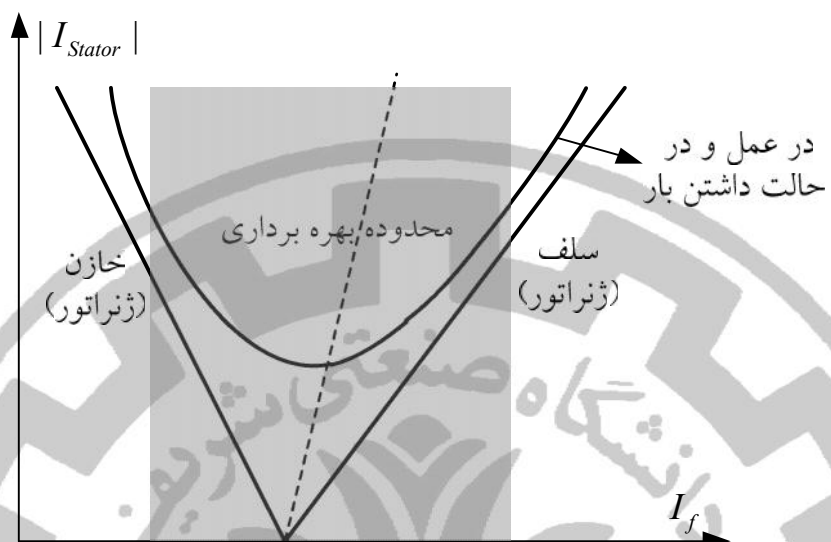
جهت جریان رو به داخل است)

در حالت موتوری و در حالت خازنی به این وسیله کندانسور سنکرون گفته می شود.

منحنی V ماشین سنکرون :

در مثال اخیر که $P = 0$ بود: $|I_{Stator}| = \frac{|\Delta E|}{X}$

اگر $|E| = |V|$ که این حالت به ازای I_f نزدیک مقدار نامی رخ می دهد.



اصول ماشین های القایی (آسنکرون):