۶

ماشین‌های سنکرون سه فاز

Three Phase Synchronous Machines

مقدمه

ماشین‌های سنکرون تحت سرعت ثابتی به‌نام سرعت سنکرون [1] می‌چرخند. و جزء ماشین‌های جریان متناوب (AC) محسوب می‌شوند. دراین ماشین‌ها برخلاف ماشین‌های القایی (آسنکرون)، میدان گردان شکاف هوایی ورتور بایک سرعت که همان سرعت سنکرون است می‌چرخند. ماشین‌های سنکرون سه‌فاز بر دو نوع‌اند.

۱- ژنراتورهای سنکرون سه فاز [2] یا الترناتورها.

۲- موتورهای سنکرون سه فاز [3].

امروزه ژنراتورهای سنکرون سه فاز ستون فقرات شبکه‌های برق را در جهان تشکیل می‌دهد و ژنراتورهای عظیم در نیروگاهها وظیفه تولید انرژی الکتریکی را به دوش می‌کشند. موتورهای سنکرون در مواقعی به کار می‌روند که به سرعت ثابت نیاز داشته باشیم. البته موتورهای سنکرون تک‌فاز کوچکی هم وجود دارد که در فصل بعد راجع به آن اشاره می‌کنیم. نوع خطی موتورهای سنکرون به نام موتورهای سنکرون خطی [4] یا LSM نیز در سیستم‌های حمل و نقل به کار می‌رود و در انتهای این فصل به اختصار راجع به آنها صحبت می‌کنیم.

یکی از مزایای عمده موتورهای سنکرون اینستکه می‌تواند از شبکه توان راکتیو دریافت و یا به شبکه توان راکتیو تزریق کند. ماشین‌های سنکرون اعم از ژنراتور و موتور جزء ماشین‌های دو تحریکه [5] محسوب می‌شوند، زیرا سیم‌پیچ رتور آنها توسط منبع DC تغذیه گشته و از استاتور آنها جریان AC می‌گذرد. باید دانست ساختمان ژنراتور و موتور سنکرون سه فاز شبیه یکدیگر است. شار شکاف هوایی در این ماشین‌ها منتیجه شارهای حاصله از جریان رتور و جریان استاتور می‌باشد. در ماشین‌های القایی (فصل قبل) تنها عامل تحریک کننده جریان استاتور محسوب می‌شد، زیرا جریان رتور بر اثر عمل القاء پدید می‌آمد. لذا موتورهای القایی همواره در حالت پس فاز مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرند، زیرا به جریان پس فاز راکتیوی نیاز داریم تا شار در ماشین حاصل شود. اما در موتورهای سنکرون اگر مدار تحریک رتور، تحریک لازم را فراهم سازد، استاتور جریان راکتیو نخواهد کشید و موتور در حالت ضریب توان واحد [6] کار خواهد کرد. اگر جریان تحریک رتور کاهش می‌یابد، جریان راکتیو از شبکه به موتور سرازیر می‌شود تا به رتور جهت مغناطیس کننده گی ماشین کمک کند.

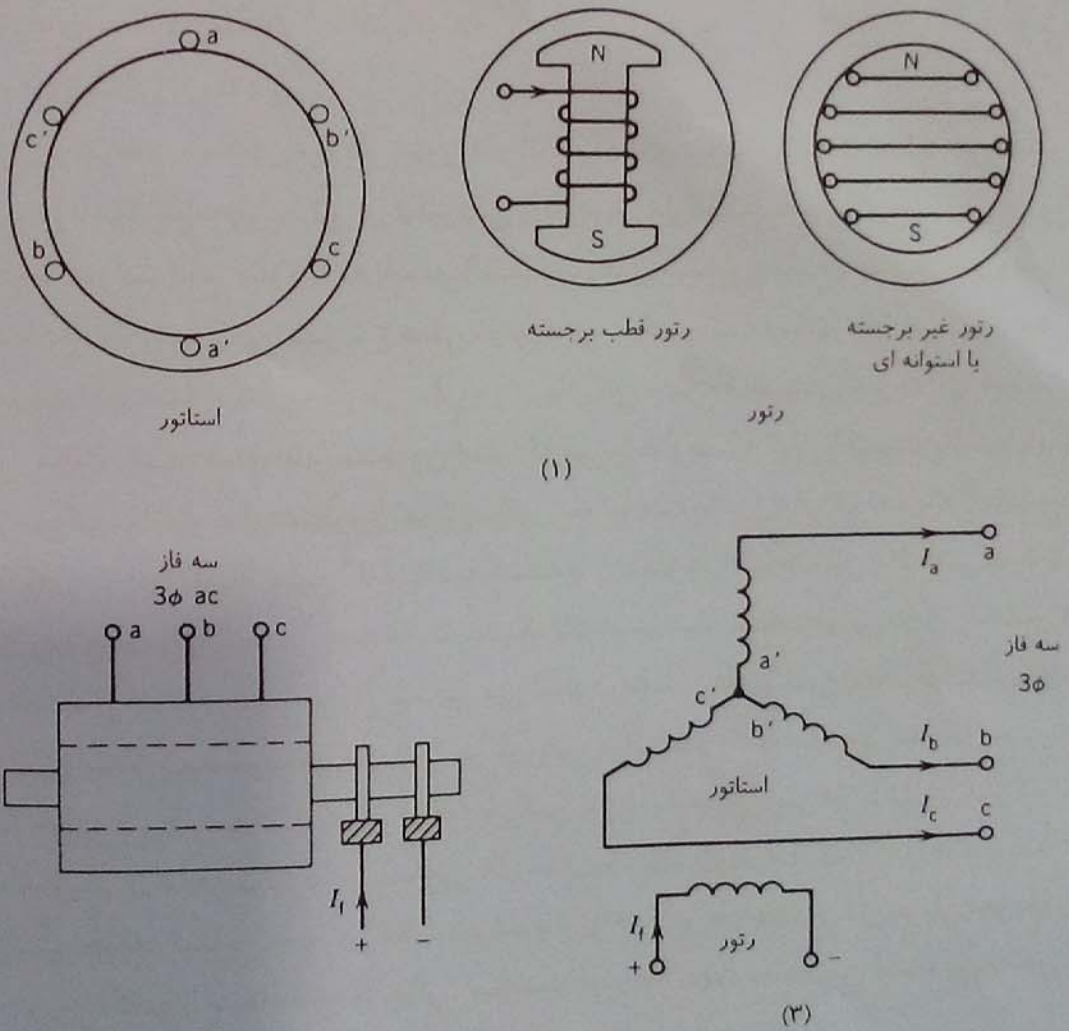
---

1 - *Synchronous Speed*
2 - *Synchronous Generator*
3 - *Synchronous Motor*
4 - *Linear Synchronous Motors*
5 - *Doubly Excited*
6 - *Unity Power Factor*

در این صورت موتور سنکرون سه فاز در حالت پس فاز[1] کار خواهد کرد. اگر جریان تحریک رتور زیاد شود (میدان رتور افزایش می‌یابد) در این صورت جریان راکتیو پیش فاز از شبکه کشیده می‌شود تا با میدان رتور به مخالفت برخیزد. در این صورت موتور در حالت پیش فاز[2] کار می‌کند و توان راکتیو به شبکه می‌فرستد.

از گفتار فوق نتیجه می‌شود که با تغییر جریان تحریک (مدار رتور) که جریانی DC است، ضریب توان موتور سنکرون سه فاز را می‌توان کنترل نمود. باید دانست که در تمامی مراحل موتور از شبکه توان اکتیو (P) می‌کشد اما توان راکتیو موتور (Q) به نحوه تحریک بستگی دارد. اگر موتور بی‌بار باشد تغییر جریان تحریک باعث می‌گردد که موتور گاهی به صورت مقاومت، گاهی بصورت تسلف و گاهی به صورت خازن عمل نماید. موتور سنکرون بی‌بار را کندانسور سنکرون می‌نامند و در سیستم‌های انتقال انرژی[3] جهت تنظیم ولتاژ مورد استفاده قرار می‌گیرد. در صنعت نیز گاهی برای بهبود ضریب توان بجای خازن از موتورهای سنکرون در حالت پیش فاز استفاده می‌شود.

در اینجا لازم است قدری درباره ساختمان ماشین‌های سنکرون سه فاز اعم از موتور و ژنراتور بحث شود. شکل (۱ و ۶-۱) شمای استاتور این ماشین‌ها را نشان می‌دهد. درون شیارهای استاتور سیم‌پیچی سه فاز



شکل ۶-۱ ساختمان ماشین‌های سنکرون سه فاز

1 - *Lagging* 2 - *Leading*
3 - *Power Transmission Systems.*

استاتور جاسازی شده است و استاتور در این ماشین‌ها شبیه استاتور ماشین‌های القایی فصل قبل است. در شکل (۱ و ۶-۱) شمای دو نوع رتور برای ماشین‌های سنکرون نشان داده شده است:

۱- رتور با قطب‌های برجسته [1] که درآن برجستگی قطب‌ها مشهود است و قطب‌ها توسط سیم‌پیچی تحریک یا سیم‌پیچی میدان [2] تحریک می‌شوند. واضح است که در این نوع ماشین‌ها شکاف هوایی (فاصله بین رتور و استاتور) غیر یکنواخت است. در زیر قطب‌ها شکاف هوایی کم و در میان قطب‌ها شکاف هوایی زیادی حاصل می‌شود (شکل ۱ و ۶-۱).

۲- رتور استوانه‌ای [3] یا رتور غیر برجسته [4]، در این نوع ماشین‌ها شکاف هوایی درون ماشین کاملاً یکنواخت است ورتور به صورت یک استوانه نسبتاً کامل ساخته می‌شود (شکل ۱ و ۶-۱).

شکل (۲ و ۶-۱) شمای بیرون ماشین سنکرون را نشان می‌دهد. می‌بینیم از استاتور سه پایانه خارج می‌شود که مربوط به سیستم سه فاز استاتور است. تغذیه جریان DC تحریک مربوط به رتور (If) نیز از طریق حلقه‌های لغزان [5] موجود برروی محور [6] ماشین انجام می‌شود. شکل (۳ و ۶-۱) وضعیت سیم‌پیچی‌های سه فاز استاتور و سیم‌پیچ تحریک را نشان می‌دهد.

مثال ۶-۱

در یک کارخانه یک موتور القایی سه فاز ۵۰۰ کیلو ولت آمپری با ضریب توان ۰/۸ پس فاز موجود است. در این کارخانه نیز یک موتور سنکرون سه فاز ۴ کیلوولتی و ۴۰۰ کیلو ولت آمپری موجود می‌باشد. فرض برآن است که این دو موتور موازی یکدیگر کار می‌کنند و موتور سنکرون ۳۰۰ کیلوولت آمپر تحت ضریب توان واحد از شبکه می‌کشد.

الف: ضریب توان کل کارخانه را به دست آورید.

ب: برای بهبود ضریب توان بدون آن که به بار موتور سنکرون دست بزنیم، تحریک آنرا افزایش می‌دهیم تا از شبکه جریان پیش فاز بکشد. به عبارت دیگر به شبکه توان راکتیو(Q) تزریق کند. به چه میزان می‌توان ضریب توان کارخانه بهبود بخشید، مشروط بر آن که موتور سنکرون اضافه بار [7] پیدا نکند. در این شرایط جریان و ضریب توان موتور سنکرون را حساب کنید.

حل

الف: برای موتورالقایی داریم:

$$\text{توان اکتیو} = ۵۰۰ \times ۰/۸ = ۴۰۰\ kW$$

$$\text{توان راکتیو} = ۵۰۰ \times ۰/۶ = ۳۰۰\ kVAR$$

برای موتور سنکرون داریم:

$$\text{توان اکتیو} = ۳۰۰\ kW$$

1 - Salient Pole Rotor
2 - Field Winding
3 - Cylindrical Rotor
4 - Non Salient Rotor
5 - Slip Rings
6 - Shaft
7 - Over Load