Principles of Mechatronic Systems
مبانی سیستم های مکاترونیکی (جلسه چهاردهم)

By: Reza Tikani

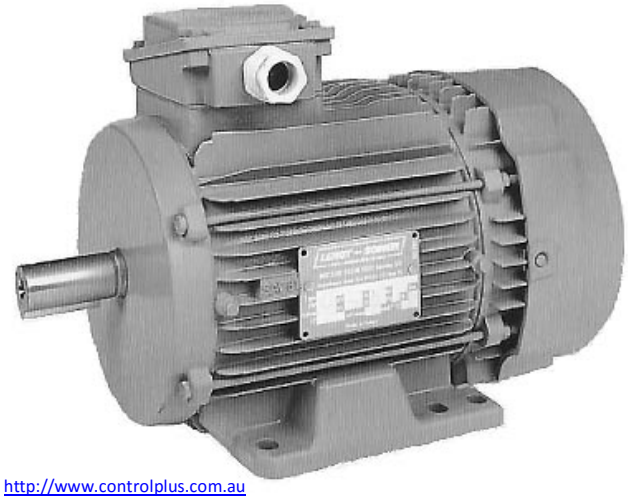
Mechanical Engineering Department

Isfahan University of Technology

عملگرهای پیوسته

موتورهای AC:

موتورهای جریان متناوب به دو گروه تقسیم بندی می شوند: تکفاز و چند فاز که هر گروه به زیرگروه های موتورهای القایی و سنکرون تقسیم می شوند. از موتورهای تکفاز برای توانهای پایین استفاده می شود در حالیکه از موتورهای چندفاز برای توان های بالاتر استفاده می شود. موتورهای القایی از موتورهای سنکرون ارزانتر هستند و در صنعت بیشتر مورد استفاده قرار می گیرند.

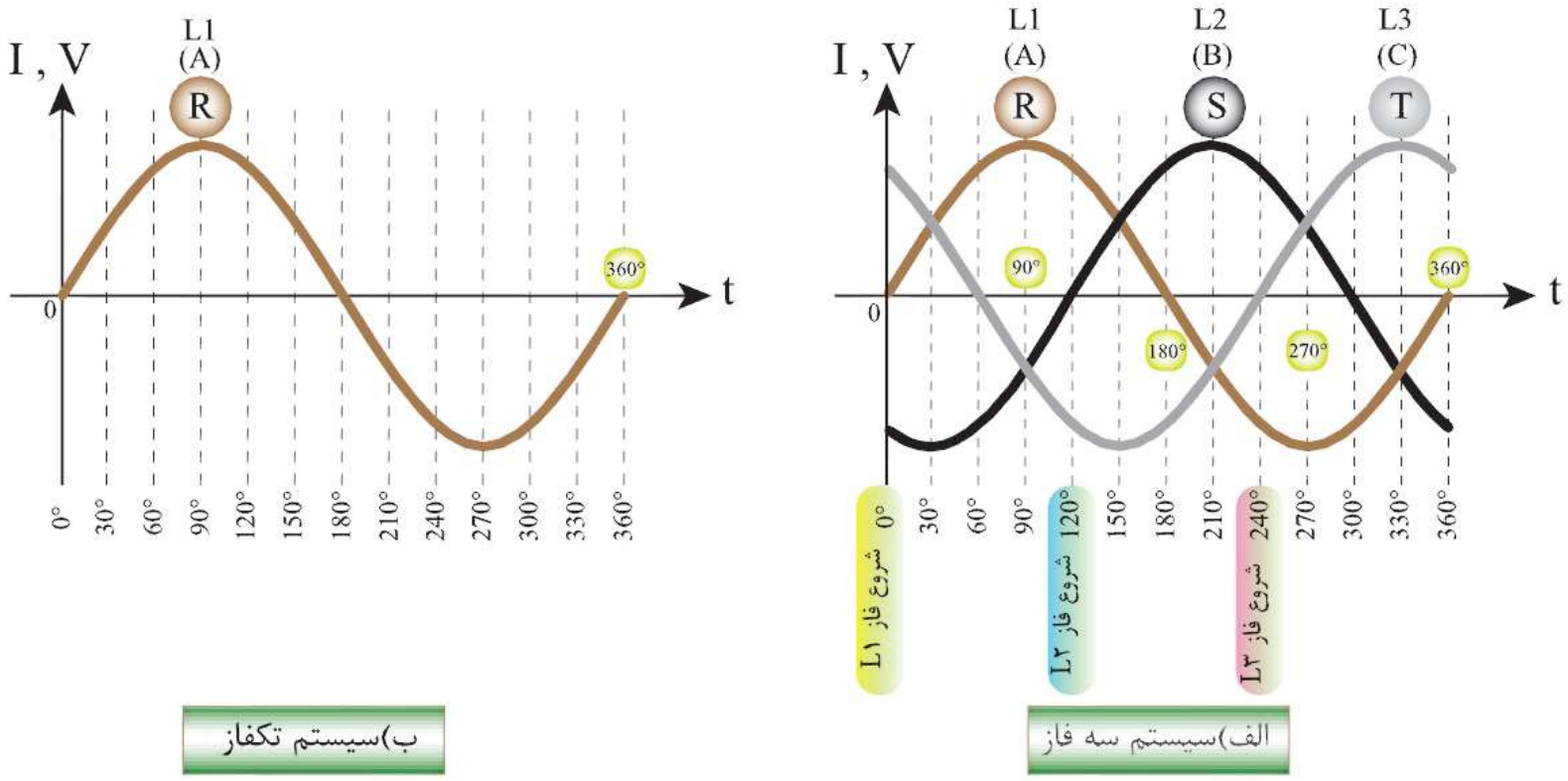


http://www.controlplus.com.au

عملگرهای پیوسته

موتورهای AC:

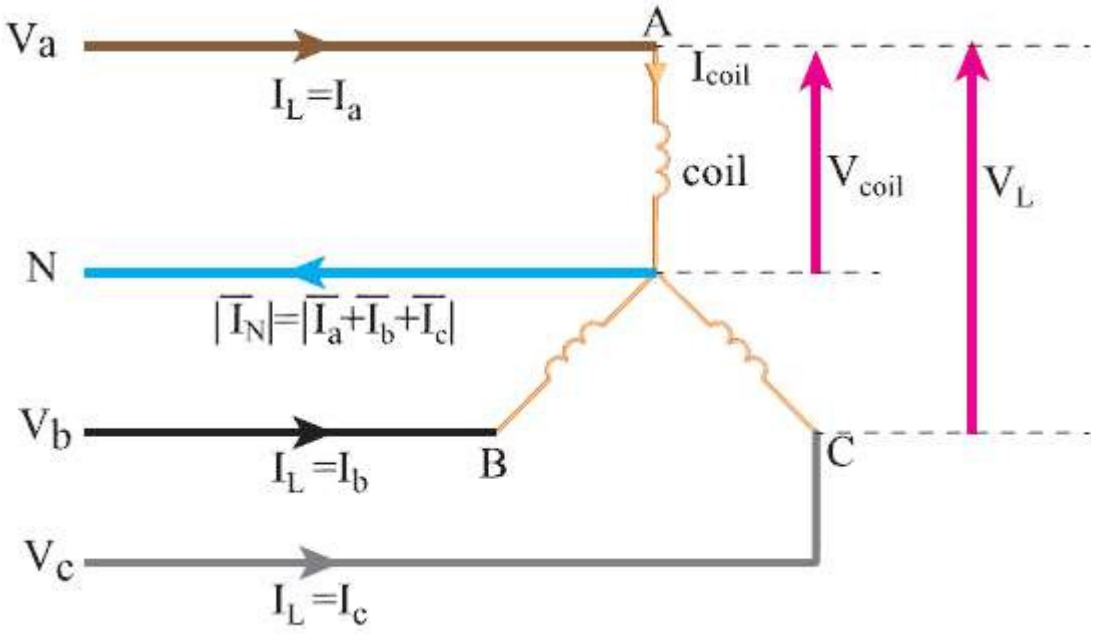
تفاوت سیستم تکفاز و سه فاز:



عملگرهای پیوسته

موتورهای AC:

اتصال ستاره



عملگرهای پیوسته

موتورهای AC:

www.inverter-china.com

موتورهای القایی سه فاز، پرکاربردترین موتورهایی هستند که برای به حرکت در آوردن چرخهای صنعت از آنها استفاده می‌شود. طراحی ساده و مستحکم قیمت ارزان هزینه نگه داری پایین و اتصال آسان به منبع سه فاز امتیازات اصلی موتورهای القایی هستند.

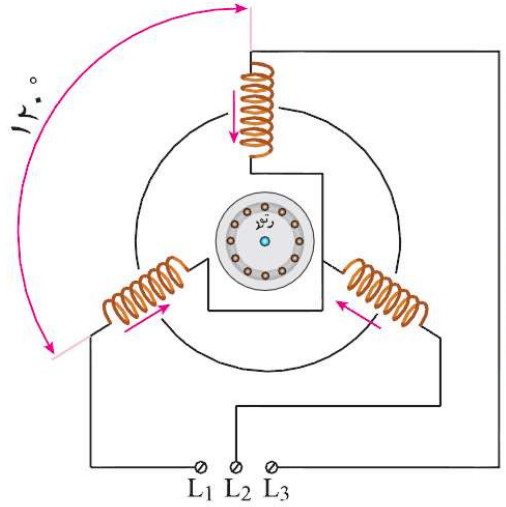
ماشین های الکتریکی AC، مولف: محمد علی مددی

Applications

- Heavy duty - rolling mills, presses, elevators, cranes, material handlers
- Continuous speed – conveyors, mixers, extruders, pulping machines
- Household and industrial - refrigerators, pumps, compressors, fans

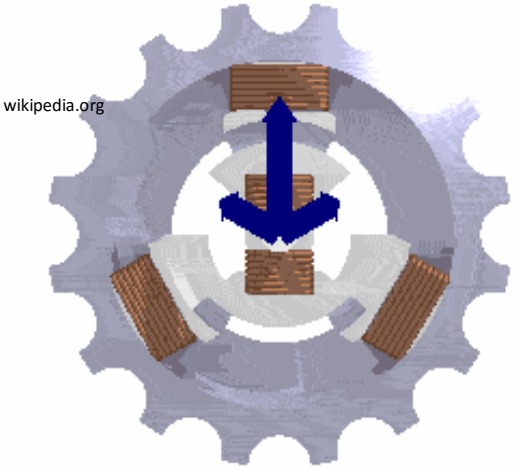
عملگرهای پیوسته

نحوه عملکرد موتورهای القایی:



موتور القایی سه فاز دارای سه سیم پیچ با زاویه ۱۲۰ درجه نسبت به هم است که هر کدام به یکی از سه خط تغذیه متصل می شوند.

از آنجا که سه فاز تغذیه در زمانهای مختلف به مقدار حداکثر خود می رسند می توان اینگونه فرض کرد که میدان مغناطیسی به دور قطبهای استاتور می چرخد و در هر سیکل جریان یک دور کامل دور استاتور را طی می کند.



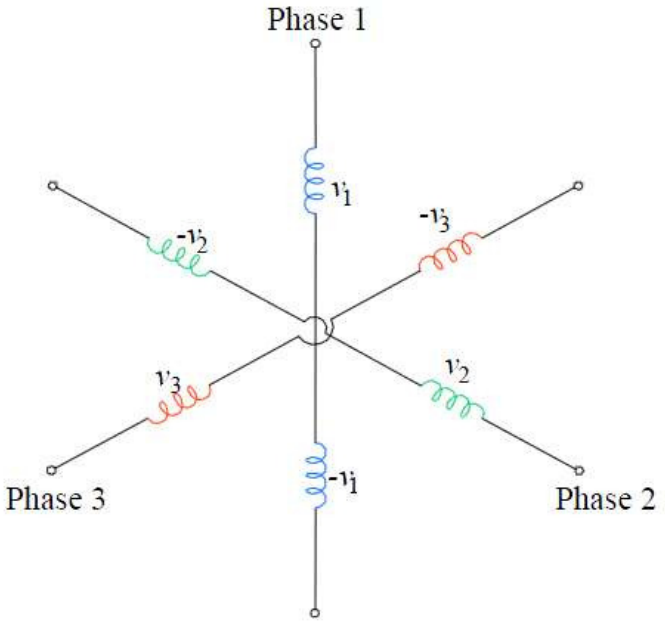
موتورهای القایی:

Rotating Magnetic Field

$$v_1 = a\cos\omega_p t$$

$$v_2 = a\cos\left(\omega_p t - \frac{2\pi}{3}\right)$$

$$v_3 = a\cos\left(\omega_p t - \frac{4\pi}{3}\right)$$



p تعداد قطبها

$$n_s = \frac{۲\times f}{P}$$ n_s بر حسب دور در ثانیه

$$n_s = \frac{۱۲۰\times f}{P}$$ بر حسب دور در دقیقه (RPM)

موتورهای القایی:

p تعداد قطبها

n_s بر حسب دور در ثانیه

$$n_S = \frac{۲ \times f}{P}$$

بر حسب دور در دقیقه (RPM)

$$n_S = \frac{۱۲۰ \times f}{P}$$

مثال سرعت میدان دوار یک ماشین ۲ قطبی در شبکه برق ایران با فرکانس (۵۰Hz) چقدر است؟

$$n_S = \frac{۱۲۰f}{P} = \frac{۱۲۰ \times ۵۰}{۲} = ۳۰۰۰\text{RPM}$$

عملگرهای پیوسته

موتورهای القایی:

در ماشین القایی به اختلاف سرعت رتور (n_r) با سرعت میدان دوار (n_s) سرعت لغزش می گویند.

$$\Delta n = n_s - n_r$$

از آنجا که سرعت رتور می‌تواند مقادیر مختلفی داشته باشد لذا سرعت لغزش هم به تناسب آن تغییر می‌کند. نسبت سرعت لغزش به سرعت میدان دوار را لغزش می‌گویند و آن را با S نمایش می‌دهند.

$$S = \frac{\Delta n}{n_S}$$

$$S = \frac{n_S - n_r}{n_S}$$

لغزش ماشین در زمان **راه‌اندازی** برابر ۱ یا ۱۰۰٪ است.

لغزش ماشین القایی در **سرعت سنکرون** صفر است.

مثال اگر لغزش یک موتور القایی چهار قطب در فرکانس ۵۰ HZ ، ده درصد باشد، سرعت رتور را محاسبه نمایید.

$$n_s = \frac{۱۲۰f}{p} = \frac{۱۲۰\times۵۰}{۴} = ۱۵۰۰RPM$$

$$S = ۱۰\% = \frac{۱۰}{۱۰۰} = ۰/۱$$

$$n_r = n_s(۱-S) = ۱۵۰۰(۱-۰/۱) = ۱۳۵۰RPM$$

ماشین های الکتریکی AC، مولف: محمد علی مددی

عملگرهای پیوسته

کمیتهای الکتریکی در موتورهای القایی:

موتور القایی مانند ترانسفورماتوری است که سیم پیچ اولیه آن سیم‌پیچ استاتور و ثانویه آن هادی‌های رتور است. اما مهمترین تفاوتی که بین آنها وجود دارد یکسانی فرکانس برق در دو سمت ترانسفورماتور و تفاوت فرکانس برق در استاتور و رتور موتورهای القایی است. زیرا با توجه به امکان گردش رتور موتورهای القایی ، فرکانس ولتاژ القایی مدار رتور یعنی (f_r) تغییر نموده و تابع سرعت رتور ماشین می‌باشد.

$$f_r = Sf$$

f_r فرکانس ولتاژ مدار رتور

S لغزش

f فرکانس ولتاژ استاتور

ماشین های الکتریکی AC، مولف: محمد علی مددی

کمیتهای الکتریکی در موتورهای القایی:

بـــا عبور جریـــان از مفتول و یا ســـیم پیچهای رتور، در اطراف آن میدان مغناطیســـی ایجاد می‌شود و چون اطراف هادیها را هســـته ی آهنی رتور فرا گرفته است، اثـــر القایی ناشـــی از جریان عبـــوری از آن افزایش می یابـــد. بدین ســـبب در مدار رتور اثر ســـلفی (راکتانس القایی) نیز وجود دارد که آن را با X_r نمایش می‌دهند.

$$x_r = 2\pi f_r l_r$$

با جایگزینی مقدار f_r داریم: $f_r = Sf$

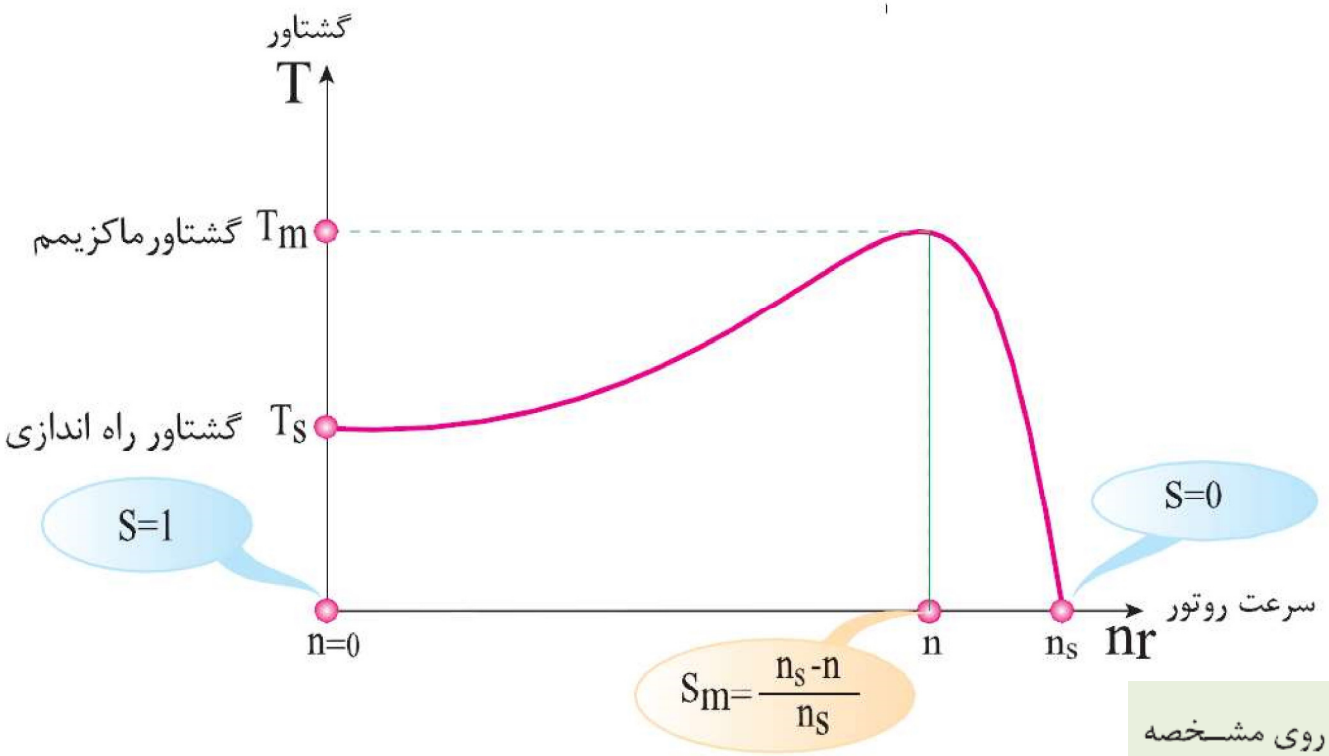
$$x_r = 2\pi S f l_r = S\underbrace{2\pi f l_r}_{x_2} \Rightarrow$$

$$x_r = S x_2$$

راکتانس رتور ماشین القایی در زمان راه‌اندازی را با X_2 نشان می‌دهند.

عملگرهای پیوسته

منحنی گشتاور- دور در موتورهای القایی:



از آنجا که در فاصله نقطه T_s تا T_m روی مشخصه گشتاور- دور موتور، افزایش گشتاور و سرعت با هم رخ می دهند، بنابراین در این فاصله امکان تثبیت سرعت وجود ندارد. یا به عبارتی موتور در حال افزایش سرعت است.

ماشین های الکتریکی AC، مولف: محمد علی مددی

عملگرهای پیوسته

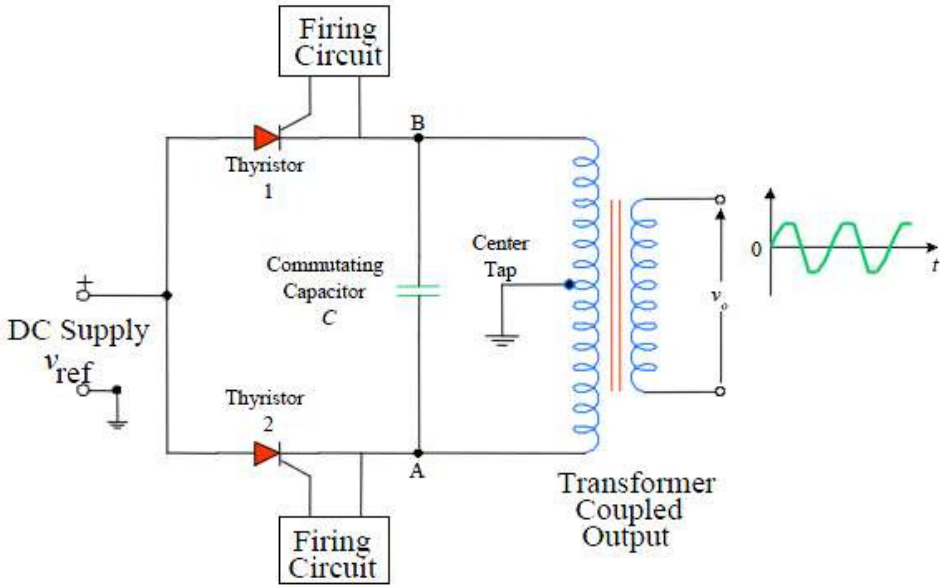
استاندارد NEMA:

نوع طراحی	گشتاور راه‌اندازی (درصد نسبت به جریان نامی)	گشتاور ماکزیمم (درصد نسبت به جریان نامی)	جریان راه‌اندازی (درصد نسبت به جریان نامی)	لغزش	کاربرد عمومی
طراحی A -گشتاور راه‌اندازی معمولی جریان راه‌اندازی زیاد	۷۰~۲۷۵*	۱۷۵~۳۰۰	مشخص نشده	۰/۵~۵٪	فن، دمنده های هوا، پمپ‌های سانتروفیوژ، کمپرسورها و هرجایی که گشتاور راه‌اندازی مورد نیاز باربه نسبت کم باشد.
طراحی B-گشتاور راه‌اندازی معمولی جریان راه‌اندازی معمولی	۷۰~۲۷۵*	۱۷۵~۳۰۰	۶۰۰~۸۰۰	۰/۵~۵٪	فن، دمنده های هوا، پمپ‌های سانتروفیوژ، کمپرسورها و هرجایی که گشتاور راه‌اندازی مورد نیاز باربه نسبت کم باشد.
طراحی C-گشتاور راه‌اندازی زیاد جریان راه‌اندازی معمولی	۲۰۰~۲۸۵*	۱۹۰~۲۲۵	۶۰۰~۸۰۰	۱~۵٪	تسمه نقاله‌ها سنگ شکن‌ها، ماشین‌های همزن و هرجایی که راه‌اندازی زیر بار مورد نیاز باشد.
طراحی D گشتاور راه‌اندازی زیاد جریان راه‌اندازی زیاد	۲۷۵*	۲۷۵	۶۰۰~۸۰۰	>= ۵٪	ماشین پانچ، بالابرها، پمپ‌های چاه نفت و هرجایی که مقدار بار مکانیکی همراه یا بدون چرخ طیار زیاد باشد.

عملگرهای پیوسته

کنترل موتور القایی:

نمای ظاهری یک نمونه از مبدل فرکانسی
کنترل کننده سرعت موتور القایی



عملگرهای پیوسته

کنترل موتور القایی:

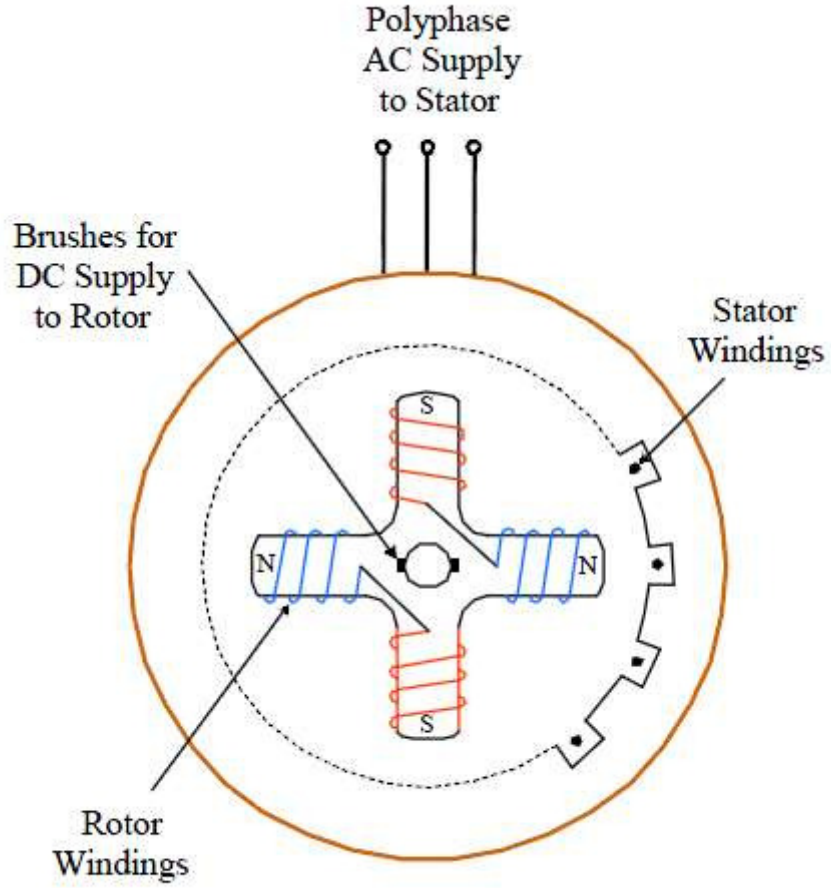
هر مبدل فرکانسی دارای دو بخش می‌باشد. ابتدا ولتاژ AC (۵۰ یا ۶۰ هرتز) در این دستگاه به ولتاژ DC تبدیل می‌شود سپس ولتاژ DC را به ولتاژ Ac ، با فرکانس قابل کنترل معمولا بین ۰~۲۵۰Hz تبدیل می‌کند.

نکته ی قابل توجه اینکه ، تغییر فرکانس علاوه بر تغییر سرعت سنکرون بر روی ولتاژ القاء شده رتور و همچنین سایر کمیتهای مغناطیسی موتور و گشتاور نیز اثر می گذارد.

نمای ظاهری یک نمونه از مبدل فرکانسی کنترل کننده سرعت موتور القایی

عملگرهای پیوسته

موتور القایی سنکرون:

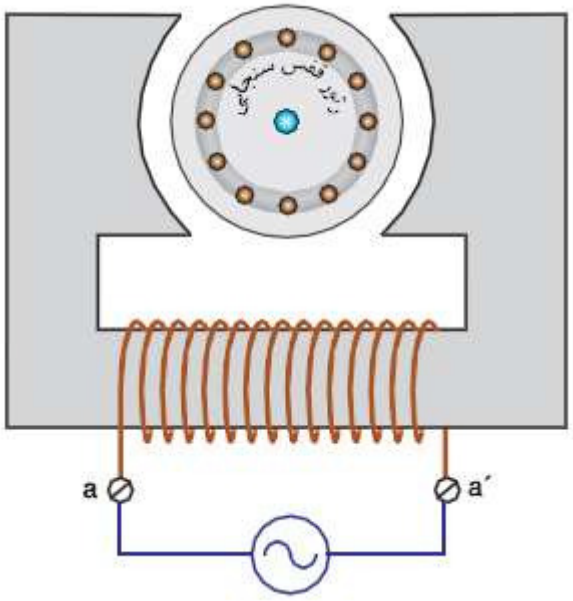


عملگرهای پیوسته

موتور القایی تکفاز:

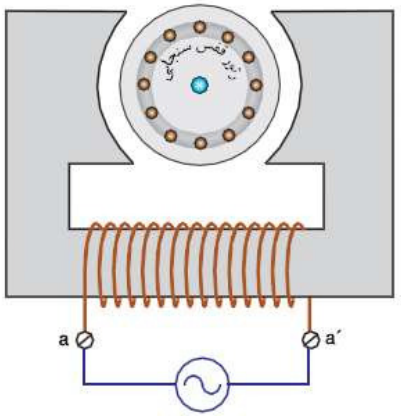
غالبا در ساختمانهای مسکونی ،کارگاه های کوچک، مغازه ها و فروشگاه ها از شبکه برق تکفاز استفاده می‌شود. بنابراین برای استفاده از وسایلی همچون کولر،یخچال ،ماشین لباسشویی ، پمپهای آب خانگی و .. دیگر وسایل مورد نیاز در زندگی امروزی به موتور تکفاز الکتریکی احتیاج می‌باشد.

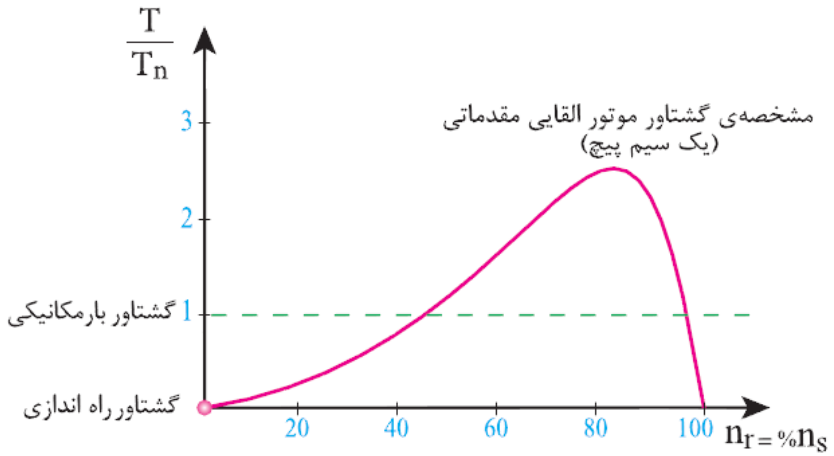
اگر با کمک یک وسیله راه‌انداز رتور این موتور در یک جهت، مثلا راستگرد، به چرخش درآید رتور در همان جهت به حرکت دورانی خود ادامه می دهد.

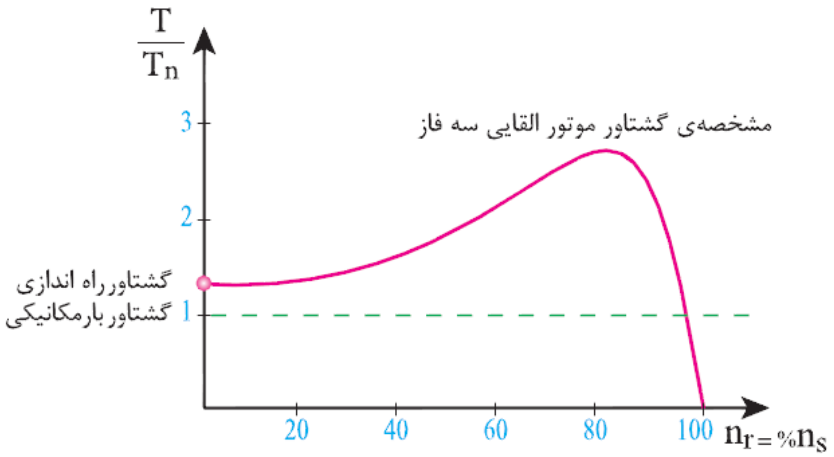


عملگرهای پیوسته

موتور القایی تکفاز:



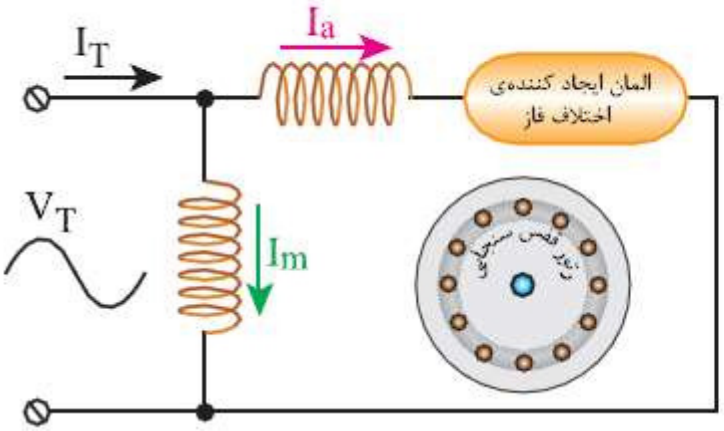


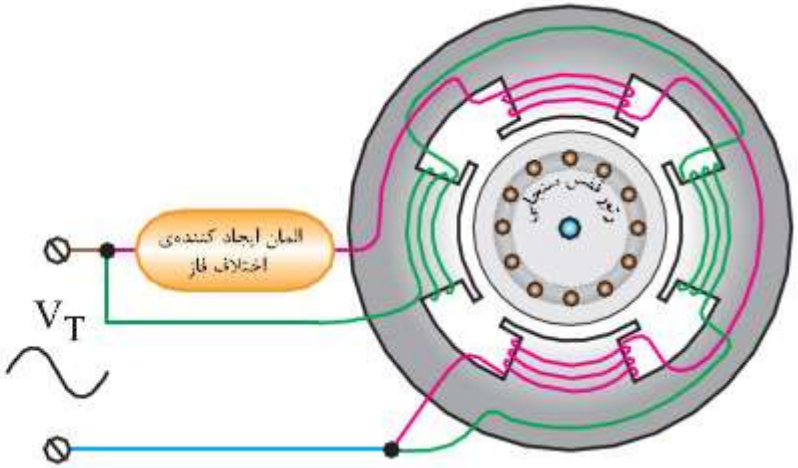


ماشین های الکتریکی AC، مولف: محمد علی مددی

عملگرهای پیوسته

موتور القایی تکفاز:

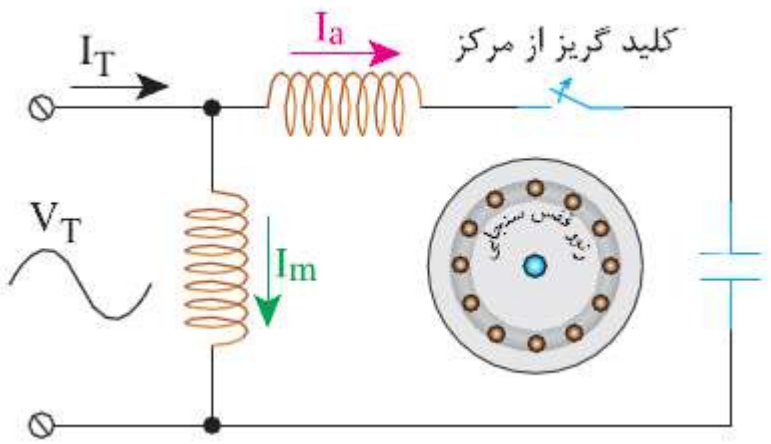


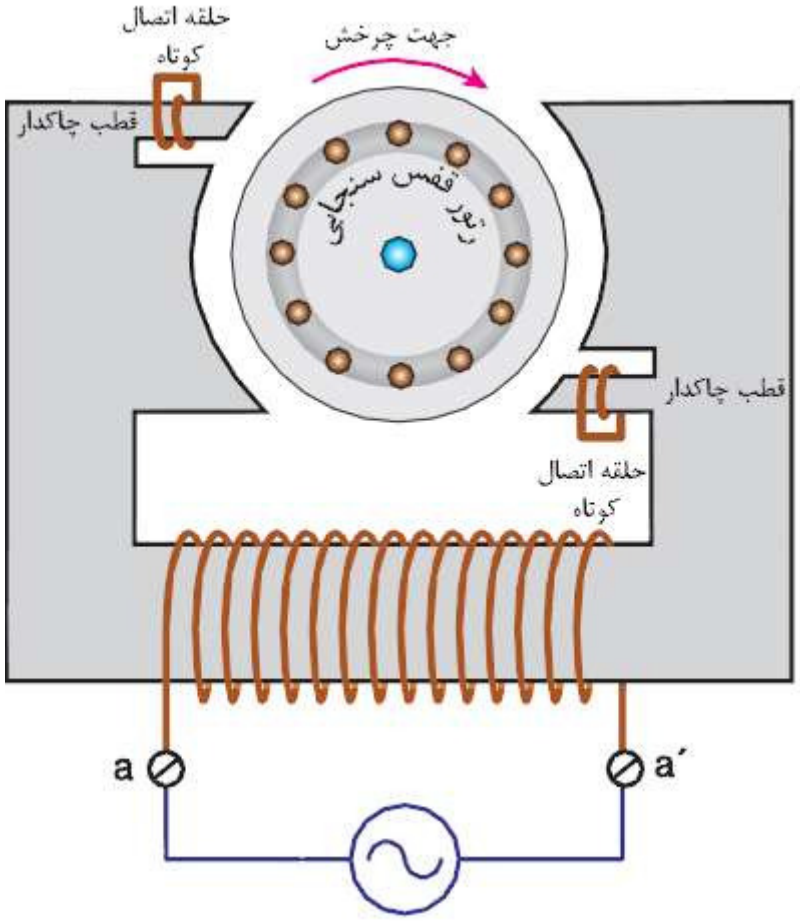


ماشین های الکتریکی AC، مولف: محمد علی مددی

عملگرهای پیوسته

موتور القایی تکفاز:





ماشین های الکتریکی AC، مولف: محمد علی مددی