

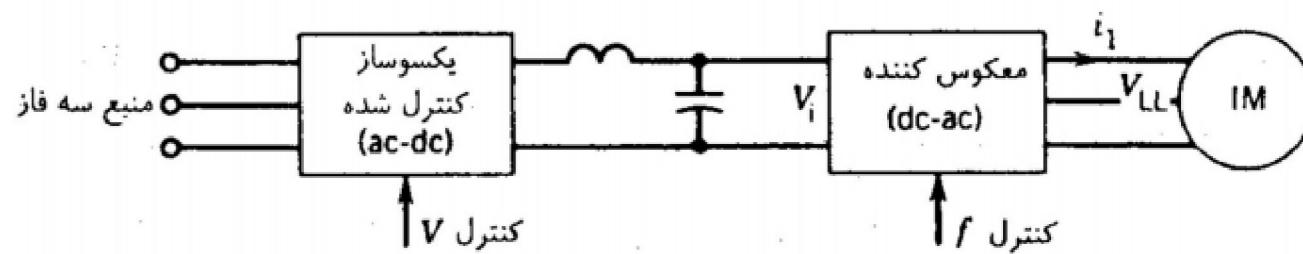
موتورهای القایی و کنترل آنها

می‌دانیم سرعت سنکرون به قرار زیر است و سرعت موتور در حوالی سرعت سنکرون می‌باشد:

$$n_s = \frac{120 f_s}{P}$$

یکی از راه‌های تغییر n_s در نتیجه f_s تغییر فرکانس منبع تغذیه است. لذا به یک تغییردهنده فرکانس در سر راه موتور نیاز داریم. شکل ۲۰.۲ نمودار جعبه‌ای یک سیستم کنترل حلقه‌باز را نشان می‌دهد که فرکانس منبع تغذیه موتور را تغییر خواهد داد. این سیستم شامل یک یکسوساز کنترل شده AC/DC بوده و از عناصر نیمه‌هادی تشکیل شده است. علاوه بر یکسوساز، این سیستم حاوی یک اینورتر DC/AC می‌باشد و اینورتر نیز از عناصر نیمه‌هادی تشکیل گردیده است. ما در اینجا درباره ساختمان درونی این سیستم‌ها صحبت نمی‌کنیم، بلکه به طور خلاصه می‌گوییم:

۱. یکسوساز ولتاژ سه‌فاز AC را به ولتاژ DC تبدیل می‌کند.
۲. اینورتر ولتاژ DC را به ولتاژ AC با فرکانس جدید تبدیل می‌کند.



شکل ۲۰.۲: مدار کنترل حلقه‌باز جهت کنترل سرعت موتور القایی

به طور کلی، ولتاژ القایی در هر فاز روتور از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$E_{rms} = 4/44 f N_{ph} \phi_p K_w \quad (52.2)$$

که در این رابطه، N_{ph} تعداد حلقه‌های سری در هر فاز، K_w ضریب سیم پیچی، که بین ۰/۸۵ تا ۰/۹۵ قرار دارد، ϕ_p شار هر قطب ماشین و f فرکانس بر حسب هرتز است. به سهولت از این رابطه داریم:

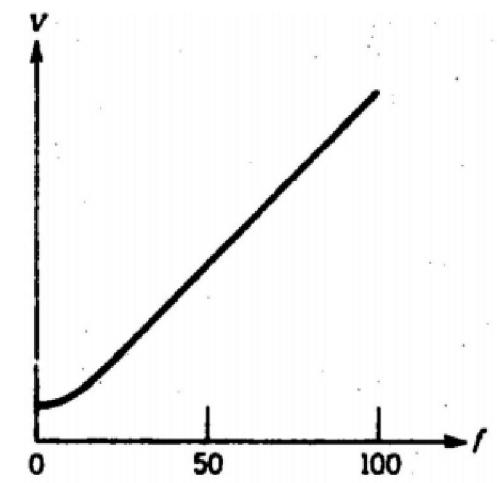
$$\phi_p \propto \frac{E}{f} \quad (52.2)$$

اگر در مدار معادل موتور القایی از افت ولتاژ دوسر R_2 و X_2 صرف نظر کنیم، در این صورت $V_1 = E_1$ شده و داریم:

$$\phi_p \propto \frac{V_1}{f} \quad (54.2)$$

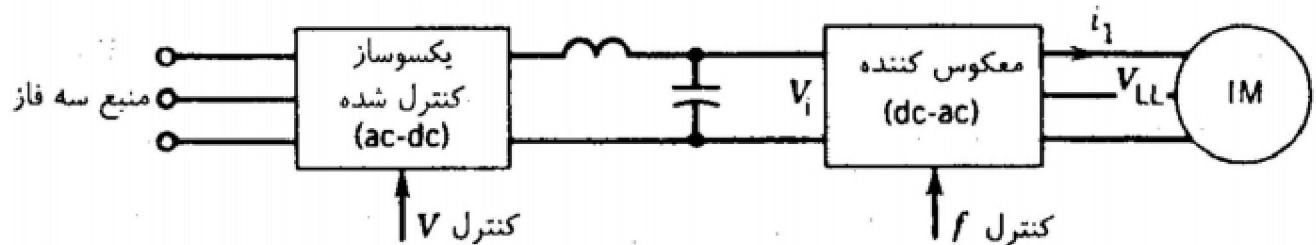
لذا برای پرهیز از اشباع زیاد در سیستم مغناطیسی باید ولتاژ پایانه موتور مناسب با فرکانس تغییر نماید. این نحوه کنترل را $\frac{V}{f}$ ثابت نام نهاده‌اند. در اینجا باید گفت در فرکانس‌های پایین افت ولتاژ در دو سر R_1 و X_1 در مقابل $\frac{V}{f}$ قابل صرف‌نظر نیست و لذا دیگر این رابطه معتبر نمی‌باشد. لذا برای تامین و برقراری چگالی شار مشابه، نسبت $\frac{V}{f}$ در فرکانس‌های پایین افزایش داده می‌شود. شکل ۲۲.۲ تغییرات مورد نیاز ولتاژ بر حسب فرکانس را نشان می‌دهد. در شکل ۲۰.۲ ولتاژ موتور را می‌توان تغییر داد، بشرطی که ولتاژ ورودی اینورتر V_i تغییر کند. تغییر V_i بوسیله تغییر زاویه آتش یکسوساز کنترل شده امکان‌پذیر است. گفتنی است اگر ولتاژ خروجی اینورتر بتواند توسط خود اینورتر تغییر کند (اینورترهای PWM یا مدولاسیون پنهانی پالس^۱)، در این صورت یکسوساز کنترل شده را می‌توان با یکسوساز دیود جایگزین نمود. در این حالت V_i ثابت مانده و خروجی اینورتر توسط خود اینورتر تغییر می‌کند. شکل ۲۳.۲ مشخصه گشتاور سرعت موتور القایی سه‌فاز را تحت فرکانس‌های متغیر نشان می‌دهد. در فرکانس مبدأ (f_{base})، ولتاژ پایانه موتور حداقل مقداریست که توسط اینورتر حاصل می‌شود. در فرکانس‌های زیر f_{base} شار شکاف هوایی با تغییر V_i نسبت به f ثابت نگهداشته می‌شود. لذا در ناحیه زیر فرکانس f_{base} گشتاور ماقزیم ثابت باقی می‌ماند. در ناحیه فرکانس‌های بیش از f_{base} دیگر V_i را نمی‌توان مناسب با فرکانس افزایش داد. در این حالت شار در شکاف فاصله هوایی کاهش یافته و در نتیجه گشتاور ماقزیم نیز کاهش می‌یابد. عملکرد در این ناحیه مترادف به سیستم کنترل تعییف میدان در موتورهای DC است. در این ناحیه، توان ثابت میسر خواهد بود. به طور کلی باید گفت:

۱. از صفر تا فرکانس f_{base} ناحیه گشتاور ثابت میسر می‌گردد.
۲. از فرکانس f_{base} به بالا ناحیه توان ثابت ممکن می‌شود.



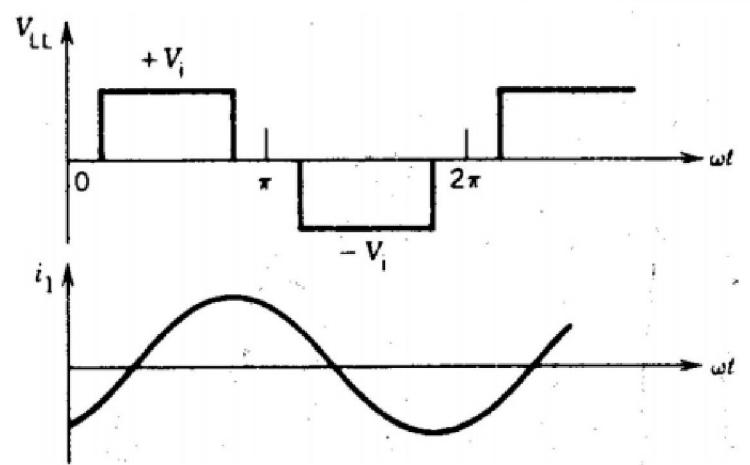
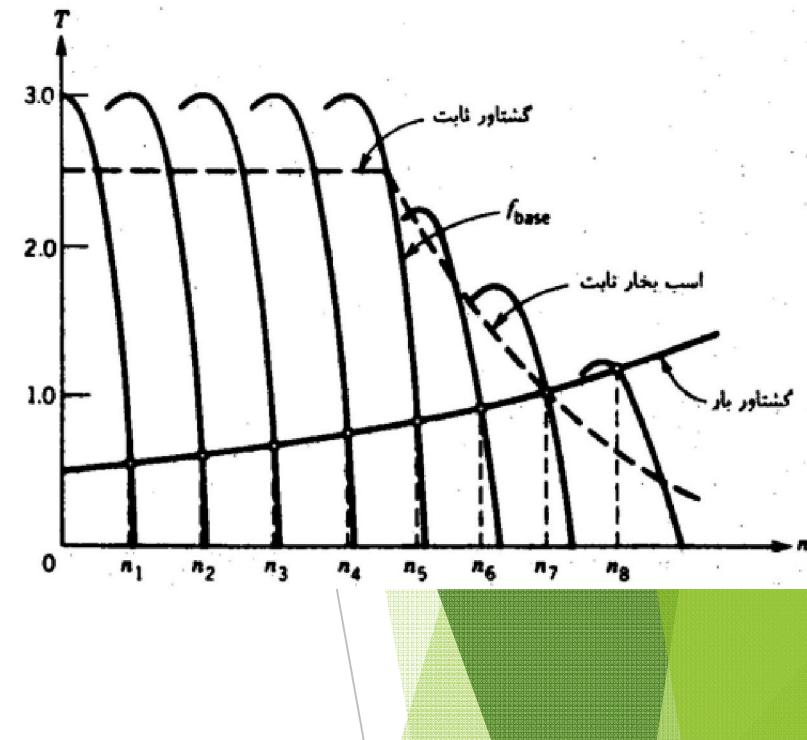
¹Pulse Width Modulation

در شکل ۲۲.۲ گشتاور بار نیز نشان داده شده و باید گفت سرعت‌های n_1 تا n_8 خیلی به سرعت‌های سنکرون مربوطه نزدیک هستند. لذا در این روش کنترل سرعت، لغزش عموماً کوچک است و بازده بسیار بالاست.



شکل ۲۰.۲: مدار کنترل حلقه باز جهت کنترل سرعت موتور القایی

اینورتر شکل ۲۰.۲ یک اینورتر منبع ولتاژ^۲ محسوب می‌شود و به آن اینورتر ولتاژ یا VSI می‌گویند. در این سیستم ولتاژ خط به خط در پایانه موتور یک موج شبه چهارگوش با پهنا یا عرض ۱۲۰ درجه است. باید گفت با خاطر اندوکتانس موتور جریان موتور اساساً می‌تواند به صورت یک جریان سینوسی محسوب شود. شکل ۲۱.۲ ولتاژ خط به خط و جریان موتور را نشان می‌دهند. البته اینورترهای منبع جریان^۳ نیز وجود دارند که ما فعلاً وارد جزئیات مدار و نحوه کار آن‌ها نمی‌شویم.



²Voltage Source Inverter

³Current Source Inverter (CSI)

راهاندازی موتورهای القایی

موتورهای القایی چندفاز را می‌توان با اعمال ولتاژ کامل یا ولتاژ کم به سرعت استاتور آن راهاندازی کرد. گرچه راهاندازی با ولتاژ کم مزیت کاهش جریان راهاندازی را دارد، با توجه به اینکه گشتاور موتور مناسب با مجدور ولتاژ اعمال شده است کاهش قابل توجهی در تولید گشتاور راهاندازی دارد.

راهاندازی موتورهای القایی قفس سنجابی

برای موتورهای قفس سنجابی انتخاب هر روش راهاندازی بستگی به موارد زیر دارد:

۱. اندازه و طرح موتور

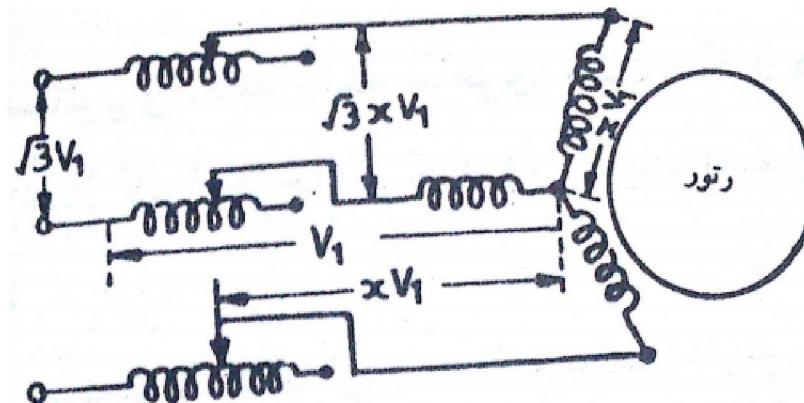
۲. ظرفیت شبکه قدرت

۳. نوع باری که باید بچرخد.

راهاندازی مستقیم به خط

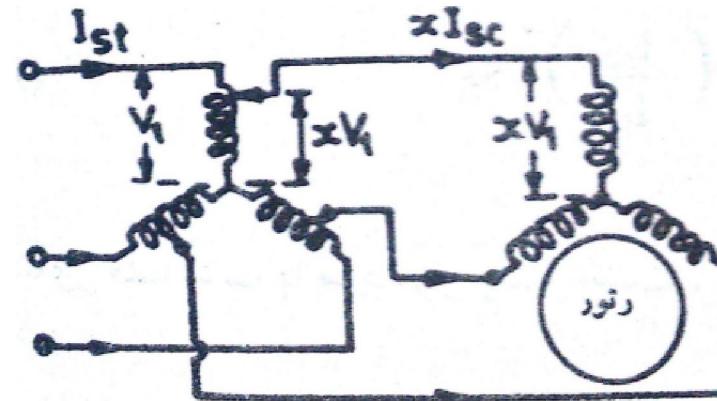
چنانکه از نام این روش پیداست؛ در این روش استاتور چندفاز توسط کلید به منبع وصل می‌شود. موتور بسته به اندازه و طرح آن جریان راهاندازی ۵ تا ۷ برابر جریان نامی (بار کامل) را در ضریب توان پایین از شبکه می‌کشد. این چنین جریان اتصال کوتاه بزرگ با زمان کوتاه به موتور قفس سنجابی که محکم است آسیبی نمی‌زند، اما ممکن است باعث افت ولتاژ قابل ملاحظه در خطوط شبکه تغذیه موتور القایی شود. این افت ولتاژ بزرگ باعث فروافتادگی نامطلوبی در ولتاژ منبع شده و در نتیجه کار دیگر تجهیزاتی که به همان منبع وصلند شدیدا تحت تاثیر قرار می‌گیرد. مثال معمول کم شدن نور لامپ‌های روشنایی در منازل در لحظه راهاندازی موتور یخچال است. اگر منبع تغذیه ظرفیت توان کافی داشته که موج جریان راهاندازی با ضریب توان پایین باعث ایجاد فروافتادگی شدید در ولتاژ خط تغذیه نشود، راهاندازی مستقیم به خط ترجیح داده می‌شود.

در این روش طبق شکل ۲۴.۲ مقاومت یا راکتوری بین سرهای موتور و سرهای منبع قرار داده می‌شود. در لحظه راهاندازی، ولتاژی روی مقاومت یا راکتور افت کرده و تنها کسر x (کمتر از ۱) از ولتاژ منبع روی استاتور ظاهر شده که جریان راهاندازی هر فاز I_{st} موتور را که از منبع می‌کشد، کاهش می‌دهد. با سرعت گرفتن موتور راکتور به صورت مرحله‌ای از مدار خارج شده و نهایتاً وقتی سرعت موتور نزدیک سرعت نامی رسید، اتصال کوتاه می‌گردد.



راکتور سری گرانتر از مقاومت سری است، اما راکتور تلفات انرژی کمتر داشته و برای کاهش ولتاژ موثرer است، زیرا ضریب توان موتور القایی در راهاندازی خیلی کم است.

در این روش در لحظه راهاندازی به کمک اتورانسفورماتور طبق شکل ۲۵.۲ ولتاژ X برابر ولتاژ منبع V_1 به استاتور اعمال می‌شود. این عمل باعث می‌شود که جریان موتور و جریان گرفته شده از منبع کاهش یابند. بعد از اینکه موتور به سرعت نامی خود رسید، اتورانسفورماتور از مدار خارج شده و با اتصال مستقیم موتور به منبع ولتاژ کامل خط به موتور القایی می‌رسد.



این روش راهاندازی برای موتورهایی که برای کار با اتصال مثلث طراحی شده‌اند به کار می‌رود. در این روش ۶ سر از سه‌فاز استاتور طبق شکل ۲۶.۲ باید در دسترس باشد. در این نمودار سه سر استاتور A، B و C و سه سر دیگر استاتور a، b و c به ترمینال‌های وسط یک کلید سه قطب دو طرفه (TPDT) وصل شده‌اند. فازهای استاتور ابتدا با قرار دادن کلید در وضعیت ۱ به صورت اتصال ستاره وصل می‌شوند و بعد از آنکه حالت دائمی رسید، کلید به وضعیت ۲ می‌رود و سیم‌بیچی استاتور به اتصال مثلث تبدیل می‌شود.

