

مقدمه:

موتورهای القایی AC عمومی ترین موتورهایی هستند که در سامانه های کنترل حرکت صنعتی و همچنین خانگی استفاده می شوند. طراحی ساده و مستحکم ، قیمت ارزان ، هزینه نگه داری پایین و اتصال آسان و کامل به یک منبع نیروی AC امتیازات اصلی موتورهای القایی AC هستند. انواع متنوعی از موتورهای القایی AC در بازار موجود است. موتورهای مختلف برای کارهای مختلفی مناسب اند. این که طراحی موتورهای القایی AC آسانتر از موتورهای DC است ، ولی کنترل سرعت و گشتاور در انواع مختلف موتورهای القایی AC نیازمند درکی عمیقتر در طراحی و مشخصات در این نوع موتورهاست.

این نکته در اساس انواع مختلف ، مشخصات آنها ، انتخاب شرایط برای کاربریهای مختلف و روشهای کنترل مرکزی یک موتورهای القایی AC را مورد بحث قرار می دهد.

اصل ساخت اولیه و کاربری

مانند بیشتر موتورها ، یک موتورهای القایی AC یک قسمت ثابت بیرونی به نام استاتور و یک روتور که در درون آن می چرخد دارند ، که میان آندو یک فاصله دقیق کارشناسی شده وجود دارد. به طور مجازی همه موتورهای الکتریکی از میدان مغناطیسی دوار برای گرداندن روتورشان استفاده می کنند. یک موتور سه فاز القایی AC تنها نوعی است که در آن میدان مغناطیسی دوار به طور طبیعی بوسیله استاتور به خاطر طبیعت تغذیه گر آن تولید می شود. در حالی که موتورهای DC به وسیله ای الکتریکی یا مکانیکی برای تولید این میدان دوار نیاز دارند. یک موتور القایی AC تک فاز نیازمند یک وسیله الکتریکی خارجی برای تولید این میدان مغناطیسی چرخشی است. در درون هر موتور دو سری آهنربای مغناطیسی تعبیه شده است. در یک موتور القایی AC یک سری از مغناطیس شونده ها به خاطر اینکه تغذیه AC به پیچها های استاتور متصل است در استاتور تعبیه شده اند. بخاطر طبیعت متناوب تغذیه ولتاژ AC بر اساس قانون لنز نیرویی الکترومغناطیسی به روتور وارد می شود (درست شبیه ولتاژی که در ثانویه ترانسفورماتور القا می شود). بنابر این سری دیگر از مغناطیس شونده ها خاصیت مغناطیسی پیدا می کنند. نام موتور القایی از اینجاست. -تعامل میان این مگنت ها انرژی چرخیدن یا تورک (گشتاور) را فراهم می آورد. در نتیجه موتور در جهت گشتاو بوجود آمده چرخش می کند.

استاتور

استاتور از چندین قطعه باریک آلومینیوم یا آهن سبک ساخته شده است. این قطعات بصورت یک سیلندر تو خالی به هم منگنه و محکم شده اند (هسته استاتور) با شیارهایی که در شکا یک نشان داده شده اند. سیم پیچهایی از سیم روکش دار در این شیارها جاسازی شده اند. هر گروه پیچها به هسته ای که آن را فرا گرفته یک آهنربای مغناطیسی (با دو پل) را برای کار کردن با تغذیه AC شکل می دهد. تعداد قطبهای یک موتور القایی AC به اتصال درونی پیچها های استاتور بستگی دارد. پیچها های استاتور مستقیماً به منبع انرژی متصل اند. آنها به صورتی متصل اند که با برقراری تغذیه AC یک میدان مغناطیسی چرخنده تولید می شود.

## روتور

روتور از چندین قطعه مجزای باریک فولادی که میانشان میله هایی از مس یا آلومینیوم تعبیه شده ساخته شده است. در رایج ترین نوع روتور (روتور قفس سنجایی) این میله ها در انتهای خود به صورت الکتریکی و مکانیکی بوسیله حلقه هایی به هم متصل شده اند. تقریباً ۹۰ درصد از موتورهای القایی دارای روتور قفس سنجایی می باشند و این به خاطر آن است که این نوع روتور ساختی مستحکم و ساده دارد. این روتور از هسته ای چند تکه استوانه ای با محوری که شکافهای موازی برای جادادن رساناها درون آن دارد تشکیل شده است. هر شکاف یک میله مسی یا آلومینیومی یا آلیاژی را شامل می شود. در این میله ها به طور دائمی بوسیله حلقه های انتهایی آنها همچنان که در شکل دو مشاهده می شود مدار کوتاه برقرار است. چون این نوع مونتاژ درست شبیه قفس سنجاب است، این نام برای آن انتخاب شده است. میله ای روتور دقیقاً با محور موازی نیستند. در عوض به دو دلیل مهم قدری اریب نصب می شوند.

دلیل اول آنکه موتور با کاهش صوت مغناطیسی بدون صدا کار کرده و برای آنکه از هارمونیکها در شکافها کاسته شود. دلیل دوم آن است که گرایش روتور به هنگ کردن کمتر شود. دندانهای روتور به خاطر جذب مغناطیسی مستقیم (محض) تلاش می کنند که در مقابل دندانهای استاتور باقی بمانند. این اتفاق هنگامی می افتد که تعداد دندانهای روتور و استاتور برابر باشند. روتور بوسیله مهارهایی در دو انتها روی محور نصب شده؛ یک انتهای محور در حالت طبیعی برای انتقال نیرو بلندتر از طرف دیگر گرفته می شود. ممکن است بعضی موتورها محوری فرعی در طرف دیگر (غیر گردنده - غیر منتقل کننده نیرو) برای اتصال دستگاههای حسگر حالت (وضعیت) و سرعت داشته باشند. بین استاتور و روتور شکافی هوایی موجود است. بعلاوه القا انرژی از استاتور به روتور منتقل می شود. تورک تولید شده به روتور نیرو داده و سپس برای چرخیدن به آن نیرو می کند. صرف نظر از روتور استفاده شده قواعد کلی برای دوران یکی است.

## سرعت یک موتور القایی

میدان مغناطیسی ای که در استاتور تولید میشود با سرعت سنکرون می چرخد (Ns). در روتور میدان مغناطیسی تولید می شود زیرا به طور طبیعی ولتاژ متناوب است. برای کاهش سرعت نسبی نسبت به (شار) استاتور، روتور چرخش را در همان جهتی که شار استاتور دارد آغاز می کند و تلاش می کند تا به سرعت چرخش فلاکس نایل شود. با اینحال روتور هرگز موفق نمی شود که به سرعت میدان استاتور برسد. روتور از سرعت میدان استاتور کندتر می گردد. این سرعت Base speed نام دارد (Nb). تفاوتها میان Ns و Nb Slip نام دارد. اسلیپ مقادیر مختلف فشار (مکانیکی) بستگی دارد. هر افزایشی در فشار موجب کندتر کار کردن روتور و افزایش اسلیپ می شود. برعکس کاهش فشار سبب سرعت گرفتن روتور و کاهش اسلیپ می شود. اسلیپ بوسیله درصد نشان داده شده و با فرمول زیر مشخص می شود.

## انواع موتورهای القایی

عموماً دسته بندی موتورهای القای براساس تعداد پیچه های استاتور است که عبارتند از:

موتورهای القایی تک فاز

موتورهای القایی سه فاز

موتورهای القایی تک فاز

احتمالا بیشتر از کل انواع موتورهای القایی AC تک فاز استفاده می شود. منطقی است که باید موتورهای دارای کمترین گرانی و هزینه نگه داری بیشتر استفاده شود. موتور القایی AC تک فاز بهترین مصداق این توصیف است. آن طور که از نام آن برمیاید این نوع از موتور تنها یک پیچه (پیچه اصلی) دارد و با یک منبع تغذیه تک فاز کار می کند. در تمام موتورهای القایی تک فاز روتور از نوع قفس سنجابی است. موتور القایی تک فاز خود راه انداز نیست. هنگامی که موتور به یک تغذیه تک فاز متصل است پیچه اصلی دارای جریانی متناوب می شود. این جریان متناوب میدان مغناطیسی ای ضربانی تولید می کند. بسبب القا روتور تحریک می شود. چون میدان مغناطیسی اصلی ضربانی است تورکی که برای چرخش موتور لازم است بوجود نمی آید و سبب ارتعاش روتور و نه چرخش آن می شود. از این رو موتور القایی تک فاز به دستگاه آغاز گری نیاز دارد که می تواند ضربات آغازی را برای چرخش موتور تولید کند.

دستگاه آغاز گر موتورهای القایی تک فاز اساسا پیچه ای اضافی در استاتور است (پیچه کمکی) که در شکل سه نشان داده شده است. پیچه استارت می تواند دارای خازنهای سری و یا سوئیچ گریز از مرکز باشد. هنگامی که ولتاژ تغذیه برقرار است جریان در پیچه اصلی بسبب مقاومت پیچه اصلی ولتاژ تغذیه را افت میدهد (ولتاژ به جریان تبدیل می شود). در همین حین جریان در پیچه استارت بسته به مقاومت دستگاه استارت به افزایش ولتاژ تغذیه تبدیل می شود. فعل و انفعال میان میدانهای مغناطیسی که پیچه اصلی و دستگاه استارت می سازند میدان برایندی میسازند که در جهتی گردش می کند. موتور گردش را در جهت این میدان برابند آغاز میکند. هنگامی که موتور به ۷۵ درصد دور مجاز خود می رسد یک سوئیچ گریز از مرکز پیچه استارت را از مدار خارج می کند. از این لحظه به بعد موتور تک فاز می تواند تورک کافی را برای ادامه کارکرد خود نگه دارد.

بجز انواع خاص دارای Capacitor start / capacitor run عموما همه موتورهای تک فاز فقط برای کاربری های بالای ۴/۳ hp استفاده می شوند.

بسته به انواع تکنیکهای استارت موتورهای القایی تک فاز AC در دسته بندی ای وسیع آن گونه که در شکل زیر توصیف شده قرار دارند.

موتور القایی AC فاز شکسته

موتور فاز شکسته همچنین به عنوان Induction start/Induction run استارت القایی/کارکرد القایی هم شناخته می شود که دو پیچه دارد. پیچه استارت از سیم نازکتر و تعداد دور کمتر نسبت به پیچه اصلی برای بوجود آوردن مقاومت بیشتر ساخته شده است. همچنین میدان پیچه استارت در زاویه ای غیر از آنچه که پیچه اصلی دارد قرار می گیرد که سبب آغاز چرخش موتور می شود. پیچه اصلی که از سیم ضخیم تری ساخته شده است موتور را همیشه در حالت چرخش باقی نگه می دارد.

تورک آغازین کم است مثلا ۱۰۰ تا ۱۷۵ درصد تورک ارزیابی شده. موتور برای استارت جریانی زیاد طلب می کند. تقریبا ۷۰۰ تا ۱۰۰۰ درصد جریان ارزیابی شده. تورک بیشینه تولید شده نیز در محدوده ۲۵۰ تا ۳۵۰ درصد از تورک برابردشده می باشد. (برای مشاهده منحنی سرعت - گشتاور به شکل ۹ نگاه کنید.)

کاربریهای خوب برای موتورهای فاز شکسته شامل سمباده (آسیاب) های کوچک ، دمنده ها و فنهای کوچک و دیگر دستگاههایی با نیاز به

تورک آغازین کم با و نیاز به قدرت ۲۰/۱ تا ۳/۱ اسب بخار می باشد. از استفاده از این موتورها در کاربریهایی که به دوره های خاموش و روشن و گشتاور زیاد نیاز دارند خود داری نمایید.

#### موتور القایی با استارت خازنی

این نوع ، موتور اصلاح شده فاز شکسته با خازنی سری با آن برای بهبود استارت است. همانند موتور معمولی فاز شکسته این نوع موتور یک سوئیچ گریز از مرکز داشته که هنگامی که موتور به ۷۵ درصد سرعت ارزیابی شده می رسد ، پیچه استارت را از مدار خارج می نماید. از آنجا که خازن با مدار استارت موازی است ، گشتاور استارت بیشتری تولید می کند ، معمولا در حدود ۲۰۰ تا ۴۰۰ درصد گشتاور ارزیابی شده. و جریان استارت معمولا بین ۴۵۰ تا ۵۷۵ درصد جریان ارزیابی شده است. که بسیار کمتر از موتور فاز شکسته و بعلت سیم ضخیمتر در مدار استارت است. برای منحنی سرعت گشتاور به شکل ۹ مراجعه کنید.

نوع اصلاح شده ای از موتو با استارت خازنی ، موتور با استارت مقاومتری است. در این نوع موتور خازن استارت با یک مقاومت جایگزین شده است. موتور استارت مقاومتری در کاربریهایی مورد استفاده قرار می گیرد که میزان گشتاور استارتینگی کمتر از مقداری که موتور استارت خازنی تولید می کند لازم است. صرف نظر از هزینه این موتور امتیازات عمده ای نسبت به موتور استارت خازنی ندارد. این موتورها در انواع مختلف کاربریهای پولی و تسمه ای مانند تسمه نقاله های کوچک ، پمپها و دمنده های بزرگ به خوبی بسیاری از خود گردانها و کاربریهای چرخ دنده ای استفاده می شوند.

#### موتورهای AC القایی با خازن دائمی اسپلیت

این موتور (PSC) نوعی خازن دائما متصل به صورت سری به پیچه استارت دارد. این کار سبب آن میشود که پیچه استارت تا زمانی که موتور به سرعت چرخش خود برسد بصورت پیچه ای کمکی عمل کند. از آنجا که خازن عملکرد اصلی ، باید برای استفاده مداوم طراحی شده باشد ، نمیتواند توان استارتی معادل یک موتور استارت خازنی ایجاد نماید. گشتاور استارت یک موتور (PSC) معمولا کم و در حدود ۳۰ تا ۱۵۰ درصد گشتاور ارزیابی شده است. موتورهای (PSC) جریان استارتی پایین ، معمولا در کمتر از ۲۰۰ درصد جریان برآورد شده دارند که آنها را برای کاربریهایی با سرعتهای دارای چرخه های خاموش روشن بالا بسیار مناسب میسازد. برای منحنی سرعت - گشتاور به شکل ۹ مراجعه کنید.

موتورهای PSC امتیازات فراوانی دارند. طراحی موتور براحتی برای استفاده با کنترل کننده های سرعت میتواند اصلاح شود. همچنین می توانند برای بازدهی بهینه و ضریب توان بالا در فشار برآورد شده طراحی شوند. آنها به عنوان قابل اطمینان ترین موتور تک فاز مطرح میشوند. مخصوصا به این خاطر که به سوئیچ گریز از مرکز نیازی ندارند. موتورهای PSC بسته به طراحی کاربری بسیار متنوعی دارند که شامل فنها ، دمنده ها با نیاز به گشتاور استارت کم و چرخه های کاری غیر دائمی مانند تنظیم دستگاهها (طرز کارها) ، عملگر درگاهها و بازکننده های درب گاراژها میشود.

## موتورهای AC القایی استارت با خازن/ کارکرد با خازن

این موتور ، همانند موتور با استارت خازن ، خازنی از نوع استارتی در حالت سری با پیچه کمکی برای گشتاور زیاد استارت دارد. همچنین مانند یک موتور PSC خازنی از نوع کارکرد که در کنار خازن استارت در حالت سری با پیچه کمکی است که بعد از شروع به کار موتور از مدار خارج می شود. این حالت سبب بوجود آمدن گشتاوری در حد اضافی می شود.

این نوع موتور می تواند ... و بازده بیشتر طراحی شود. (منحنی سرعت - گشتاور در شکل ۹ را ببینید). این موتور بخاطر خازنهای کارکرد و استارت و سوئیچ گریز از مرکز آن پرهزینه است.

این موتور می تواند در بسیاری از کاربریهایی که از هر موتور تک فاز دیگری انتظار می رود استفاده شود. این کاربریهای شامل ماشینهای مرتبط با چوب ، کمپرسورهای هوا ، پمپهای آب فشار قوی ، پمپهای تخلیه و دیگر کاربردهای نیازمند گشتاورهای بالا در حد ۱ تا ۱۰ اسب بخار می شوند.

## موتور القایی AC با قطب سایه دار

موتورهای با قطب سایه دار فقط یک پیچه اصلی دارند و پیچه استارت ندارند. استارت خوردن بوسیله طرح خاص آن که حلقه پیوسته مسی ای را دور قسمت کوچکی از هر قطب موتور حلقه می کند انجام می شود. این سایه که قطب را دو تکه می کند سبب می شود که میدان مغناطیسی ای ضعیفتر در ناحیه سایه خورده نسبت به قسمت دیگر و در کنار آن بوجود آید. تعامل میان میدانها محور را به چرخش وامی دارد.

چون موتور با قطب سایه خورده پیچه استارت ، سوئیچ استارت و یا خازن ندارد از نظر الکتریکی ساده و ارزان است. همچنین سرعت آن راصرفا با تغییر ولتاژ یا بوسیله یک پیچه با چند دور مختلف می توان کنترل کرد. ساخت موتور با قطب سایه خورده از نظر مکانیکی اجازه تولید انبوه را میدهد. درحقیقت این موتورها به موتورهای یک بار مصرف معروفند. بدین معنی که جایگزین کردن آنها ارزانتر از تعمیر آنهاست.

موتورهای با قطب سایه دار بسیاری مشخصات مثبت دارند. اما چندین مورد بی فایدهی هم دارند. گشتاور استارت کم آن معمولا ۲۵ تا ۷۵ درصد گشتاور برآوردی است. این موتور موتوری با اتلاف بالاست که سرعتی حدود ۷ تا ۱۰ درصد سرعت سنکرون دارد. عموما بازده این نوع موتور بسیار پایین است (زیر ۲۰ درصد).

هزینه اولیه پایین آن را برای قدرت کمتر یا کاربردهای با کار کمتر مناسب می سازد. شاید وسیعترین استفاده از آنها در فنهای چند سرعتی برای استفاده خانگی است. ولی گشتاور کم موتور دارای قطب سایه دار را برای بیشتر کاربریهای صنعتی یا تجاری که در آنها کار مداوم یا چرخه های گردش بیشتر معمول است غیر قابل استفاده می کند. شکل ۹ منحنی سرعت - گشتاور را برای انواع موتور القایی AC تک فاز نشان می دهد.

## موتور القایی AC سه فاز

موتورهای القایی AC سه فاز به طور گسترده در کاربریهای تجاری و صنعتی استفاده می شوند. آنها هم به عنوان موتورهایی با روتور پیچ خورده یا قفس سنجایی دسته بندی می شوند.

این موتورها خود استارت هستند و از هیچ خازن یا پیچه استارت یا سوئیچ گریز از مرکز یا دستگاه آغازگری استفاده نمی کنند. آنها گشتاور آغازین در درجه های متوسط یا بالا تولید می نمایند. محدوده نیروی تولیدی و بازده این موتورها از متوسط تا بالا با مشابه های تک فازشان مقایسه می شود. استفاده های عمومی آنها مانند آسیابها (و لیث ها دستگاه برنده و فرم دهنده چوب و فلز) مته فشاری پمپها کمپرسورها تسمه نقاله ها همچنین دستگاههای چاپ دستگاههای مزرعه سرمایش در الکترونیک و دیگر کاربریهای مکانیکی است.

### موتور قفس سنجایی

تقریباً ۹۰ درصد موتورهای القایی AC سه فاز از این نوعند. که روتور آنها از نوع قفس سنجایی است که در ابتدا توضیح داده شد. محدوده های طبقه بندی نیروی آنها از یک سوم تا چند صد اسب بخار است. موتورهای این نوعی که در دسته یک اسب بخار به بالا اند در مقایسه با مشابه های تک فاز کم هزینه ترند و میتوانند در استارت در فشارهای سنگینتر بکار کنند.

### موتور با روتور پیچشی

موتور با حلقه لغزان یا موتور روتور پیچشی نوعی از موتور القایی قفس سنجایی است. درحالی که استاتور در این موتور همانند موتور قفس سنجایی است یک سری از پیچه ها را روی روتور خود دارد که در حالت مدار کوتاه نیستند ولی به یک سری از رینگهای لغزان ختم می شوند. این پیچه ها در اضافه کردن مقاومتها و خازنهای خارجی سودمندند. اسلیپ لازم برای تولید گشتاور بیشینه نهایی مستقیماً با مقاومت روتور متناسب است. در موتور با حلقه لغزان مقاومت موثر روتور با اضافه کردن مقاومت خارجی میان حلقه های لغزان کاهش میابد. بنابراین امکان بدست آوردن لغزش بیشتر و همچنین گشتاور بیشینه نهایی در سرعتهای کمتر وجود دارد. یک مقاومت خارجی می تواند در سرعت تقریباً صفر را نتیجه دهد که گشتاو بیشینه نهایی بسیار زیادی با جریان استارت کم را تولید می کند. هنگامی که موتور شتاب می گیرد مقدار مقاومت می تواند کاهش یابد تا مشخصات موتور برای کارهایی با فشار زیاد مناسب شود. هنگامی که موتور به سرعت اصلی میرسد خازنهای خارجی از مدار خارج می شوند و این یدین معنی است که اکنون موتور به عنوان یک موتور القایی استاندارد کار می کند.

این نوع موتور برای فشارهای مانا (کارهایی با فشار ثابت) که در آنها گشتاور نهایی باید در سرعت تقریباً صفر تولید شده و موتور در کمترین زمان و بلکمترین مصرف جریان تا سرعت بیشینه شتاب گیرد ایده آل است \*\*\*.

قسمت پایینی موتور با حلقه لغزان که در آن حلقه ها به همراه مجموعه براشها است به نگهداری منظم نیاز دارد که از نظر قیمت، استاندارد بودن آن را به عنوان یک موتور قفس سنجایی غیر ممکن می کند. اگر پیچه ها کوتاهتر شده و استارت زده شود معمولاً جریان بالا از روتور در حالت متوقف عبور می کند که در حد ۱۴۰۰ درصد است. درحالیکه در این حالت در آن گشتاوری در حد ۶۰ درصد تولید مینماید که در بسیاری از کاربریها چنین امکان پشتیبانی چنین چیزی نیست. با تغییر مقاومتهای روتور منحنی سرعت گشتاور تعدیل می گردد که بدان وسیله سرعتی که در آن موتور در فشاری مخصوص کار می کند تعدیل می شود. ظرفیت تکمیل فشار میتواند سرعت را تا ۵۰ درصد سرعت سنکرون کاهش دهد. خصوصاً هنگامی که فشار، از نوعی با نیاز به گشتاور - سرعتهای مختلف مثل پرسهای چاپ یا کمپرسورها است. کاهش سرعت تا زیر ۵۰ درصد بازده را به خاطر اتلاف انرژی در مقاومتها به شدت کاهش میدهد. این نوع موتور در کاربریهای با چرخش با گشتاور و سرعتهای

مختلف مانند پرسهای چاپ ، کمپرسورها ، تسمه نقاله ها ، بالابرنده ها و آسانسورها مورد استفاده قرار می گیرد.

معادله کنترل گشتاور عملکرد موتور

سیستم بار موتور میتواند بوسیله معادله اساسی زیر بیان شود.

برای چرخشهایی با ماند ثابت داریم :

این نشان میدهد که گشتاور ایجادشده توسط موتور با گشتاور بار نسبت عکس دارد.

مولفه گشتاور گشتاور پویا نامیده می شود زیرا فقط در اعمال زودگذر و آنی ظاهر میشود. اینکه چرخش تسریع یا کند میشود به این بستگی دارد که T از T1 بزرگتر یا کوچکتر باشد. در هنگام شتاب گیری موتور نباید تنها گشتاور بار را تغذیه کند بلکه باید مولفه گشتاور اضافی ای را برای چیره شدن به اینرسی داشته باشد. در درایوهایی با اینرسی بزرگ مانند قطارهای الکتریکی گشتاور موتور برای مقدار بسیار کافی شتابگیری باید از گشتاور بار تجاوز کند. در درایوهایی با نیاز به واکنش سریع گشتاور موتور باید در بالاترین مقدار نگه داشته شده و سیستم بار موتور با کمترین مقدار ممکن اینرسی طراحی شده باشد. انرژی مربوط به گشتاور پویا بصورت انرژی جنبشی (KE) بوجود آمده ذخیره می شود. در زمان شتابگیری گشتاور پویا علامت منفی دارد. از این رو به گشتاور تولیدی موتور T و حفظ تحرک چرخش بوسیله استخراج انرژی از انرژی جنبشی ذخیره شده کمک می کند.

برای خلاصه ، برای حالت دائمی چرخش موتور گشتاوری تولیدی موتور T باید همیشه با گشتاور لازم بار T1 برابر باشد.

منحنی سرعت گشتاور موتور القایی سه فاز معمولی در شکل ۱۱ نشان داده شده است.

ویژگی استارتینگ

موتورهای القایی در حالت خاموش مانند یک ترانسفورماتور در مدار کوتاه عمل می کنند و اگر کاملاً به منبع ولتاژ متصل شوند جریانی بسیار بزرگ می کشند که این جریان به جریان روتور قفل شده معروف است. همچنین گشتاوری تولید می کند که به گشتاور روتور قفل شناخته می شود. گشتاور روتور قفل (LRT) و جریان روتور قفل (LRC) تابع ولتاژ پایانه و تابع طراحی آن می باشند. هنگامی که موتور شتاب می گیرد اگر ولتاژ ثابت نگه داشته شود هر دو گشتاور و جریان تلاش می کنند که سرعت روتور را تغییر دهند. جریان استارت یک موتور با ولتاژ ثابت با شتاب گرفتن موتور بطور بسیار آهسته کاهش میابد و صرفاً روند نزولی میابد. به خصوص وقتی که موتور به ۸۰ درصد سرعت کامل خود میرسد. منحنیهای واقعی برای موتورهای القایی میتوانند میان طراحی های مختلف بسیار متفاوت باشند ولی عموماً گرایش آنها به جریان بالاست تا وقتی که موتور تقریباً به سرعت کامل میرسد LRC. یک موتور میتواند در محدوده از ۵۰۰ درصد تا ۱۴۰۰ درصد جریان ظرفیت تکمیل (FLC) باشد. معمولاً موتورهای خوب در محدوده ۵۵۰ تا ۷۵۰ درصد از FLC میباشند.

گشتاور استارت یک موتور القایی که با ولتاژ ثابت آغاز به کار می کند ، کمی به گشتاور کمینه افت می کند که به Pull-Up torque شناخته می شود. با شتاب گرفتن موتور در تقریباً سرعت بیشینه به یک گشتاور بیشینه افزایش یافته که به گشتاور شکست یا Pull-Out torque معروف است و سپس در سرعت سنکرون به صفر نزول می کند. منحنی گشتاور استارت برخلاف سرعت روتور به ولتاژ پایانه و طراحی روتور بستگی دارد.

LRT یک موتور القایی میتواند از مقدار کم ۶۰ درصد FLT تا ۳۵۰ درصد آن تغییر کند Pull-Up torque. نیز می تواند به کمی ۴۰ درصد FLT و گشتاور شکست هم می تواند تا حد ۳۵۰ درصد FLT باشد. معمولاً LRT ها برای موتورهای بزرگ تا متوسط دستورا ۱۲۰ تا ۲۸۰ درصد FLT میباشد. ضریب توان (PF) با شتاب گرفتن موتور از استارت از ۱۰ تا ۲۵. به مقدار بیشینه افزایش یافته و سپس با رسیدن موتور به سرعت نهایی دوباره سقوط مینماید.

## ویژگی عملکرد

هنگامی که موتور به سرعت خود سرعتی که به تعداد قطبهای استاتور مربوط است رسیده است در میزان خطای کمی نسبت به سرعت سنکرون (Slip) کار می کند. معمولاً میزان این کاستی برای یک موتور قفس سنجابی کمتر از ۵ درصد است. اسلیپ حقیقی نوع خاصی از موتور به طراحی آن بستگی دارد. معمولاً سرعت اصلی یک موتور القایی چهار قطبی بین 1420 تا ۱۴۸۰ دور در دقیقه در فرکانس ۵۰ هرتز متغیر است. در حالی که سرعت سنکرون 1500 دور در دقیقه در فرکانس ۵۰ هرتز است.

ولتژ کشیده شده توسط موتور القایی دو جزء دارد: جزء انفعالی (جریان مغناطیسی سازی) و مولفه موثر (جریان کاری). جریان مغناطیسی سازی مستقل از بار ولی وابسته به طراحی و ولتاژ استاتور می باشد. جریان مغناطیسی سازی حقیقی موتور القایی می تواند از مقدار کم ۲۰ درصد FLC برای دستگاه بزرگ دو پل تا بزرگی ۶۰ درصد برای نمونه کوچک هشت پل متغیر باشد. جریان کاری موتور با بار نسبت مستقیم دارد. گرایش دستگاههای بزرگ و پرسرعت به ارائه دادن جریان مغناطیسی سازی کم است در حالی که گرایش ماشینهای کوچک و کم سرعت به جریان بالای مغناطیسی سازی میباشد. یک موتور معمولی در سایز متوسط و با چهار پل جریان مغناطیسی سازی ای معادل ۳۳ درصد FLC دارد.

یک جریان کم مغناطیسی سازی اتلاف کم آهن را در بر دارد در حالی که جریان بزرگ مغناطیسی سازی افزایش در اتلاف آهن و در نتیجه کاهش بازده عملکرد را در پی دارد.

معمولاً بازده عملکرد یک موتور القایی در سه چهارم ظرفیت حداکثر است و از ۶۰ درصد برای موتورهای کوچک کم سرعت تا بیش از ۹۲ درصد برای موتورهای بزرگ پرسرعت متنوع است. ضرایب توان و بازده ها عموماً در مشخصات موتورها ذکر شده است.

## مشخصه بار

در واقعیت کاربریهایی با مقادیر مختلف بار با منحنیهای مختلف سرعت گشتاور وجود دارد. برای نمونه: گشتاور ثابت با بار با سرعت متغیر (در کمپرسورهای پیچشی تسمه نقاله ها تغذیه کننده ها)، گشتاور متغیر با بار با سرعت متغیر (در فن، پمپ)، توان ثابت (در محرکهای انقباضی)، توان و گشتاور ثابت (در محرکهای سیم پیچی) و گشتاور بالای استارت و دور گرفتن ناگهانی که در گشتاور ثابت بار (در پمپهای پیچشی، فشرده سازها) مشاهده می شود.

گفته می شود سیستم بار موتور پایدار است هرگاه گشتاور تولیدی موتور با گشتاور مورد نیاز بار برابر باشد در این حالت موتور در یک سرعت ثابت در حالتی مانا کار می کند. پاسخگویی موتور به هر اختلال ایده ای در مورد پایداری سیستم بار آن به ما میدهد. این مفهوم به ما در انتخاب سریع نوع موتور برای کاربری خاصی کمک می کند.

در بیشتر کاربریها، واحد زمانی الکتریکی در مقابل واحد زمانی مکانیکی آن ناچیز است. از این رو در هنگام اعمال آنی میتوان موتور را در تعادل الکتریکی فرض کرد که بر اینکه منحنی سرعت - گشتاور حالت پایدار برای اعمال آنی نیز صادق است دلالت دارد.

بعنوان نمونه شکل ۱۲ منحنیهای سرعت - گشتاور موتوری با دو بار مختلف نشان میدهد. میتوان سامانه را بعد از به حالت اول بازگشتن پس از کمی تغییر به سبب اختلالی در موتور یا بار ثابت نامید.

برای نمونه اختلال سبب کاهش در سرعت میشود. در حالت اول در سرعتی جدید گشتاور موتور T از گشتاور بار T1 بزرگتر است. بنابراین موتور شتاب گرفته و عملیات به X باز خواهد گشت. به طور مشابه افزایش در سرعت که بوسیله یک اختلال بوجود میاید و گشتاور بار را از گشتاور موتور بیشتر خواهد کرد کاهش سرعت موتور و بازگشت حالت عملیات به نقطه X را نتیجه میدهد. بنابراین سیستم در نقطه X پادار است.



در حالت دوم کاهش سرعت سبب بیشتر شدن گشتاور بار از گشتاور موتور میشود. چرخش کل کند شده و حالت دستگاه از نقطه Y دور میشود. به طور مشابه افزایش سرعت گشتاور موتور را از گشتاور بار فزونی داده که موجب دور شدن بیشتر حالت دستگاه از نقطه Y میشود. بنابراین این سامانه در نقطه Y ناپایدار است. این نشان میدهد که موتور انتخاب شده برای کاربری در حالت اول صحیح است و انتخاب دوم انتخابی اشتباه میباشد و برای عمل مورد نظر باید تغییر کند.

نوع بار با منحنیهای سرعت - گشتاورشان در زیر توضیح داده شده اند.  
بارهای با سرعت متغیر و گشتاور ثابت

گشتاوری که این نوع بارها نیاز دارند صرفنظر از سرعت، ثابت اند. در مقابل نیرو با سرعت نسبت خطی دارد. دستگاههایی نظیر کمپرسورهای پیچشی، تسمه نقاله ها و تغذیه گر (ساخت رسانها) چنین مشخصات باری دارند.

بارهای با گشتاور متغیر و سرعت متغیر

این عمومی ترین نوع بار در صنایع بوده و بیشتر اوقات به عنوان بار با گشتاور نمایی شناخته میشود. در حالی که نیرو مکعب سرعت است گشتاور مربع سرعت میباشد. این مشخصات معمول سرعت - گشتاور یک فن یا پمپ است.

بارهای با توان ثابت

این نوع بار کمیاب است ولی گاهی در صنایع مورد استفاده دارد. در حالی که گشتاور تغییر می کند توان ثابت است. گشتاور با سرعت نسبت عکس داشته که به طور نظری گشتاور بینهایت در سرعت صفر و سرعت بینهایت در گشتاور صفر را در بر دارد. در عمل همیشه به مقدار متنهای گشتاور شکست نیاز است. این نوع بار مشخصه محرر کهای انقباضی است که برای شتابگیری اولیه به گشتاور بالا در سرعت پایین و گشتاوری بسیار کاهش یافته در هنگام کارکرد نیاز دارد.

بارهای با توان ثابت و گشتاور ثابت

این نوع بار در کارخانه کاغذ استفاده میشود. در این نوع بار در حالیکه سرعت افزایش میابد، گشتاور ثابت مانده و توان بشکل خطی افزایش میابد. هنگامی که گشتاور شروع به کاهش می کند آنگاه توان ثابت می ماند.

گشتاور استارت و دورگیری بالا و در ادامه گشتاور ثابت

این نوع بار با گشتاوری بسیار بالا در بسامدهایی نسبتا کم مشخص میشود. در کاربریهایی نظیر فشرده سازها و پمپهای پیچشی.

## استانداردهای موتور

در سراسر جهان استانداردهای مختلفی برای تبیین کاربریها و پارامترهای ساختمانی یک موتور موجود است. دو نوع استاندارد که بیش از همه مورد استفاده قرار می‌گیرد عبارتند از: NEMA: انجمن ملی سازندگان الکتریکی) و IEC کمیته بین المللی الکتروتکنیکی).

## NEMA

NEMA برای بسیاری از محصولات الکتریکی شامل موتورها استاندارد قرار میدهد. اصولا استاندارد موتورها مورد استفاده در آمریکای شمالی است. استانداردهای معتبر لیاقت‌های عمومی صنعتی را بیان می‌کنند و بوسیله جامعه الکتریکی پشتیبانی میشوند. این استانداردها را می‌توان در نشریه شماره MG1 NEMA یافت. ممکن است بعضی موتورها بزرگ AC تحت این استاندارد قرار نگیرند. این موتورها برای مواجهه با نیاز در نوع خاصی از کاربری ساخته شده اند که جزء موتورها NEMA محسوب نمیشوند.\*\*\*.

## IEC

IEC سازمانی اروپایی است که استانداردهای الکتریکی و مکانیکی را از بین همه چیز برای موتورها در سراسر جهان منتشر میکند و ترفیع می‌دهد. در شرایط عادی میتوان گفت که IEC همتای بین المللی NEMA میباشد. در بسیاری از کشورها موتورها مورد استفاده تحت استاندارد IEC میباشند. این استانداردها را میتوان در IEC 34-1-16 یافت.\*\*\*.

به طور عمده استانداردهای NEMA چهار نوع طراحی را برای موتورها AC القایی مشخص می‌کنند. (طرح. A-B-C-D) منحنیهای سرعت – گشتاور نوعی آنها در شکل ۱۸ نشان داده شده است.

طرح A گشتاور استارت طبیعی (بین ۱۵۰ تا ۱۷۰ درصد مجاز) و جریان استارت نسبتا بالا دارد. گشتاور شکست آن در میان همه طرحهای NEMA بالاترین مقدار است که موتور را قادر میسازد تا با اضافه بارهای بسیار سنگین برای مدتی کوتاه سروکار داشته باشد. میزان اختلاف 5 (Slip) درصد است. نوعی از استعمال آن در نیرودهی به ماشینهای قالبدهی تزریقی است.

طرح B معمولی ترین نوع موتور القایی AC است که بفروش میرسد. مانند طرح A گشتاور استارتی طبیعی داشته ولی جریان استارتی پایین دارد. گشتاور روتور قفل، در آن آنقدر خوب هست که بسیاری از بارهایی را که در کاربری صنعتی با آنها مواجه میشود بکار بیندازد. اختلاف (Slip) آن ۵ درصد است. بازده و ضریب توان ظرفیت تکمیل (PF) آن نسبتا بالا بوده در ضمن معروفیت طرح آن از انواع کاربردهای آن میتوان به پمپها فنها و ماشین ابزارها اشاره کرد.

طرح C با گشتاور استارتی بالا (بالاتر از دونوع قبلی 200، درصد اسمی)، مناسب برای استفاده در بارهایی با شروع بکار ناگهانی مانند نقاله‌ها خرد کننده‌ها دستگاههای پرتحرک همزنها و پمپهای دوطرفه و کمپرسورها است. این موتورها نامزد استفاده در عملیاتی با سرعت نزدیک به سرعت تمام بدون اضافه بارهای بزرگ هستند. اختلاف (Slip) در آنها ۵ درصد میباشد.

طرح D گشتاور بالایی (بالاتر از همه مدلهای NEMA) دارد. جریان استارت و سرعت ظرفیت تکمیل در آن کمند. مقدار بالای اختلاف (۱۳ تا ۵ درصد) این موتور را برای کاربریهای با بارهای متغیر و با تغییرات برجسته در سرعت موتور مانند ماشین آلانی با ذخیره ساز انرژی چرخ

طیار پرسهای منگنه قیچیها آسانسورها استخراج کننده ها بالابرها جرثقیلها پمپهای چاه نفت ماشینهای سیمپیچی و غیره مناسب میسازد. تنظیم سرعت در آنها ضعیف است و آنها را فقط برای استفاده در پرسهای منگنه جرثقیلها آسانسورها و پمپهای چاه نفت مناسب می گرداند. معمولا این موتور به عنوان مورد سفارشی مطرح میشود.

بتازگی NEMA طرحی جدید (طرح D) را به استانداردش برای موتور القایی افزوده است. طرح E شبیه طرح B است با این تفاوت که بازدهی بالاتر جریان استارتی بالا تر و جریان کارکرد در اضافه باری کمتر دارد. مشخصات گشتاور طرح E شبیه موتورهای با همان پارامترهای نیروی تحت استاندارد IEC میباشد.

امتیازدهیهای سرعت - گشتاور طرحهای IEC عملا آینه استانداردهای NEMA است. طرح N از IEC شبیه طرح B از NEMA است , عمومی ترین موتورهای برای کاربریهای صنعتی. طرح موتورهای H از IEC با طرح موتورهای C از NEMA بسیار شبیه است. IEC طرح خاصی که با طرح D از NEMA برابری کند ندارد. امتیازدهیهای چرخه کار IEC متفاوت از کار NEMA است. درحالیکه NEMA معمولا سه نوع کار دائمی غیردائمی (دوره ای) و خاص را معرفی میکند (که معمولا با دقیقه بیان میشوند IEC 9 , نوع چرخه کار مختلف را استعمال مینماید.

استانداردهایی که در جدول ۱ نشان داده شده اند صرفنظر از بیان پارامترهای عملکرد و چرخه های کاری , افزایش دما (کلاس ایزولاسیون) اندازه کل (ابعاد فیزیکی موتور) جنس پوسته ضریب نگهداری و چند چیز دیگر را بیان میکند.

شرح

نوع چرخه کاری

نوع

شماره

عملکرد در بار ثابت ومدت زمان کافی برای رسیدن به تعادل گرمایی

کار مداوم

S1

1

کارکرد در بار ثابت در زمان معین کمتر از میزان لازم برای رسیدن به تعادل گرمایی, که پس از آن استراحت به دستگاه داده میشود برای رسیدن دمای دستگاه به دمای خنک کننده.

کار موقت

S2

2

توالی چرخه های کاری برابر, که هر کدام شامل دوره کاربری در بار ثابت و یک وقفه (بدون اتصال به برق) میباشد. برای این نوع کاربری جریان استارت تاثیر عمده ای بر افزایش دما ندارد.

کار دوره ای موقت

S3

3

توالی چرخه های کاری برابر, که شامل دوره های عمده استارتینگ میشود. دوره ای زیر بار ثابت و با وقفه دوره ای.

کار دوره ای موقت با استارت

S4

4

توالی چرخه های برابر، که شامل دوره ای از استارت و دوره ای از کاربری دربار ثابت شده که بدنبال آن ترمزی سریع و دوره استراحت میباشد.

کاردوره ای موقت

با ترمز الکتریکی

S5

5

توالی چرخه های کاری برابر، که شامل دوره ای از کاربری دربار ثابت و دوره کاربری ای در حالت بدون بار میباشد. در این نوع دوره استراحت وجود ندارد.

عملکرد مداوم کاردوره ای

S6

6

توالی چرخه های کاری برابر، که شامل دوره ای از استارت، دوره ای از کاربرد بار ثابت و بدنبال آن با ترمز الکتریکی همراه است. این نوع دوره استراحتی ندارد.

عملکرد مداوم کاردوره ای

با ترمز گیری الکتریکی

S7

7

توالی چرخه های کاری برابر، که دربار ثابت که سرعت چرخش آن از قبل معین شده است کاری کند و بدنبال آن دوره های کاربری دربار ثابت دیگری با سرعت های متفاوت است (کاربری). (e.g) دوره استراحت نداشته و برای رسیدن به تعادل گرمایی دوره کاری بسیار کوتاه است.

عملکرد مداوم کاردوره ای

با بار وابسته و سرعت متغیر

S8

8

عموما کاری با بار سرعتی که بصورت غیر خطی در محدوده مجاز تغییر می کنند. این کاربری شامل اضافه بارهای متناوب است که گاهی از ظرفیت تکمیل فراتر میروند.

کار با بار غیر دوره ای

و سرعت های متنوع

S9

9

برچسب معمول نام یک موتور القای AC

یک برچسب معمول نام یک موتور القای AC در شکل ۱۹ نشان داده شده است.

شرح

اصطلاح

ولتاژ اسمی پایانه

Volts

جریان تغذیه ظرفیت تکمیل اسمی

Amps

خروجی اسمی موتور

H.P.

سرعت اسمی در حالت ظرفیت تکمیل موتور

R.P.M

فرکانس تغذیه مجاز

Hertz

ابعاد فیزیکی خارجی موتور طبق استانداردهای NEMA

Frame

حالت بار موتور، کوتاه مدت، دوره ای، مداوم...

Duty

تاریخ ساخت.

Date

کلاس ایزولاسیونی که برای ساختمان موتور بکاررفته است. این مورد بیشینه حد دمای پیچه موتور را مشخص می کند.

Class Insulation

این مورد مشخص میکند که موتور به کدام کلاس طراحی NEMA متعلق است.

NEMA Design

فاکتوری است که مشخص میکند موتور میتواند چقدر بیشتر از ظرفیت تکمیل اضافه بار داشته باشد.

Service Factor

بازده کاربری موتور در ظرفیت تکمیل.

NEMA Nom

Efficiency

تعداد فازهای استاتور موتور را مشخص می کند.

PH

تعداد قطبهای موتور را مشخص می کند.

Pole

استاندارد ایمنی موتور را نشان میدهد.

مشخص میکند که پیچه های موتور بصورت  $\Delta$  متصل شده اند یا دلتا.

$\Delta$

## نیاز به محرک الکتریکی

صرفنظر از خصوصیات غیرخطی موتور القایی موضوعات زیادی ضمیمه محرکه موتور است. اجازه دهید آنها را یک به یک بررسی کنیم. در قدیم تلاش میشد تا سطح طراحی موتورهای اولیه از کاری که قرار است انجام دهند بالاتر باشد. نتیجه این امر سیستم کاری ای با عدم بازده زیاد بود چراکه قسمت عمده ای از توان ورودی کار مفیدی انجام نمیداد. اغلب اوقات گشتاور تولیدی موتور بیشتر از گشتاور مورد نیاز بار بود. برای موتور القایی محدوده حالت پایدار بسبب فرکانس تغذیه و تعداد قطبهای ثابت بین ۸۰ تا ۱۰۰ درصد سرعت ارزیابی شده است. هنگامیکه یک موتور القایی آغاز بکار میکند بعلت نبود نیروی برق و ارانی جریان داخلی فراوانی خواهد کشید. نتیجه این امر اتلاف بیشتر در خطوط انتقال و همچنین روتور خواهد بود که نهایتا به داغ شدن و احتمالا خرابی و از بین رفتن عایقها خواهد انجامید. جریان برقوارانی زیاد ممکن است موجب تقلیل ولتاژ در خطوط تغذیه شود که ممکن است بر عملکرد وسایل کاربردی دیگری که به همان منبع تغذیه متصل اند تاثیر گذارد. وقتی که موتور در باری کمینه کار میکند (اصطلاحا محور آزاد) جریان کشیده شده اصولا جریان مغناطیسی سازيست و تقریبا به طور کامل صرف القا میشود. در نتیجه ضریب توان بسیار پایین و معمولا ۰.۱ است. هنگامی که بار افزایش یافت جریان کاری شروع به زیاد شدن می کند. جریان مغناطیسی سازی در تمام محدوده عملیاتی از وضعیت بدون بار تا ظرفیت تکمیل تقریبا ثابت میماند. از این رو با افزایش بار ضریب توان بهبود میابد.

هنگامی که موتور با ضریب توانی کمتر از واحد کار میکند جریان کشیده شده توسط موتور بطور طبیعی سینوسی نیست. این حالت کیفیت توان در خط تغذیه کاهش داده و ممکن است دیگر وسایل کاربردی که به همان خط تغذیه متصلند را متاثر سازد.

ضریب توان بسیار مهم است بطوریکه شرکتهای توزیع مشتریانی را که توانی با ضریب توانی پایین تر از حد معین شده از طرف آنان می کشند را مجازات می نمایند. این بدین معنی است که مشتری مجبور است حالت ظرفیت تکمیل را در تمام مدت کاربری حفظ کند و یا آنکه جریمه حالت بار سبک را بپردازد.

در مدت کاربری اغلب لازم است که موتور سریعا متوقف شده و همچنین برعکس کار کند. در کاربریهایی مانند جرثقیلها یا بالابرها ممکن است لازم شود گشتاور چرخش موتور کنترل شود تا از شتابگیری نامطلوب بار جلوگیری شود (در مورد کاهش سرعت بارها تحت تاثیر جاذبه). سرعتی و دقت توقف یا معکوس شدن عملیات حفاظت سامانه و کیفیت محصول را بهبود می بخشد. برای کاربریهای نامبرده در بالا ترمزگیری لازم است. در گذشته ترمزهای مکانیکی مورد استفاده بودند. نیروی اصطکاک میان قسمتهای گردنده و کفشکها ترمزگیری لازم را فراهم میاوردند. با اینحال این نوع ترمزگیری بسیار کمبازده است. گرمای تولید شده هنگام ترمزگیری اتلاف انرژی را نشان میدهد. همچنین ترمزهای مکانیکی نگهداری فعال لازم دارند.

در بسیاری از کاربریهای توان ورودی تابع سرعت است مانند فنها دمیده ها پمپها و ... در این نوع بارها گشتاور به مربع سرعت وابسته و نیرو به مکعب سرعت بستگی دارد. سرعت متغیر که وابسته به نیاز بار است صرفه جویی در مصرف انرژی زیادی را میسر میسازد. کاهشی ۲۰ درصدی در سرعت کاربری موتور تقریبا ۵۰ درصد کاهش در توان ورودی موتور را بهمراه خواهد داشت. چنین امری در سامانه هایی که در آنها موتور مستقیما به خط تغذیه متصل است امکان پذیر نیست. در بسیاری از کاربریهای کنترل جریان گلوگاهی مکانیکی ای برای کنترل جریان استفاده میشود. با اینکه وسیله موثری است انرژی را بخاطر اتلافهای زیاد تلف می کند و عمر موتور را بعلت گرمای تولید شده کم مینماید. هنگامی که تغذیه کننده توانی را با ضریب (PF) کمتر از واحد تحویل میدهد و توتر جریانی با تاثر از هارمونیکها می کشد. نتیجه این امر اتلافهای بیشتر روتور است که بر عمر موتور تاثیر میگذارد. گشتاور تولیدی موتور به علت وجود هارمونیکها ضربانی خواهد شد. در سرعت بالا بسامد ضربان گشتاور به اندازه کافی بزرگ است که بتواند بوسیله مقاومت موتور تصفیه شود. ولی در سرعت پایین ضربانی بودن گشتاور ضربانی شدن سرعت را بوجود خواهد آورد که حرکت با حالت متشنج را نتیجه خواهد داد که بر عمر یاتاقانها اثر میگذارد.

خطوط انتقال ممکن است بخاطر عملکرد سایر دستگاههای متصل به آن حامل بارهای با تموج (افزایش ناگهانی) یا کاهش ناگهانی باشند. اگر موتور در مقابل از این قبیل حالات محافظت نشده باشد در معرض فشاری بیش از مقدار طراحی شده برای آن قرار میگیرد که ممکن است سرانجام دچار خرابی نابهنگام شود. همه مشکلات ذکر شده در بالا که بوسیله هر دوی مصرف کننده ها و تولیدکننده ها بوجود میآیند به نیاز موتور به کنترلی هوشمند تاکید دارند.

با پیشرفت فناوری دستگاه حالت جامد (BJT, MOSFET, IGBT, SCR, ...) و فناوری ساخت IC که به میکروکنترلرهای بسیار سریع با قابلیت اداره کردن الگوریتم مرکب بلادرنگ برای بخشیدن پویایی عملکرد دقیق به موتورهای القایی AC ترقی بخشید محرک الکتریکی با فرکانس متغیر عمومیت یافت.