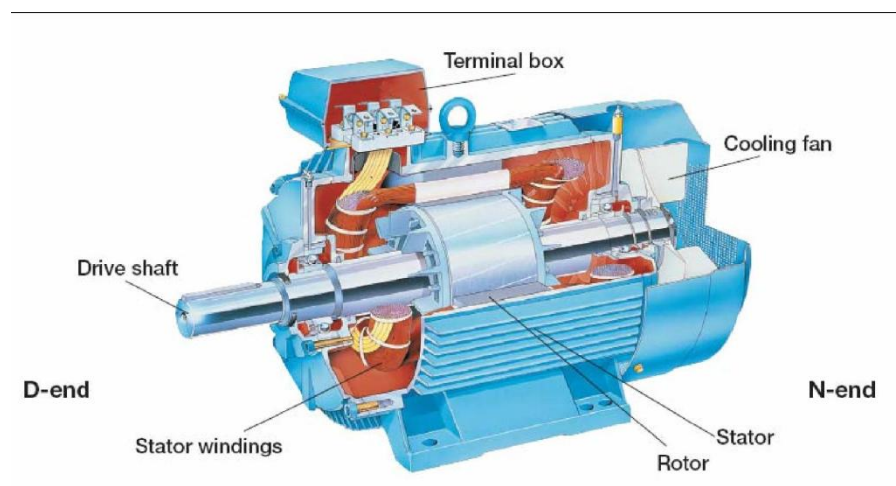


درباره موتورها

الکتروموتورها در اشکال مختلفی همچون تکفاز، سه فاز، ترمزدار، سنکرون، آسنکرون، موتورهای دو دور، موتورهای سه دور و... و با مشخصات متفاوت در دسترس می باشند. برای هر نوع موتور، امکان نصب در حالت‌های مختلفی وجود دارد از جمله نصب بر روی پایه، نصب بر روی فلنچ و یا هر دو. روش‌های خنک کردن موتور هم متنوع می باشد، از خنک کردن توسط پروانه انتهای موتور تا روش‌های پیچیده مدار بسته آب خنک.

برای اطمینان از طول عمر موتور لازم است آنرا تحت شرایط صحیح و مناسب محیطی، مورد استفاده قرار داد. دو عدد IP درج شده بر روی پلاک موتور نشان دهنده درجه حفاظت موتور است؛ عدد اول درجه حفاظت در مقابل نفوذ مستقیم جامدات و عدد دوم درجه حفاظت در مقابل نفوذ آب را نشان می دهد. حرف D نشان دهنده انتهای غیر محرک موتور و حرف N نشاندهنده انتهای محرک موتور می باشد توجه: در این جزوه، توجه اصلی بر الکتروموتورهای آسنکرون است.

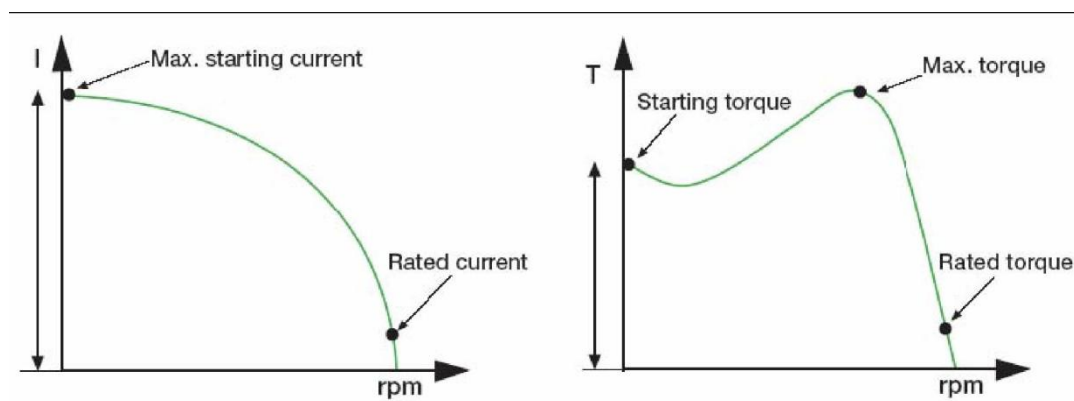


موتورهای قفس سنجابی

در این کتابچه ، کانون توجه بر موتورهای قفس سنجابی است که بیشترین تولید و فروش در بین الکتروموتورها را داراست. این نوع موتور نسبتاً ارزان قیمت بوده و هزینه نگهداری آن هم اندک است . البته الکتروموتورهای موجود در بازار از بازده، قیمت و کیفیت متفاوتی برخوردارند . بازده بالا باعث کاهش مصرف انرژی در مدت زمان معمول عمر الکتروموتور می گردد. سطح پایین آلودگی صوتی و قابلیت تحمل محیطهای نامناسب نیز از جمله پارامترهای مورد توجه می باشد.

نوع طراحی روتور، باعث ایجاد تغییرات شدید در جریان راه اندازی و گشتاور خروجی می گردد. باشد استفاده از سافت (DOL) در هنگامی که الکتروموتور دارای گشتاور راه اندازی بالایی در حالت راه اندازی مستقیم استارتر، بهتر است. در هنگام راه اندازی یک الکتروموتور با گشتاور راه اندازی بالا، توسط سافت استارتر، مقدار کاهش جریان راه اندازی در مقایسه با الکتروموتوری که گشتاور راه اندازی کمتری دارد، به نحو چشمگیری بیشتر است.

تعداد قطبهای موتور نیز مشخصات فنی را تحت تأثیر قرار می دهد . یک موتور دو قطبی دارای گشتاور راه اندازی کمتری نسبت به یک موتور چهار قطبی است.



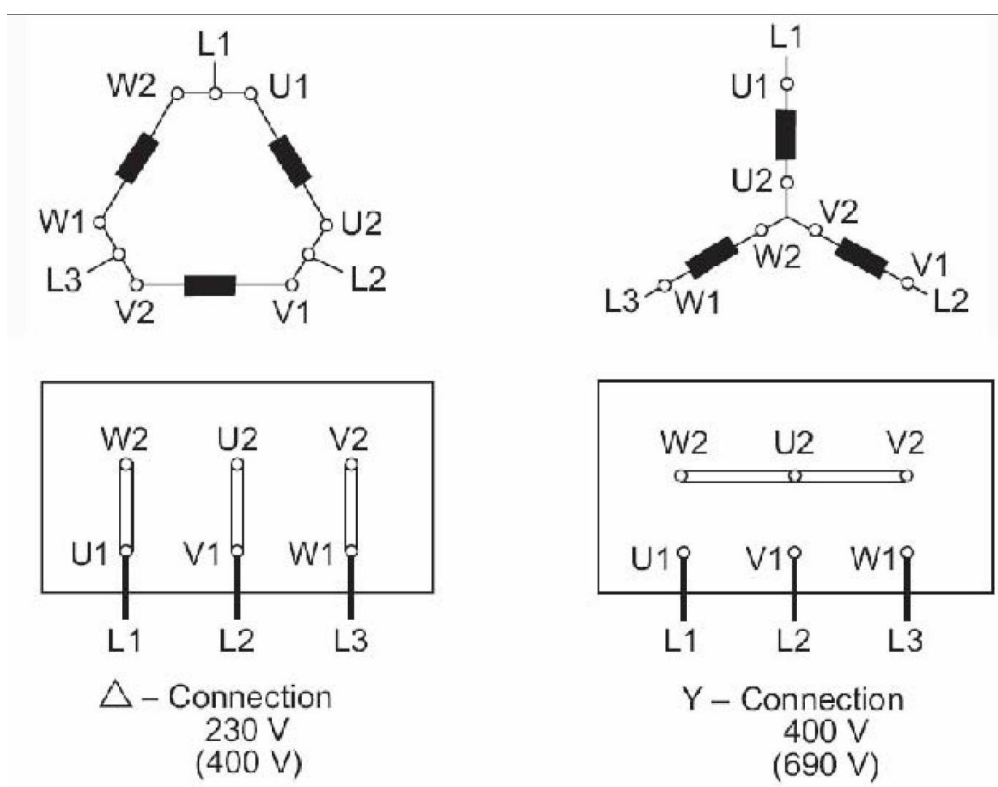
Current diagram for typical squirrel cage motor
Torque diagram for a typical squirrel cage motor

منحنی های فوق، نشان دهنده گشتاور و جریان یک موتور قفس سنجابی معمولی نسبت به دور خروجی می باشد.

ولتاژ

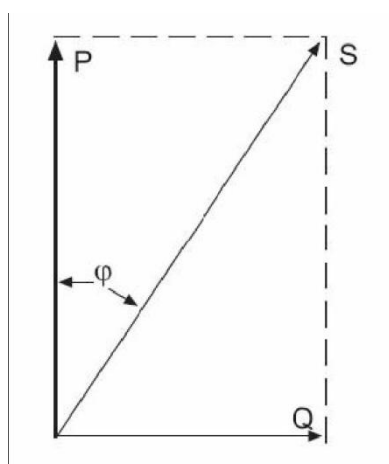
موتورهای سه فاز تک سرعته را معمولاً می توان به دو سطح ولتاژ متفاوت متصل نمود . سه سیم پیچ استاتور به صورت (Y) ستاره و یا مثلث (D) بسته می شود

سیم پیچها را نیز می توان بصورت سری یا موازی متصل نمود . (Y و یا YY) اگر بر روی پلاک الکتروموتور هم ولتاژ ستاره و هم مثلث، ذکر شده باشد، می توان هر دو ولتاژ 220 و 380 را به موتور متصل نمود . (اولی به حالت مثلث و دومی به حالت ستاره) این دو حالت را در شکل زیر مشاهده می کنید.



توان ضریب

موتور همیشه توان اکتیو مصرفی را به کار مکانیکی تبدیل میکند. توان راکتیو نیز برای ایجاد میدان مغناطیسی مورد نیاز است اما هیچ گونه کار مکانیکی انجام نمیدهد. در شکل زیر توانهای اکتیو و راکتیو با حروف P و Q نشان داده شده که به همراه هم توان حقیقی (S) را ایجاد میکنند. نسبت بین توان اکتیو (KW) و توان حقیقی (KVAR) را ضریب توان نامیده اند و آنرا با $\cos \Phi$ نمایش می دهند. مقدار معمول آن در هنگام کار بین ۰.۷ تا ۰.۹ است که در موتورهای کوچک کمتر و در موتورهای بزرگ، بیشتر است.



سرعت

سرعت در یک موتور AC به دو چیز بستگی دارد: تعداد قطبهای سیم پیچ استاتور و فرکانس برق متصل به آن .

در فرکانس 50 هرتز، سرعت چرخش موتور برابر است با نسبت عدد ثابت 6000 بخش بر تعداد قطبها .
در فرکانس 60 هرتز، عدد ثابت برابر با 7200 است.

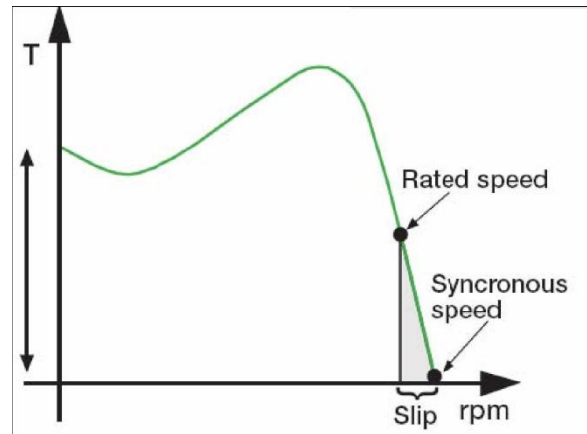
برای محاسبه سرعت موتور می توان از رابطه زیر استفاده کرد:

$$N = (2.f.60) / P$$

که در آن N نشانگر سرعت، f علامت فرکانس و P بیان کننده تعداد قطبها می باشد . سرعت محاسبه شده از طریق رابطه فوق، سرعت سنکرون موتور است و سرعت یک موتور قفس سنجابی و یا رینگ لغزشی (Slip Ring) هرگز به آن نمی رسد . در حالت بدون بار، سرعت به حدود سرعت سنکرون خواهد رسید ولی با افزایش بار از آن فاصله خواهد گرفت.

اختلاف بین سرعت سنکرون و سرعت واقعی (سرعت نامی) را لغزش نامیده اند و مقدار آن از طریق رابطه زیر محاسبه می گردد:

$$s = (n_1 - n) / n_1$$



که در آن s مقدار لغزش عددی (1% بین تا 3%) سرعت سنکرون n_1 و n سرعت نامی می باشد ،

گشتاور

گشتاور راه اندازی یک الکتروموتور بستگی مستقیم به اندازه آن دارد . گشتاور راه اندازی یک موتور کوچک (با توان کمتر از 30 کیلووات) معمولاً بین 2/5 تا 3 برابر گشتاور نامی آن است، در حالی که در موتورهای سایز متوسط (تا حدود 250 کیلووات) این مقدار بین 2 تا 2/5 می باشد . موتورهای بزرگ، گشتاور راه اندازی کوچکی، حتی کمتر از گشتاور نامی راه اندازی کرد دارند .چنین موتورهایی را بعضاً نمی توان در بار کامل به صورت مستقیم (D.O.L) می باشد.

گشتاور نامی یک موتور را می توان از رابطه زیر بدست آورد:

$$Mr = (9550.Pr) / nr$$

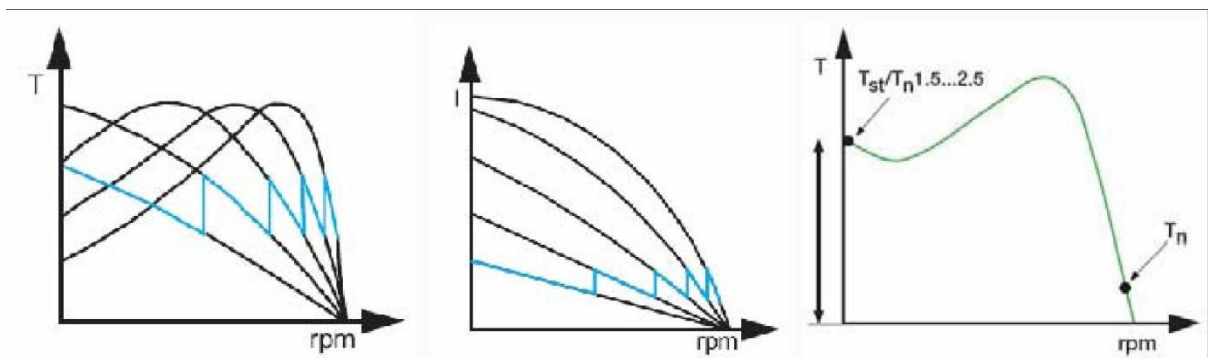
که Mr گشتاور نامی (Nm) ، Pr توان نامی موتور (KW) و nr دور نامی موتور (rpm) .

موتورهای رینگ لغزان (Slip Ring)

در برخی از کاربردها، بعلت جریان شدید راه اندازی نمی توان موتور را بصورت مستقیم استارت نمود؛ همچنین بعلت افت می گشتاور نمی توان موتور را بصورت ستاره -مثلث راه اندازی کرد . در چنین مواردی از موتورهای SlipRing استفاده شود . موتور با تغییر مقاومت استاتور راه اندازی شده و پس از دور گرفتن، مقاومت اندک اندک کاهش یافته تا موتور به دور نامی برسد و پس از آن مقاومت رتور صفر شده و همانند یک موتور قفس سنجابی استاندارد به چرخش ادامه خواهد داد.

برتری یک موتور SlipRing این است که با وجود کاهش جریان راه اندازی، امکان تنظیم گشتاور راه اندازی تا مقدار ماکزیمم وجود دارد . عموماً در چنین مواردی، در صورت استفاده از سافت استارتر، بایستی موتور نیز با موتور بزرگتری جایگزین گردد.

در شکل زیر منحنی گشتاور و جریان یک موتور قفس سنجابی را ملاحظه SlipRing می کنید



روشهای مختلف راه اندازی

راه اندازی مستقیم D.O.L.

این روش تا کنون مرسوم ترین روش راه اندازی الکتروموتورها بوده است . تجهیزات راه اندازی شامل یک کنتاکتور و یک رله حرارتی و یا الکترونیکی می باشد . اشکال این روش، عبور بیشترین جریان ممکن در هنگام راه اندازی می باشد . مقدار نرمال جریان راه اندازی بین 6 تا 7 برابر جریان نامی می باشد ولی تا 10 برابر نیز دیده شده است . علاوه بر جریان راه اندازی، جریانی به نام جریان پیک نیز به علت تخلیه

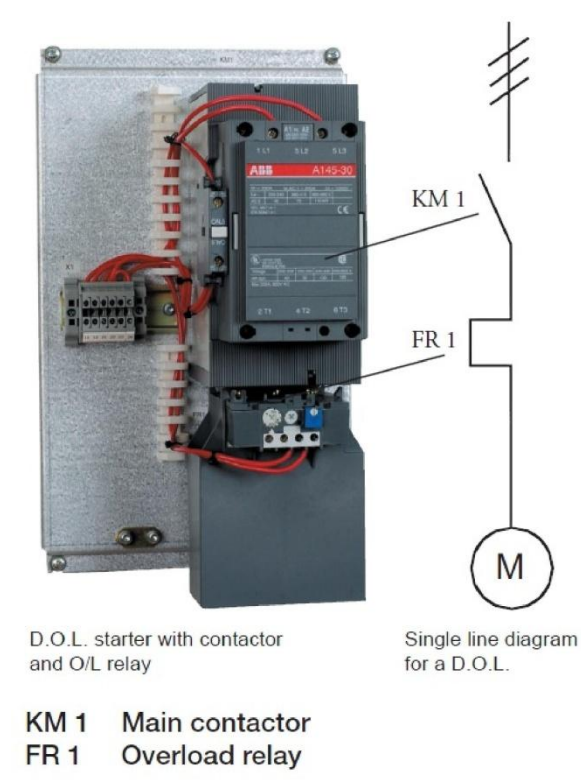
کامل موتور قبل از راه اندازی وجود دارد که مقدار آن در لحظه راه اندازی تا حدود 14

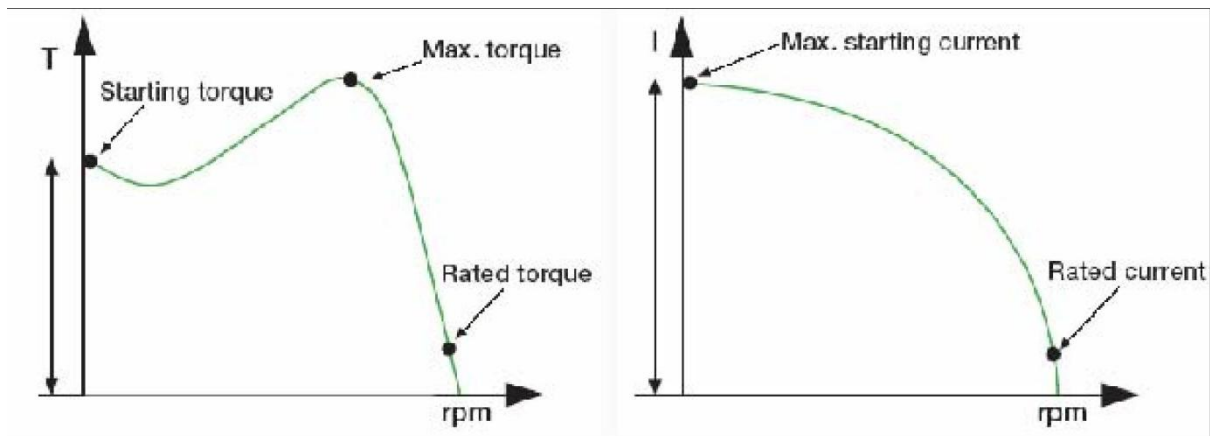
برابر جریان نامی می رسد. این مقادیر به اندازه و طراحی موتور بستگی دارد ولی معمولاً ضرایب برای موتورهای کوچک، بزرگتر است.

در هنگام استارت مستقیم D.O.L. گشتاور راه اندازی نیز بسیار زیاد بوده و برای بسیاری از کاربردها، بیش از مقدار لازم است. گشتاور همانند نیرو عمل کرده و نیروی بیش از حد باعث ایجاد تنش در کویلینگها و قسمت‌های متحرک می گردد.

به هر حال در بسیاری از موقعیتها این روش مناسب بوده و در بعضی از مواقع تنها روش راه اندازی ممکن می باشد.

در شکل زیر منحنی های جریان و گشتاور راه اندازی در روش D.O.L. را بر حسب دور در خروجی ملاحظه می نمایید:





Torque/speed curve att D.O.L

start Current curve at D.O.L start

راه اندازی به روش ستاره- مثلث

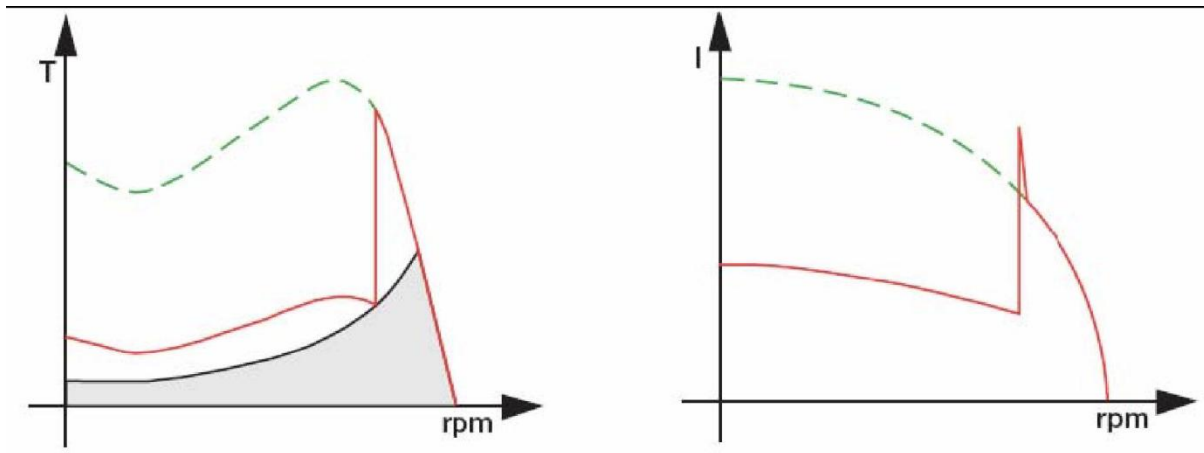
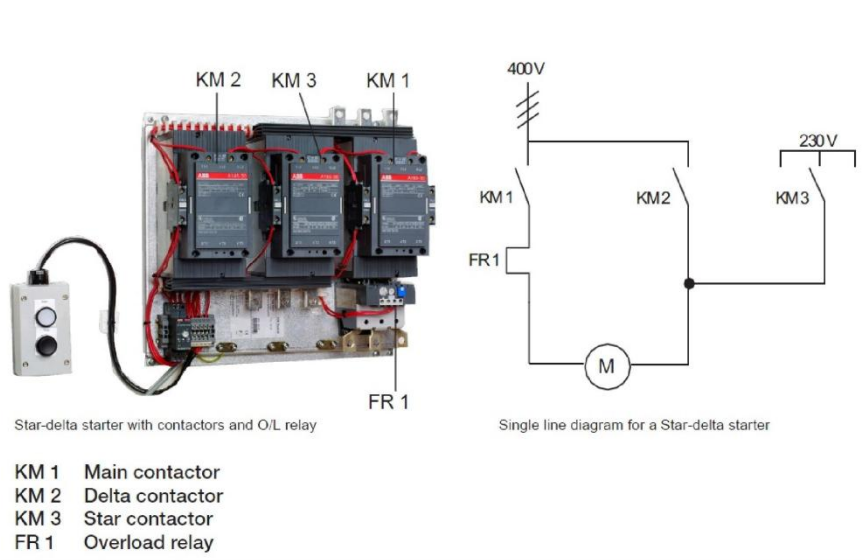
این روش باعث کاهش جریان و با تبع گشتاور راه اندازی می گردد . اجزا شامل سه کنتاکتور، یک رله اضافه بار و یک تایمر جهت تنظیم زمان اتصال ستاره می باشد . این روش در صورتی ام کانپذیر است که موتور در هنگام کار معمول به صورت مثلث بسته شود.

جریان راه اندازی دریافتی در حدود 30% جریان راه اندازی در روش استارت مستقیم است و گشتاور نیز به حدود 25% مقدار آن در راه اندازی مستقیم کاهش می یابد . این روش راه اندازی برای موتورهای مناسب است که در هنگام استارت، بار کمی دارند . اگر موتور کاملاً تحت بار باشد، گشتاور لازم جهت شتابگیری موتور تا سرعتی که برای حالت مثلث مناسب است، وجود نخواهد داشت.

در راه اندازی بارهایی مثل پمپ و فن، گشتاور بار در ابتدا کم است و متناسب با مجذور سرعت افزایش می یابد . پس از آنکه موتور به حدود 80% دور نامی رسید، گشتاور بار و گشتاور موتور یکسان می شود و موتور دیگر توان افزایش سرعت ندارد . برای رسیدن به سرعت نامی باید اتصال به حالت مثلث در آید .

اغلب این حالت باعث ایجاد جهش در جریان و عبور سیال می گردد . در برخی کاربردها، این جهش جریان بعضاً از حالت راه اندازی مستقیم نیز بیشتر می شود . در کاربردهایی که گشتاور بار بیش از 50% گشتاور نامی موتور است، نمی توان از روش ستاره- مثلث استفاده کرد.

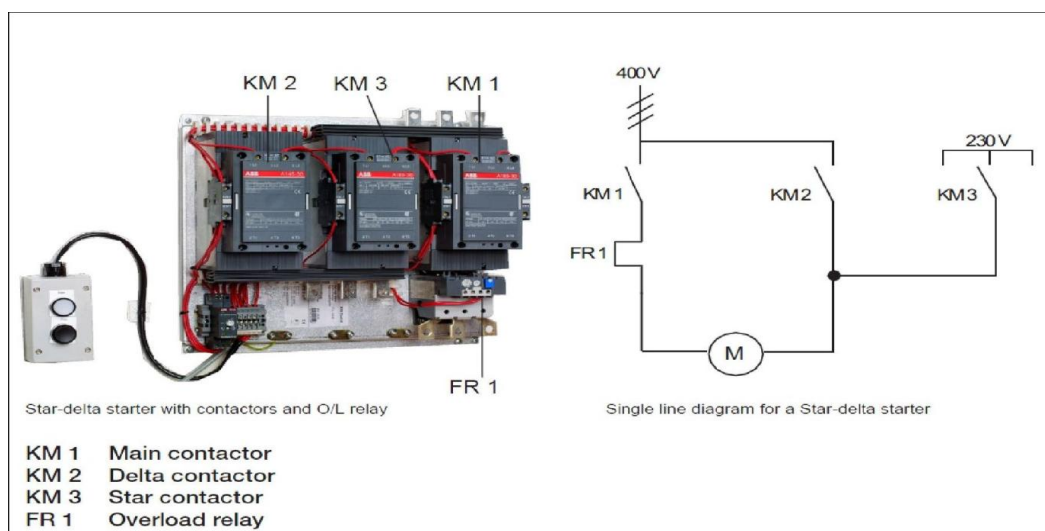
در شکل زیر منحنی های جریان و گشتاور بر حسب دور خروجی در روش ستاره- مثلث را ملاحظه می کنید.



Torque/speed curve at Star-Delta start Current curve at Star-Delta start

استفاده از اینورتر فرکانس

اینورتر فرکانس، که با نام VFD یا VSD و یا درایو نیز شناخته می شود، شامل دو جزء اساسی است، که یکی، ولتاژ AC (50 یا 60 هرتز) را به DC تبدیل کرده و دیگری مجدداً ولتاژ DC را به ولتاژ AC البته با فرکانس 0 تا 150 هرتز و بالاتر تبدیل می کند. و چون سرعت الکتروموتور به فرکانس بستگی دارد، بدینوسیله می توان سرعت الکتروموتور را با تغییر فرکانس، تنظیم نمود؛ که این خاصیت در کاربردهایی که نیاز به تنظیم سرعت در حین کار دارد بسیار مهم است. در بسیاری کاربردها، درایو تنها به منظور راه اندازی و توقف موتور، مورد استفاده قرار می گیرد. با تنظیم فرکانس، گشتاور 1 برابر جریان نامی محدود / نامی موتور حتی در دورهای پایین نیز در دسترس است و جریان راه اندازی نیز در حد 5/ تا 5 می شود. خاصیت دیگر، حالت توقف نرم است که در برخی موارد بسیار مهم می باشد، همچون حالت ضربه چکشی آب در هنگام توقف ناگهانی پمپ، و یا توقف یک نوار نقاله حامل اجسام شکننده. معمولاً برای کاهش نویز و هارمونیک ایجاد شده توسط درایو، از فیلتر استفاده می شود.

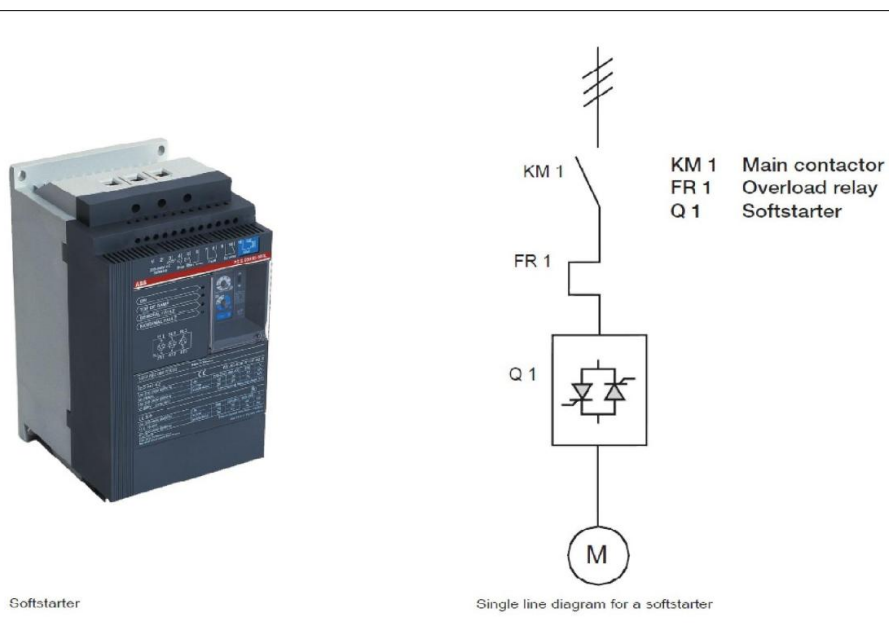


استفاده از راه انداز نرم (سافت استارتر)

سافت استارتر، خواص متفاوتی از سایر روشهای راه اندازی دارد. در ساختار آن از تریستور استفاده شده و ولتاژ اعمالی به الکتروموتور توسط آن تنظیم می گردد. سافت استارتر از کاهش ولتاژ به منظور کاهش جریان استفاده می کند که البته این موضوع باعث کاهش گشتاور راه اندازی می گردد.

در حین اولین مرحله راه اندازی ، ولتاژ اعمالی به الکتروموتور، در حدی است که تنها باعث لغزش اولیه دنده ها یا محکم شدن تسمه ها یا زنجیرها می گردد . به بیان دیگر باعث حذف ضربات نامطلوب در لحظه راه اندازی می شود.به تدریج، ولتاژ و گشتاور افزایش می یابد تا سرعت ماشین رو به افزایش گذارد. یکی از برتری های این روش راه اندازی، امکان تنظیم گشتاور مطابق نیاز بار می باشد . در واقع در هنگام استفاده از راه انداز نرم، گرچه تمام گشتاور راه اندازی الکتروموتور در دسترس است، ولی این سیستم می تواند گشتاوری به اندازه نیاز در اختیار بار قرار دهد.

خاصیت دیگر راه انداز نرم، عمل توقف نرم است، که در هنگام توقف پمپ هایی با هد بالا، مانع از ایجاد حالت ضربه چکشی سیال می گردد . (این ضربه در روشهای راه اندازی مستقیم و ستاره -مثلث باعث آسیب دیدگی پمپ، اتصالات و لوله ها می گردد) . خاصیت توقف نرم در هنگام توقف نوارهای نقاله نیز باعث جلوگیری از تخریب مواد ناشی از توقف سریع می گردد.



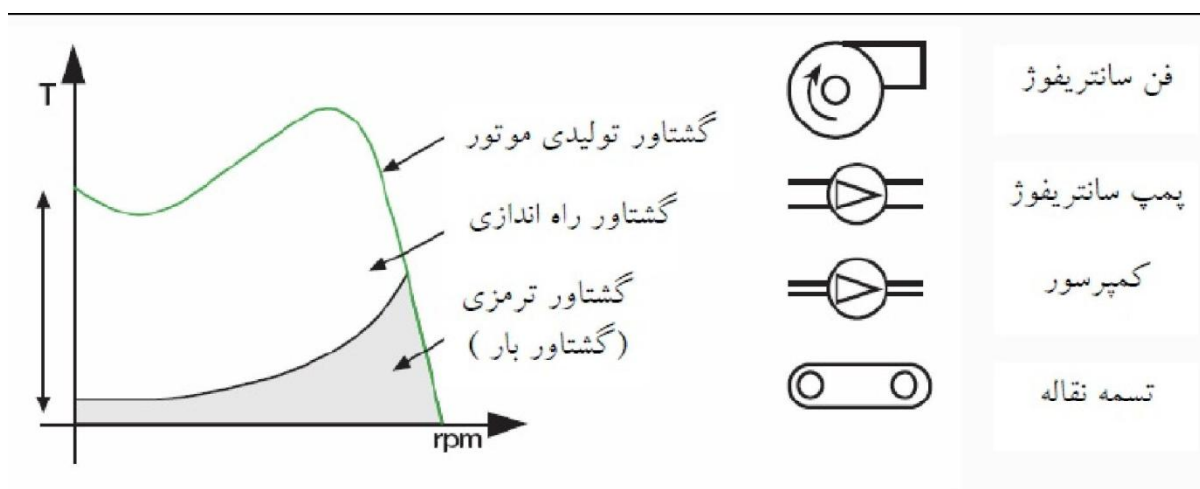
مسائلی که در روشهای مختلف راه اندازی الکتروموتورهای آسنکرون با آن مواجه می شویم:

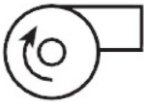
روش راه اندازی				نوع اشکال
راه انداز نرم	درایو (اینورتر)	ستاره- مثلث (Y-D)	مستقیم (D.O.L)	
خیر	خیر	بلی (متوسط)	بلی	لغزش تسمه ها و خوردگی بیرینگها
خیر	خیر	خیر	بلی	جریان راه اندازی بالا
خیر	خیر	بلی (راه اندازی تحت بار)	بلی	خوردگی و شکستگی دنده گیربکسها
خیر	خیر	بلی	بلی	آسیب به محصول یا مواد در حین توقف
محدود	بهترین راه حل	بلی	بلی	ضربه چکشی در سیستم لوله کشی در حین توقف
خیر	خیر	بلی	بلی	ضربه به سیستم انتقال نیرو

کاربردها:

در این بخش به برخی حالات معمول راه اندازی و شرایط بارهای مختلف الکتروموتورها اشاره می شود . البته دویارامتر باید در نظر گرفته شود:

- 1-گشتاور ترمزی بار، که عبارت است از نیروی مستقیم ترمز کننده بر روی محور موتور . گشتاور راه اندازی عبارت است از اختلاف بین گشتاور تولیدی الکتروموتور و گشتاور ترمزی بار.
- 2-ممان اینرسی و یا جرم چرخ طیار نیز شرایط راه اندازی را تحت تأثیر قرار می دهد . هر چه اینرسی بیشتر باشد، زمان راه اندازی برای موتور مشابه طولانی تر خواهد بود.



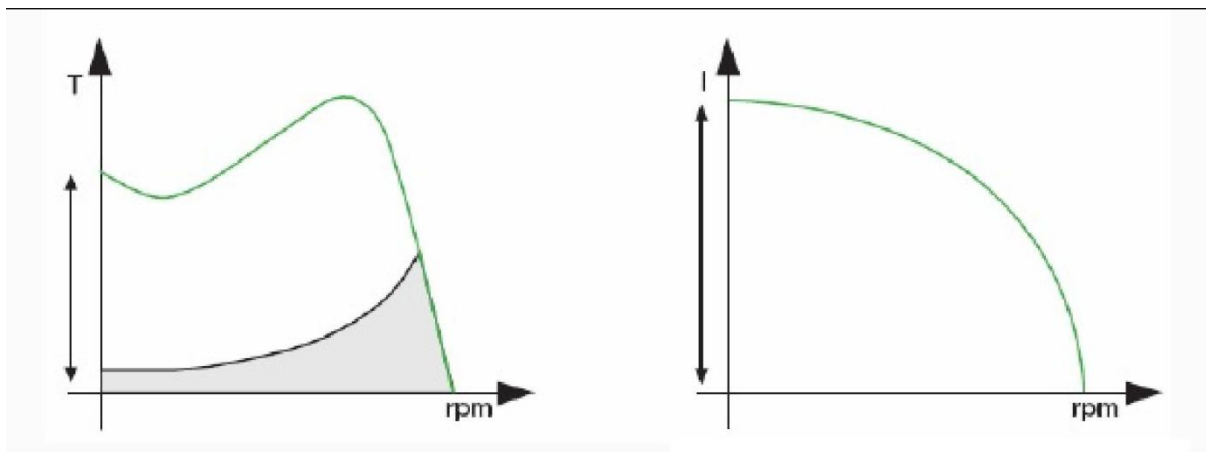


راه اندازی فن سانتریفوژ

در برخی کاربردها، موتور با گشتاور بار کوچکی راه اندازی می شود، که این حالت را اصطلاحاً راه اندازی بی بار می نامند. فن های سانتریفوژ بزرگ نیز عمدتاً با دمپر بسته راه اندازی می شوند، که باعث تسریع و تسهیل راه اندازی می گردد، اما بعلت ممان اینرسی بزرگ این نوع بار، عمل راه اندازی به زمانی نسبتاً طولانی نیازمند می باشد.

راه اندازی مستقیم

فن های سانتریفوژ اغلب توسط یک یا چند تسمه به الکتروموتور متصل می شوند. در هنگام راه اندازی مستقیم، این تسمه ها به شدت به لغزش در می آید. علت آن است که این نوع فنها، اصولاً ممان اینرسی بزرگی دارند. لذا با وجود بی باری فن، هنوز ممان اینرسی مانع بزرگی در راه اندازی می باشد و لغزش تسمه ها بعلت بالا بودن گشتاور راه اندازی موتور و عدم توان تسمه ها در انتقال نیرو های موجود، به وجود می آید. موارد فوق باعث افزایش هزینه نگهداری و هزینه تولید بعلت توقف خط به منظور تعویض تسمه ها و بیرینگها می گردد.



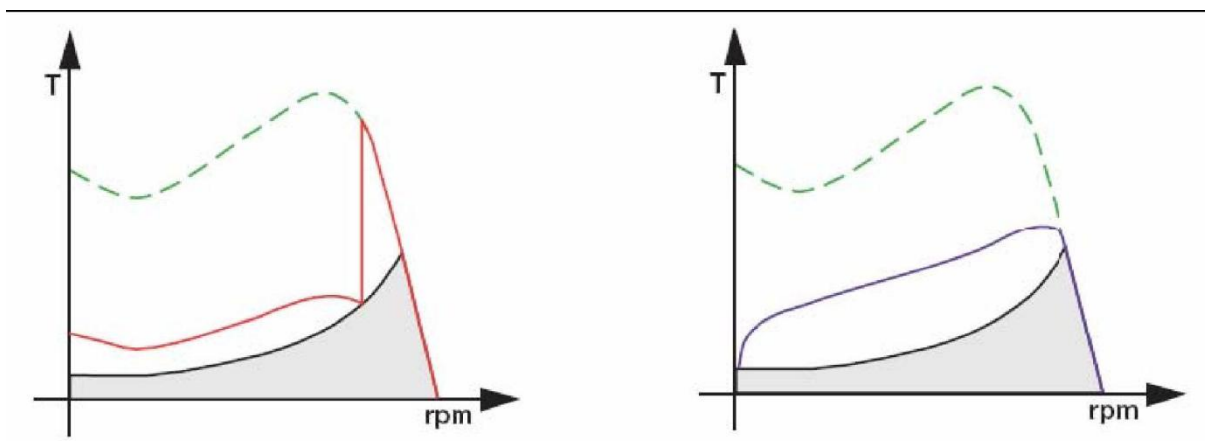
منحنی جریان در راه اندازی مستقیم منحنی گشتاور- سرعت در راه اندازی مستقیم

راه اندازی به روش ستاره- مثلث

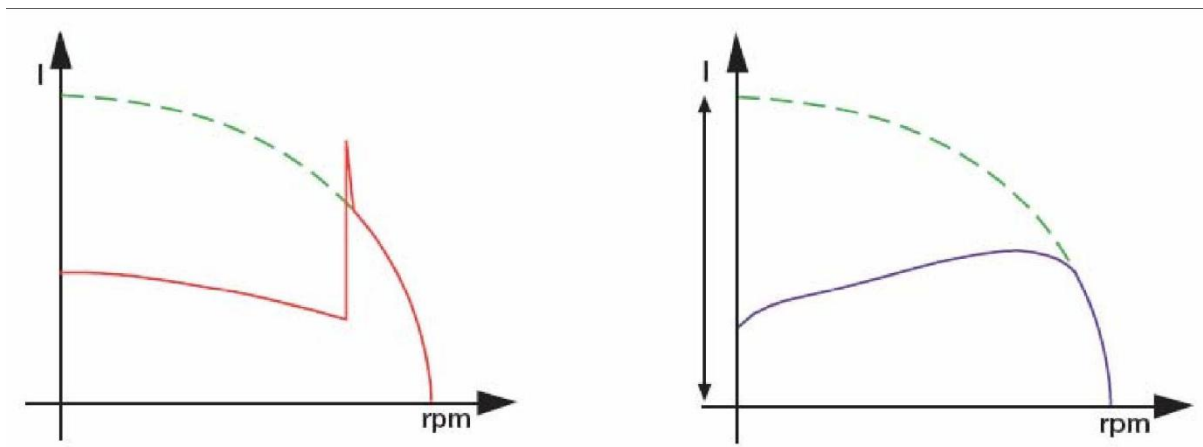
در این روش گشتاور راه اندازی نسبتاً کاهش می یابد ، ولی بعثت افزایش گشتاور بار متناسب با مجذور دور، گشتاور موتور به اندازه ای نیست که در حالت ستاره، دور را به مقدار نامی برساند . در هنگام تغییر وضعیت به حالت مثلث، هم ضربه جریان و هم ضربه به سیستم انتقال نیرو به اندازه ای بزرگ است که باعث لغزش تسمه ها خواهد گردید) . این ضربه حتی از حالت راه اندازی مستقیم نیز شدیدتر است . البته لغزش تسمه ها را میتوان با محکم تر بستن آنها بر طرف نمود، که خود باعث اعمال تنش مکانیکی شدید بر موتور و فن و افزایش هزینه های نگهداری می شود.

راه اندازی توسط سافت استارتر

راه حل مشکلات مذکور، کاهش گشتاور راه اندازی موتور در هنگام استارت است . با استفاده از یک دستگاه سافت استارتر ولتاژ در آغاز حرکت به اندازه ای کاهش می یابد که از لغزش جلوگیری شود ولی برای راه اندازی فن مناسب باشد . ، ABB سافت استارتر، امکان تنظیم شرایط راه اندازی چه در حالت بی بار و چه با بار کامل را فراهم می کند.



منحنی گشتاور-سرعت در راه اندازی ستاره-مثلث
منحنی گشتاور-سرعت در راه اندازی توسط سافت استارتر



منحنی جریان- سرعت در راه اندازی توسط سافت استارتر مثلث
 منحنی جریان- سرعت در راه اندازی ستاره-

انتخاب سافت استارتر مناسب

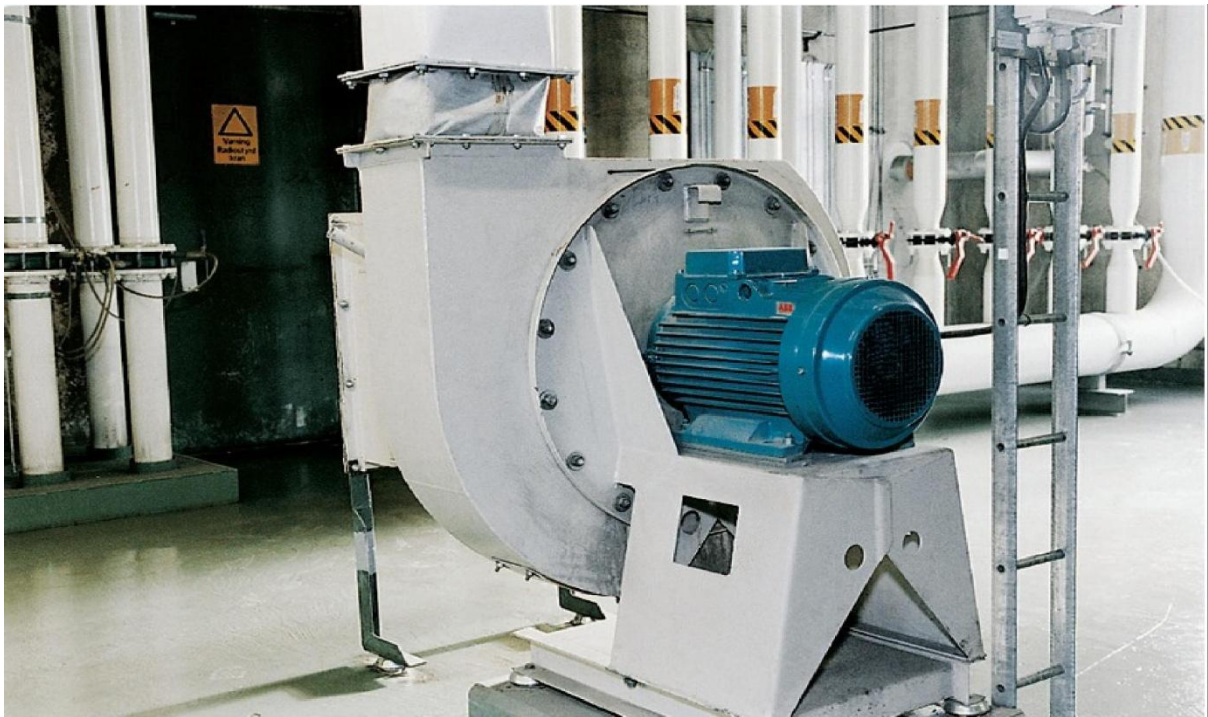
استارت نرمال

برای راه اندازی فن های کوچک و متوسط، سافت استارتری با توان متناسب با توان موتور انتخاب کنید .
 این انتخاب، در صورتی صحیح است که زمان راه اندازی مستقیم کمتر از 5 ثانیه باشد.

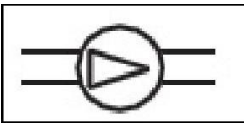
استارت سنگین

برای راه اندازی فن های بزرگ، که زمان راه اندازی مستقیم آنها بیش از 5 ثانیه باشد، از سافت استارتر سنگین متناسب با توان موتور و یا سافت استارتر نرمال با توانی بالاتر از توان موتور استفاده کنید.

تنظیمات پیشنهادی:
زمان استارت: ۱۰ ثانیه
زمان توقف: ۰ ثانیه
ولتاژ اولیه: ۳۰٪
محدودیت جریان برقرار است.



فن سانتریفوژ، مناسب جهت راه اندازی توسط سافت استارتر

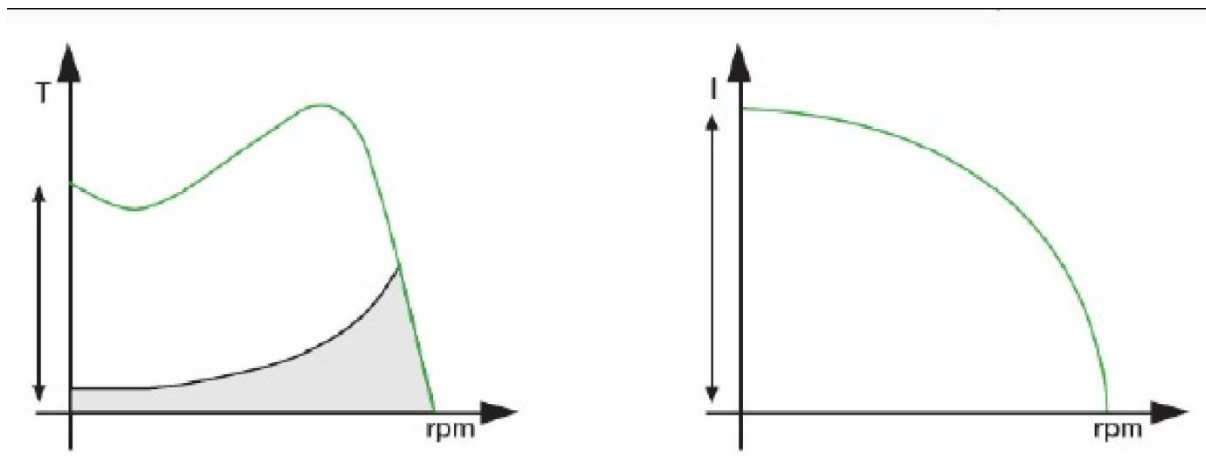


راه اندازی پمپ سانتریفوژ

علیرغم اینکه انواع متعددی از پمپها در صنعت مورد استفاده قرار می گیرند، در اینجا یکی از انواع پر مصرف آنها یعنی پمپ سانتریفوژ بررسی می گردد.

راه اندازی مستقیم پمپ سانتریفوژ

راه اندازی یک پمپ، معمولاً برای یک الکتروموتور قفس سنجابی مسأله ساز نیست . بلکه خوردگی و آسیب ناشی از امواج فشار سیال در هنگام استارت و توقف سریع پمپ در سیستم لوله کشی و اتصالات موجب اشکال می گردد . در هنگام راه اندازی مستقیم، بعلت گشتاور راه اندازی بالا و گشتاور مقاوم پایین ، موتور سریعاً به دور نامی می رسد. در راه اندازی مستقیم، جریان راه اندازی، معادل بیشترین مقدار ممکن خواهد بود.



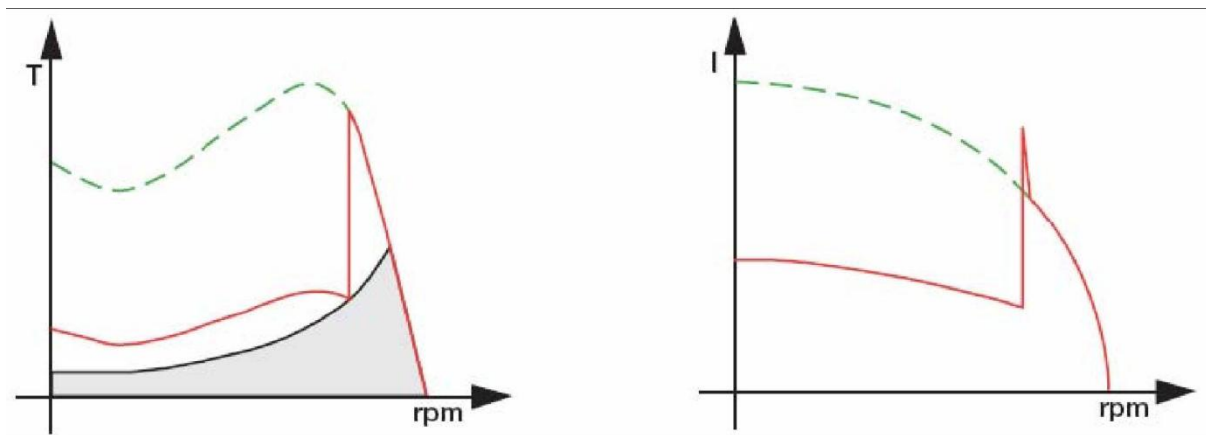
منحنی گشتاور- سرعت در راه اندازی مستقیم

منحنی جریان در راه اندازی مستقیم

راه اندازی پمپ سانتریفوژ به طریقه ستاره- مثلث

با استفاده از یک راه انداز ستاره - مثلث می توان گشتاور راه اندازی را کاهش داد . گشتاور موتور در حالت ستاره به اندازه ای نیست که به دور نامی برسد . گشتاور بار که متناسب با مجذور دور موتور می باشد در زمان تغییر وضعیت از ستاره به مثلث، باعث ایجاد شوک شدید در سیستم انتقال نیرو و جریان عبوری موتور می گردد.

حداکثر جریان در این حالت، حتی می تواند از جریان راه اندازی مستقیم نیز بیشتر باشد.



منحنی جریان در راه اندازی ستاره- مثلث منحنی گشتاور- سرعت در راه اندازی ستاره- مثلث

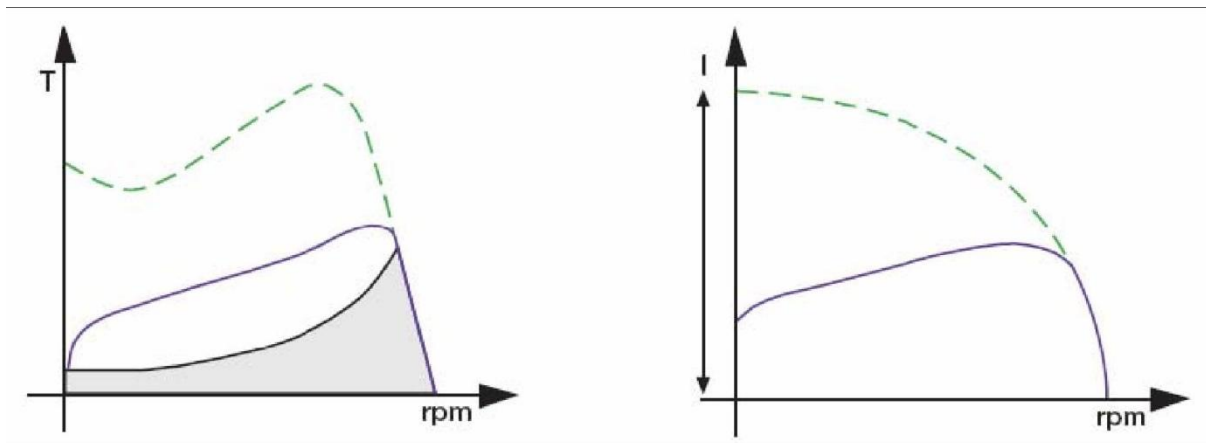
توقف پمپ

پمپها در هنگام توقف نیز با مشکلاتی مواجهند . اگر توقف با قطع برق ورودی انجام شود، موتور بلافاصله متوقف می شود . بعلت بالا بودن جرم سیال عبوری در لوله ها ، ابتدا سیال کمی به عبور با سرعت قبلی ادامه داده و سپس در لوله ها بر می گردد . این امر باعث بروز شوکهای شدید در فشار سیال شده و تنش مکانیکی شدیدی را بر والوها و لوله کشی اعمال می کند.

راه اندازی پمپ سانتریفوژ توسط سافت استارتر

ولتاژ در آغاز حرکت، کاهش یافته و نتیجتاً گشتاور موتور نیز کم خواهد شد، ABB با استفاده از یک دستگاه سافت استارتر شد. در خلال راه اندازی، سافت استارتر ولتاژ را به تدریج افزایش می دهد و موتور نیز به همین دلیل نیروی کافی جهت رسیدن به دور نامی، بدون هر گونه شوک یا ضربه جریان خواهد داشت. مقدار معمول جریان، در حین راه اندازی یک پمپ سانتریفوژ تحت بار کامل، حدود 4 برابر جریان نامی موتور می باشد.

در هنگام توقف نیز، استفاده از سافت استارتر برای حل مشکلات فوق الذکر پیشنهاد می گردد. سافت استارتر، ولتاژ را بتدریج کاهش می دهد و در این حین موتور ضعیف و ضعیفتر می شود؛ بالتیجه سرعت عبور سیال به نرمی کم می شود بدون اینکه هیچ تنش و فشار اضافه ای تولید شود.



منحنی گشتاور- سرعت در راه اندازی u1578

منحنی جریان در راه اندازی توسط سافت استارتر

توسط سافت استارتر

انتخاب سافت استارتر مناسب

استارت نرمال

راه اندازی یک پمپ، حالت نرمال و طبیعی یک راه اندازی است و برای این منظور از سافت استارتری با توان معادل توان موتور استفاده کنید.
لازم به ذکر است که در راه اندازی پمپها، استارت سنگین رخ نخواهد داد.

تنظیمات پیشنهادی:

زمان استارت: ۱۰ ثانیه

زمان توقف: ۲۰ ثانیه

ولتاژ اولیه: ۳۰٪



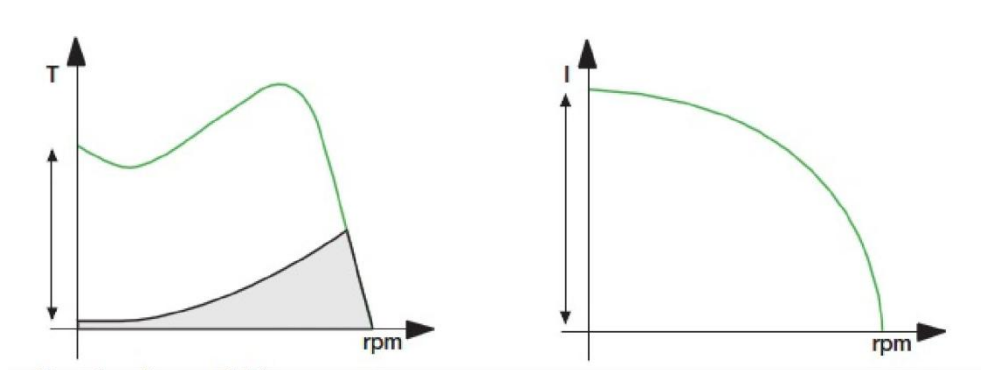
پمپ سانتریفوژ، مناسب جهت راه اندازی توسط سافت استارتر

راه اندازی کمپرسور

کمپرسورهای کوچک عموماً از نوع پیستونی بوده و گشتاور بار در آنها متناسب با دور افزایش می یابد . هرگاه دبی هوای بیشتری مورد نیاز باشد، از کمپرسورهای نوع اسکرو استفاده می شود که گشتاور بار در آنها متناسب با مجذور دور افزایش می یابد . انتقال نیرو از موتور به کمپرسور اغلب توسط تسمه انجام می شود ولی اتصال مستقیم و اتصال دنده ای نیز بعضاً بکار می رود. برخی کمپرسورها در حالت بی باری استارت می شوند.

راه اندازی کمپرسور بصورت مستقیم

کمپرسورهایی که مستقیماً استارت می شوند، به همراه کوپلینگها و تسمه های محرک، همواره تحت تنش شدید مکانیکی هستند؛ که این موضوع باعث کاهش عمر مفید آنها خواهد شد . لغزش تسمه ها و گشتاور بالای راه اندازی همواره در دسر ساز است. جریان راه اندازی نیز حتی به 7 برابر جریان نامی موتور می رسد.

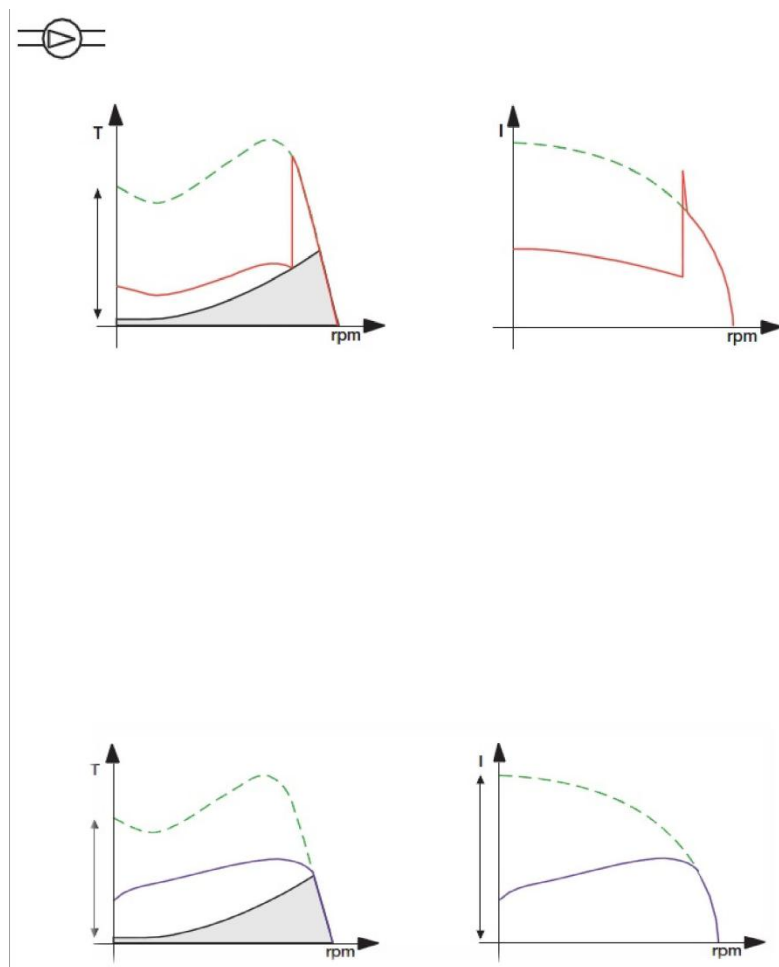


منحنی گشتاور- سرعت در راه اندازی مستقیم

منحنی جریان در راه اندازی مستقیم

راه اندازی کمپرسور بصورت ستاره- مثلث

با استفاده از یک راه انداز ستاره- مثلث می توان گشتاور راه اندازی را کاهش داد . گشتاور موتور در حالت ستاره ، به اندازه ای نیست که به دور نامی برسد . در زمان تغییر وضعیت از ستاره به مثلث، شوک شدید در سیستم انتقال نیرو و جریان عبوری موتور رخ می دهد . زمانی که فشار باد سیستم به اندازه کافی بالا باشد، کمپرسورها اغلب اوقات در حالت بی باری کار می کنند . موتوری که در این وضعیت کار می کند، بازده و ضریب توان پایینی دارد.



گشتاور- سرعت در راه اندازی مستقیم

منحنی جریان در راه اندازی مستقیم منحنی

انتخاب سافت استارتر مناسب

استارت نرمال

برای راه اندازی کمپرسورهایی با زمان راه اندازی مستقیم کمتر از 5 ثانیه ، سافت استارتری با توان متناسب با توانموتور انتخاب کنید.

استارت سنگین

برای راه اندازی کمپرسورهایی که زمان راه اندازی مستقیم آنها بیش از 5 ثانیه باشد، از سافت استارتر سنگین متناسب با توان موتور و یا سافت استارتر نرمال با توانی بالاتر از توان موتور استفاده کنید.

تنظیمات پیشنهادی:

زمان استارت: ۱۰ ثانیه

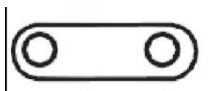
زمان توقف: ۰ ثانیه

ولتاژ اولیه: ۳۰٪ (کمپرسور پیستونی)

۴۰٪ (کمپرسور اسکرو)



راه اندازی کمپرسور توسط سافت استارتر



راه اندازی نوار نقاله

نوارهای نقاله، اشکال، ابعاد و جهت کار متنوعی دارند. یک نوار نقاله، باری با گشتاور ثابت است و بنا به شدت بارگذاری بر روی آن، گشتاور ترمزی کوچک یا بزرگی دارد.

راه اندازی نوار نقاله به صورت مستقیم

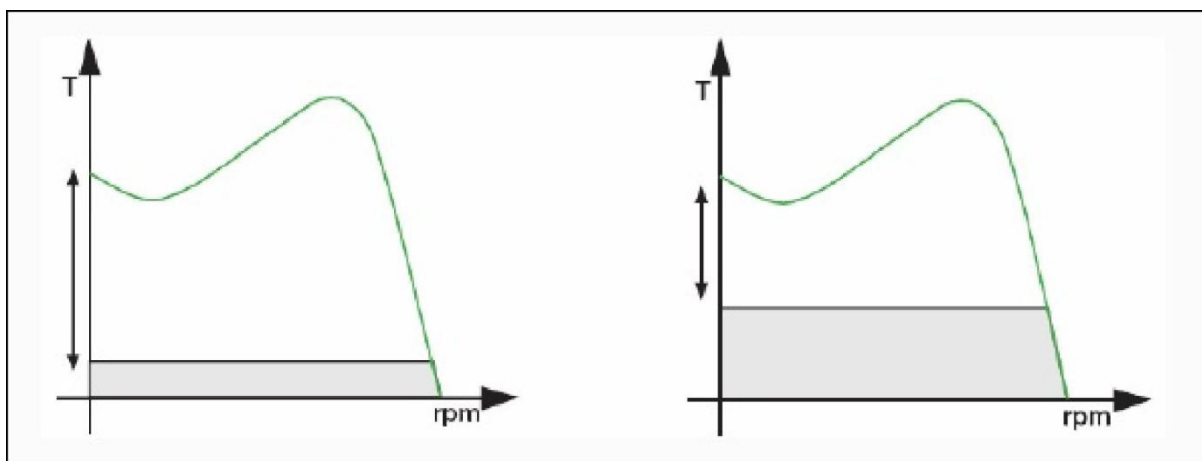
نوارهای نقاله برای راه اندازی به گشتاوری حتی بیشتر از گشتاور نامی موتور نیاز دارند. یک موتور معمولی قفس سنجابی بنا به اندازه و نوع آن دارای گشتاور راه اندازی در حدود $1/5$ الی $2/5$ برابر گشتاور نامی خود می باشد.

در هنگام راه اندازی نوار نقاله به صورت مستقیم، به دلیل همین گشتاور بالا، لغزش بین تسمه نقاله و محور آن، اجتنابناپذیر است. گیربکس و کوپلینگها نیز تحت تنش شدیدی می باشد. این موضوع باعث استهلاک مکانیکی شدید در بخشهای محرک و نتیجتاً افزایش هزینه نگهداری می شود. استفاده از کوپلینگ هیدرولیک، مشکل را برطرف می نماید.

(البته با هزینه بسیار بالا)!

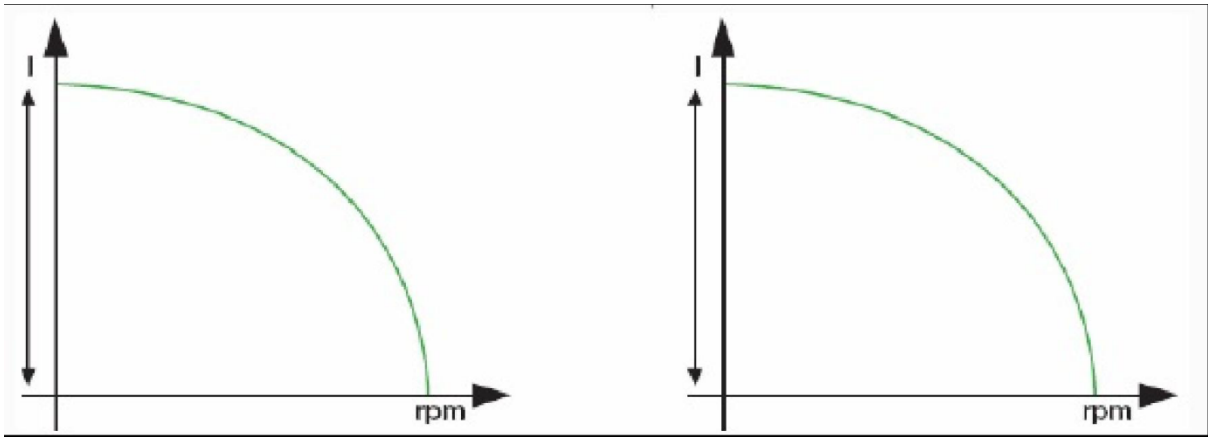
گشتاور مقاوم کوچک

گشتاور مقاوم بزرگ



منحنی گشتاور-سرعت در راه اندازی مستقیم

منحنی گشتاور-سرعت در راه اندازی مستقیم



منحنی جریان در راه اندازی مستقیم

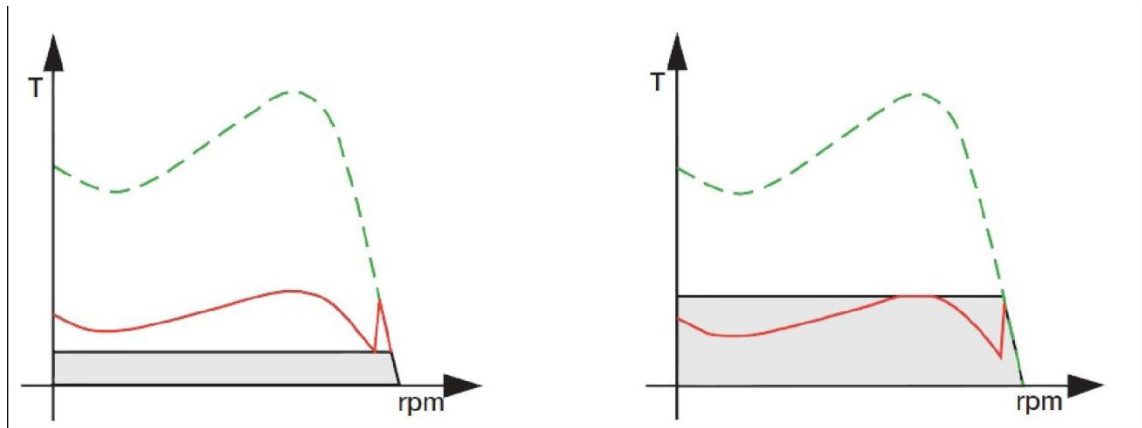
منحنی جریان در راه اندازی مستقیم

راه اندازی نوار نقاله به صورت ستاره- مثلث

این روش در زمانی که گشتاور بار در هنگام راه اندازی به گشتاور موتور نزدیک است، امکانپذیر نمی باشد (به شکل زیر و قسمت گشتاور مقاوم بزرگ توجه کنید).

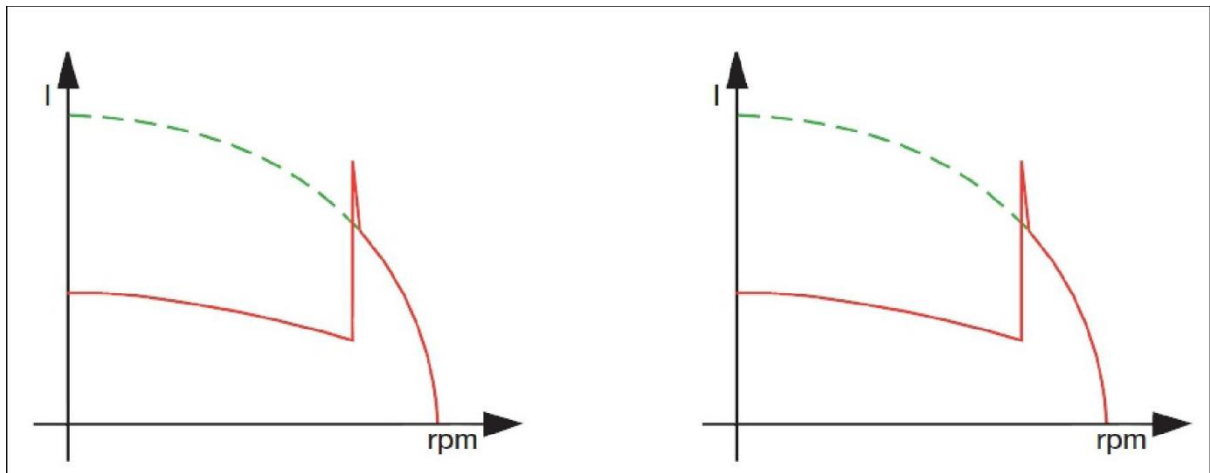
گشتاور مقاوم کوچک

گشتاور مقاوم بزرگ



منحنی گشتاور- سرعت در راه اندازی مستقیم

منحنی گشتاور- سرعت در راه اندازی مستقیم



منحنی جریان در راه اندازی ستاره- مثلث

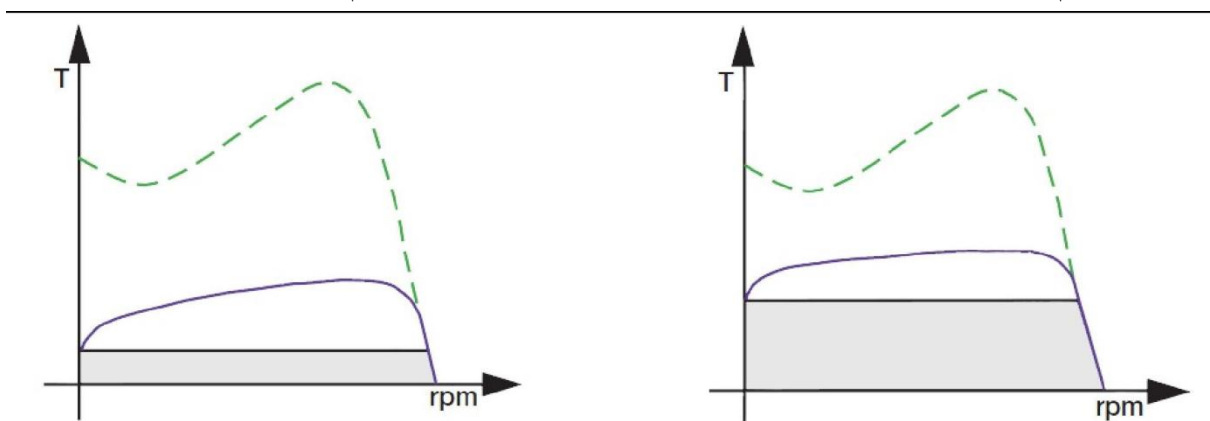
منحنی جریان در راه اندازی ستاره- مثلث

راه اندازی نوار نقاله توسط سافت استارتر

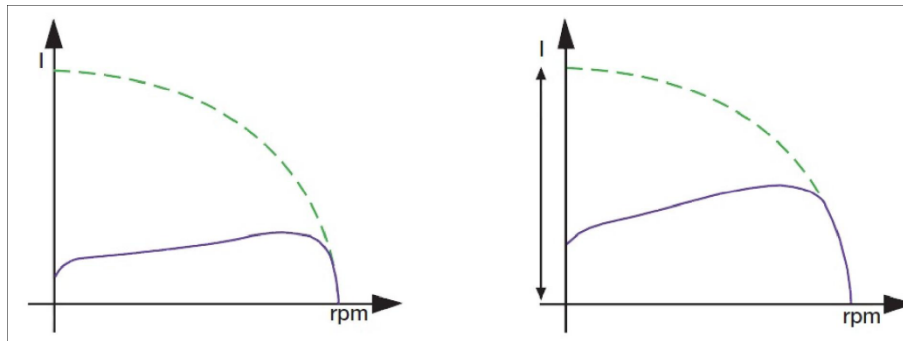
امکان کاهش گشتاور راه اندازی تا حداقل مورد نیاز جهت حرکت تسمه نقاله ، ABB با استفاده از یک دستگاه سافت استارتر به وجود می آید . در نتیجه تنش کمتری بر کوپلینگها، بیرینگها و تسمه نقاله وارد می شود . و نهایتاً هزینه های نگهداری نیز کاهش می یابد . در هنگام راه اندازی توسط سافت استارتر، جریان موتور به حداکثر 3 تا 4 برابر جریان نامی خواهد رسید

گشتاور مقاوم کوچک

گشتاور مقاوم بزرگ



منحنی گشتاور- سرعت در راه اندازی گشتاور- مقاوم *** منحنی گشتاور- سرعت در راه اندازی توسط سافت استارتر



منحنی جریان در راه اندازی توسط سافت استارتر منحنی جریان در راه اندازی توسط سافت استارتر

انتخاب سافت استارتر مناسب

استارت نرمال

برای راه اندازی نوار نقاله های کوتاه و کم بار، سافت استارتری با توان متناسب با توان موتور انتخاب کنید. این انتخاب، در صورتی صحیح است که زمان راه اندازی مستقیم کمتر از 5 ثانیه باشد.

استارت سنگین

زمان راه اندازی مستقیم نوار نقاله های طویل و پر بار، ممکن است بسیار طولانی باشد، در این صورت از سافت استارتر سنگین متناسب با توان موتور و یا سافت استارتر نرمال با توانی بالاتر از توان موتور استفاده کنید.

تنظیمات پیشنهادی:

زمان استارت: ۱۰ ثانیه

زمان توقف: ۰ ثانیه

(برای بارهای شکستی: ۱۰ ثانیه)

ولتاژ اولیه: ۴۰٪



راه اندازی یک نوار نقاله طویل توسط سافت استارتر

چگونه سافت استارتری مناسب کاربرد های دیگر انتخاب کنیم؟

معمولاً می توان سافت استارتر را متناسب با توان موتور انتخاب نمود؛ ولی در برخی موقعیتهای، به سبب شرایط راه اندازی، باید سافت استارتر بزرگتری مورد استفاده قرار داد . (مانند استارتهای سنگین و استارتهای متعدد) توان استارت یک سافت استارتر، به نوع و قدرت تریستورهای آن و توان حرارتی هیئت سینکهای آن بستگی دارد.

راهنمای زیر برای انتخاب سریع و مناسب سافت استارتر جهت یک کاربرد خاص می تواند مورد استفاده قرار

تماس حاصل کنید **ABB** گیرد. که البته جهت انتخاب مناسبترین دستگاه می توانید با واحد فنی شرکت

استارت نرمال

-موتور قایق

-پمپ سانتریفوژ

-کمپرسور

-نوار نقاله (کوچک و کم بار)

-بالابر

-پله برقی

انتخاب: سافت استارتر را مطابق توان نامی موتور انتخاب کنید.

استارت سنگین

-فن سانتریفوژ

-نوار نقاله (طویل و پر بار)

-سنگ شکن

-آسیاب

-همزن

-مخلوط کن

انتخاب: در چنین موقعیتی از سافت استارتر نرمال با توان بیشتر از موتور و یا سافت اس تارتر سنگین با توان معادل موتور استفاده کنید.

نکته: در صورت تکرار استارت بیش از 6 بار در هر ساعت، باید انتخاب فوق را یک سایز بزرگتر انجام دهید.

تنظیمات عمومی

این بخش شامل شرح مختصری از تنظیمات پارامترهای عمومی ، که در اکثر سافت استارترها موجود است میباشد.

شیب استارت

عبارت است از زمانی که طول می کشد تا سافت استارتر ، شیب راه اندازی) ولتاژ اولیه (را شروع کرده تا به ولتاژ نهایی برسد . زمان شتاب گیری نباید بیش از حد طولانی باشد، در غیر این صورت، احتمال گرم شدن موتور و قطع رله اضافه بار وجود دارد.

شیب توقف

در زمانی که از خاصیت توقف نرم دستگاه استفاده شود، مثلاً در پمپ یا نوار نقاله، مؤثر بوده و عبارت است از زمانی که طول می کشد تا دستگاه از ولتاژ نهایی به ولتاژ توقف برسد . اگر زمان توقف برابر صفر انتخاب شود، توقف بصورت لحظه ای خواهد بود.

ولتاژ اولیه

که بعضاً با نام گشتاور یا ولتاژ ایستگاه نیز خوانده می شود، عبارت است از نقطه ای که سافت استارتر، حرکت را از آن آغاز و یا به آن ختم می کند . گشتاور موتور به نسبت مجذور ولتاژ، کم می شود و اگر ولتاژ اولیه بیش از حد کم باشد، مثلاً 20% آنگاه گشتاور تنها 4 % مقدار نامی خواهد شد و موتور راه اندازی نخواهد شد . پس یافتن حداقل ولتاژی که جهت راه اندازی موتور نیاز است، از اهمیت خاصی برخوردار بوده تا از گرم شدن بی مورد موتور جلوگیری شود.

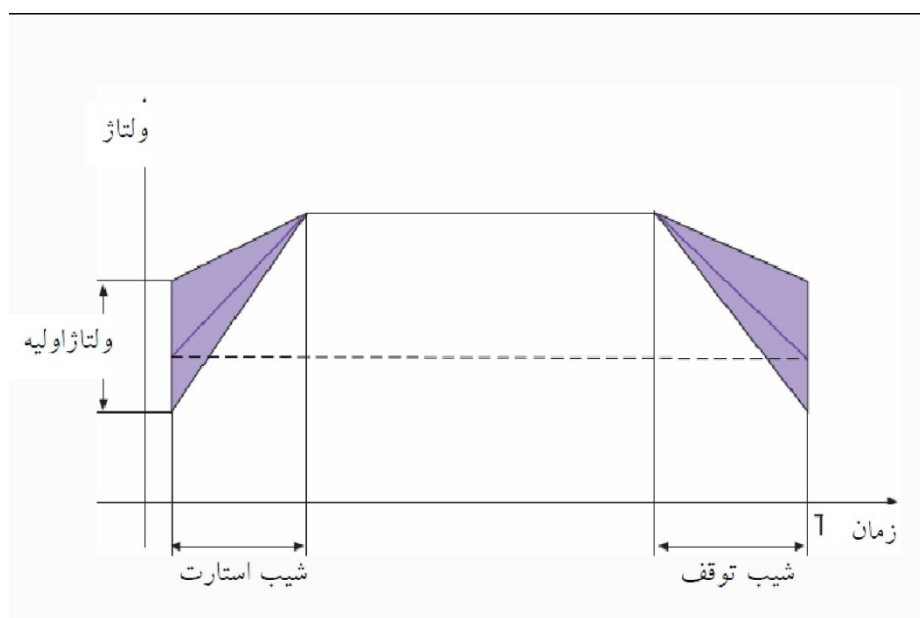
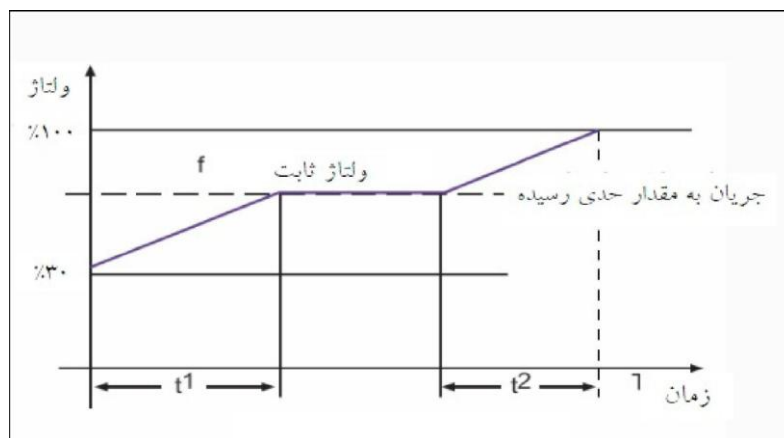


Diagram showing start ramp, stop ramp and initial voltage

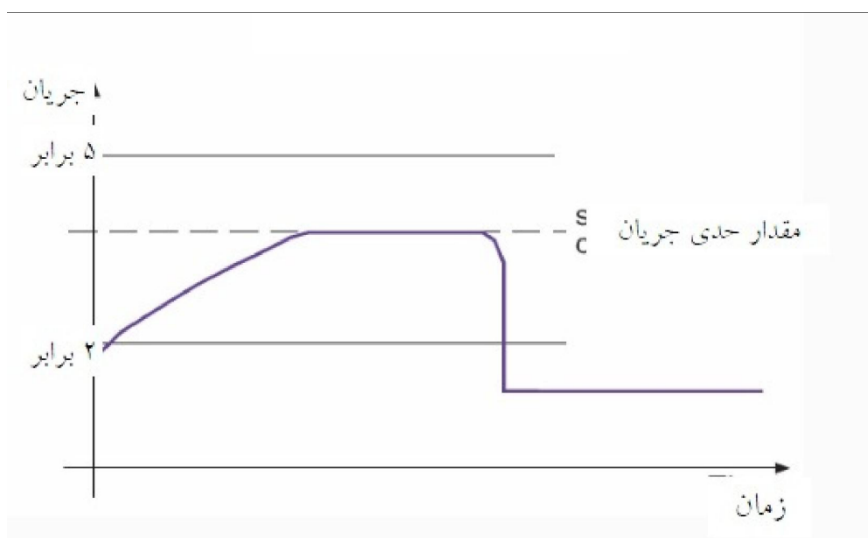
محدودیت جریان

در کاربردهایی که جریان راه اندازی باید محدود شود و یا با تنظیم ولتاژ اولیه و شیب راه اندازی نتوان به وضعیت مطلوب رسید، باید از محدودیت جریان استفاده کرد. وقتی که جریان به مقدار تنظیم شده رسید، سافت استارتر موقتاً افزایش ولتاژ را متوقف نموده تا جریان از مقدار تنظیمی کمتر شود، آنگاه عمل شتاب گیری را ادامه خواهد داد.

نکته: این خاصیت در تمام سافت استارترها وجود ندارد.



$t_1 + t_2 =$ set ramp time
Current limit function in softstarter use

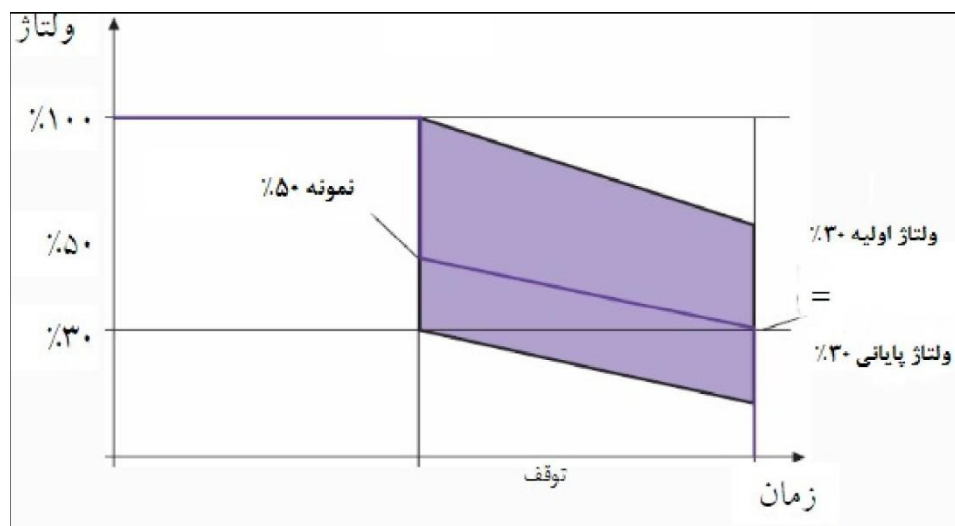


کاهش پله ای ولتاژ

این خاصیت، نوع خاصی از شیب توقف است . در برخی کاربردها، سرعت موتور بلافاصله پس از شروع شیب توقف، کاهش نمی یابد تا ولتاژ به حد بسیار پایینی برسد . با استفاده از کاهش پله ای ولتاژ، می توان سریعاً ولتاژ را به مقدار مذکور رساند و پس از آن شیب کاهش ولتاژ را ادامه داد . از این امکان می توان در توقف پمپها استفاده کرد.

جریان مجاز قابل تنظیم برای موتور

از این پارامتر می توان جهت حفاظت موتور در مقابل اضافه بار استفاده نمود.



Curve showing the step down voltage function

ولتاژهای متفاوت

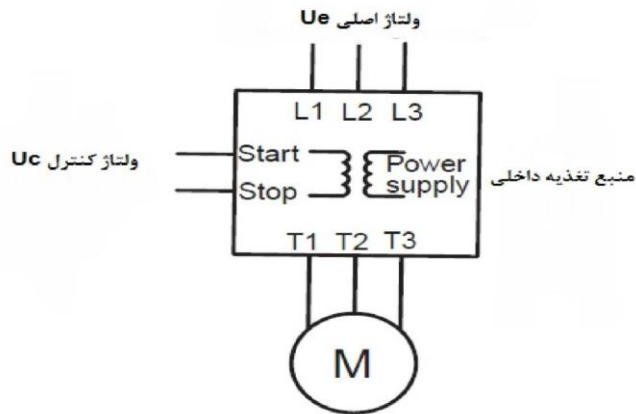
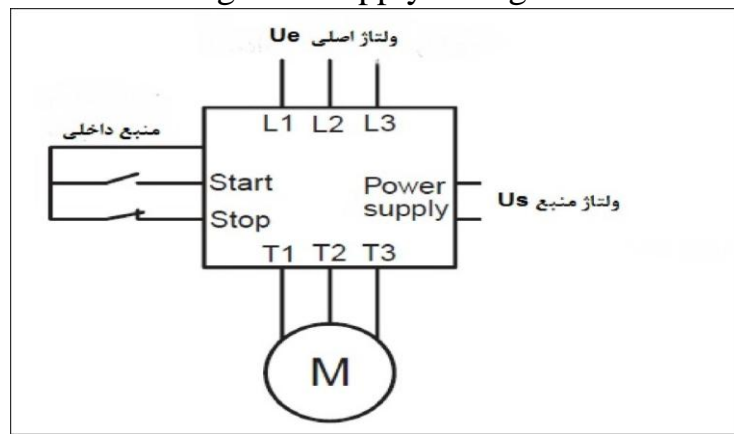
ولتاژهای نامی متفاوتی برای سافت استارتر استفاده می شود. نام و ولتاژهای مختلف در استفاده از این IEC - استاندارد به شرح زیر بیان شده است .،

(Ue) ولتاژ اصلی

ولتاژی که موتور را تغذیه میکند و همچنین ولتاژی که در معرض مدار اصلی (تریستور) در سافت استارتر .
200- 690 V مقادیر نرمال هستند .

، (Us) ولتاژ منبع تغذیه
ولتاژی که تغذیه الکترونیکی
قطعات داخل سافت استارتر را بر عهده دارد ، به عنوان مثال
برد مدار چاپی : مقادیر رایج 110 - 120 V یا 220 - 240 V می باشد.
، (Uc) کنترل ولتاژ
ولتاژی که برای کنترل فرمان استارت و توقف سافت استارتر هاست.
این مقدار ولتاژ مقداری بین 24- 480 V میباشد

Main voltage and supply voltage to a softstarte



Main voltage and control voltage to a softstarter

دمای محیط

عبارت است از دمای متوسط محیط اطراف سافت استارتر در یک دوره 24 ساعته . در اکثر انواع سافت استارتر، بالاتر رفتن دمای محیط از 40 درجه سانتیگراد باعث کاهش جریان نامی قابل تحمل دستگاه خواهد شد.

در دمای بالاتر از 40 درجه سانتیگراد، از فرمول زیر می توانید جریان نامی قابل ABB در هنگام استفاده از سافت استارتر تحمل دستگاه را محاسبه کنید:

$$I_e \text{ derated} = I_e - (\Delta T \times I_e \times 0.008)$$

که در آن:

I_e derated : حداکثر جریان کاری دستگاه پس از افزایش دما

I_e : جریان نامی سافت استارتر

Δ T : اختلاف دمای محیط با دمای نامی

0.008 : ضریب کاهش ظرفیت دستگاه

مثال 1 : اگر جریان نامی دستگاه برابر 105 آمپر، دمای محیط برابر 48 درجه و ضریب کاهش ظرفیت دستگاه 0/008 باشد بودجریان متوسط عبوری از دستگاه برابر 98.2 آمپر خواهد.

$$\Delta T = 48 - 40 \text{ oC} = 8 \text{ oC}$$

$$\text{New current} = I_e - (\Delta T \times I_e \times 0.008) =$$

$$105 - (8 \times 105 \times 0.008) = 98,2 \text{ A}$$

مثال 2: اگر جریان نامی دستگاه برابر 300 آمپر، دمای محیط برابر 64 درجه و ضریب کاهش ظرفیت دستگاه 0/008 باشد بودجریان متوسط عبوری از دستگاه برابر 285.6 آمپر خواهد.

$$\Delta T = 64 - 40 \text{ oC} = 24 \text{ oC}$$

$$\text{New current} = I_e - (\Delta T \times I_e \times 0.008) =$$

$$300 - (24 \times 300 \times 0.008) = 285.6 \text{ A}$$

استفاده از سافت استارتر در مناطق مرتفع

وقتی که سافت استارتر در مناطقی با ارتفاع زیاد از سطح دریا نصب می شود، بعلت ضعف خنک کنندگی هوا، قدرت جریان دهی کمتری خواهد داشت. در برخی موارد باید از سافت استارتر بزرگتری استفاده کرد. از فرمول زیر می توان درصد کاهش جریان نامی سافت استارتر ABB در ارتفاعات را محاسبه نمود :

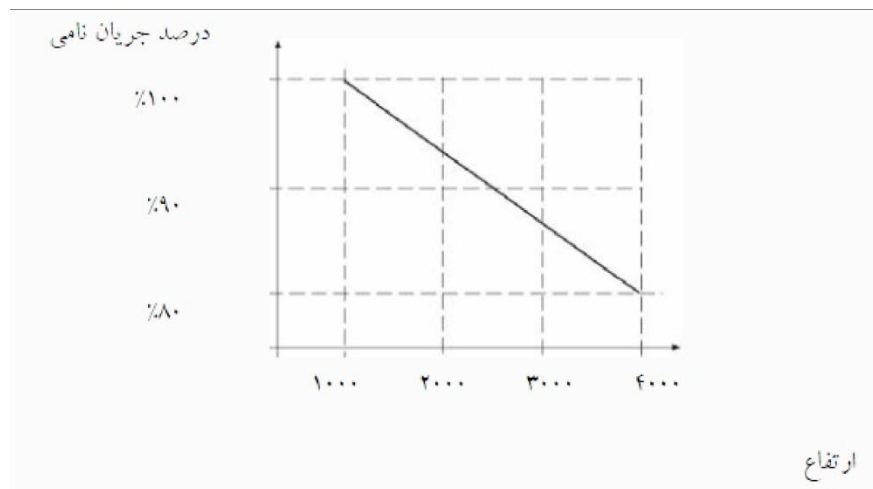
$$\% \text{ of } I_e = 100 - (x - 1000)/150$$

که در آن:

X : ارتفاع نصب از سطح دریا

بطور مثال، سافت استارتری با جریان نامی 300 آمپر در ارتفاع 2500 متری سطح دریا، می تواند با 90 % جریان نامی یعنی 270 آمپر کار کند.

شکل زیر منحنی عملکرد سافت استارتر در ارتفاع است.



Derating of motor current at high altitudes

راه اندازی چند موتور توسط یک سافت استارتر

در برخی کاربردها، باید تعداد بیش از یک موتور، بصورت موازی و یا متوالی توسط یک سافت استارتر راه اندازی شود. این کار با در نظر گرفتن شرایط ویژه امکانپذیر است.

راه اندازی موتورها بصورت موازی

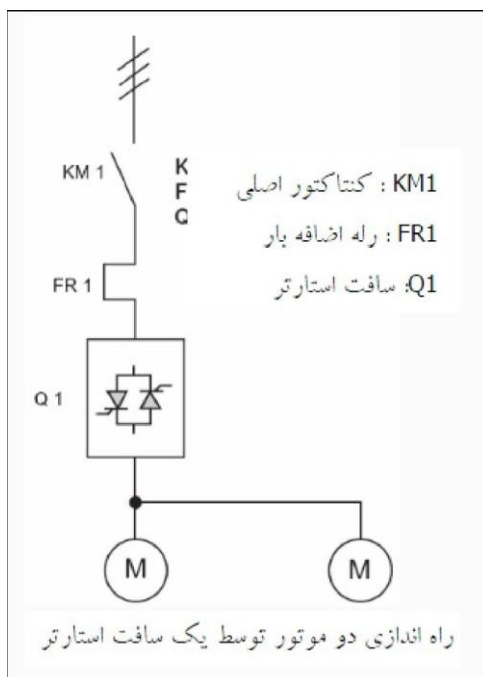
اگر یک سافت استارتر، جهت راه اندازی چند موتور به طور همزمان (موازی) مورد استفاده قرار گیرد، رعایت دو نکته لازم است:

- 1- سافت استارتر بایستی توان تأمین مجموع جریان نامی موتورها را بصورت دائمی داشته باشد.
- 2- سافت استارتر بایستی توان تأمین مجموع جریان راه اندازی موتورها را تا رسیدن به دور نامی داشته باشد.

توجه: اگر از کنتاکتور بای پاس به موازات سافت استارتر استفاده می شود، تنها رعایت نکته شماره 2 لازم است. برای مثال برای راه اندازی 2 موتور با $I_e = 100 A$ و جریان نسبی استارت $4 \times I_e$. زمان استارت 10 ثانیه.

جریان کامل راه اندازی برابر است با $100 \times 4 \times 2 = 800A$ و بیش از 10 ثانیه است.

برای بررسی سائز انتخاب شده، گراف ظرفیت سافت استارت را چک کنید.



راه اندازی موتورها بصورت متوالی

) اگر سافت استارتر جهت راه اندازی چند موتور، یکی پس از دیگری مورد استفاده قرار می گیرد (استارت متوالی)، سافت استارتر باید توانایی تأمین یک یک جریانهای راه اندازی را، در کل زمان استارت داشته باشد.

برای مثال برای راه اندازی 3 موتور با $I_e = 100 \text{ A}$ و جریان نسبی استارت $4 \times I_e$.
زمان استارت برای موتور ها:

موتور 1 : 5 ثانیه

موتور 2 : 10 ثانیه

موتور 3 : 8 ثانیه

جریان راه اندازی برای موتور ها برابر است با

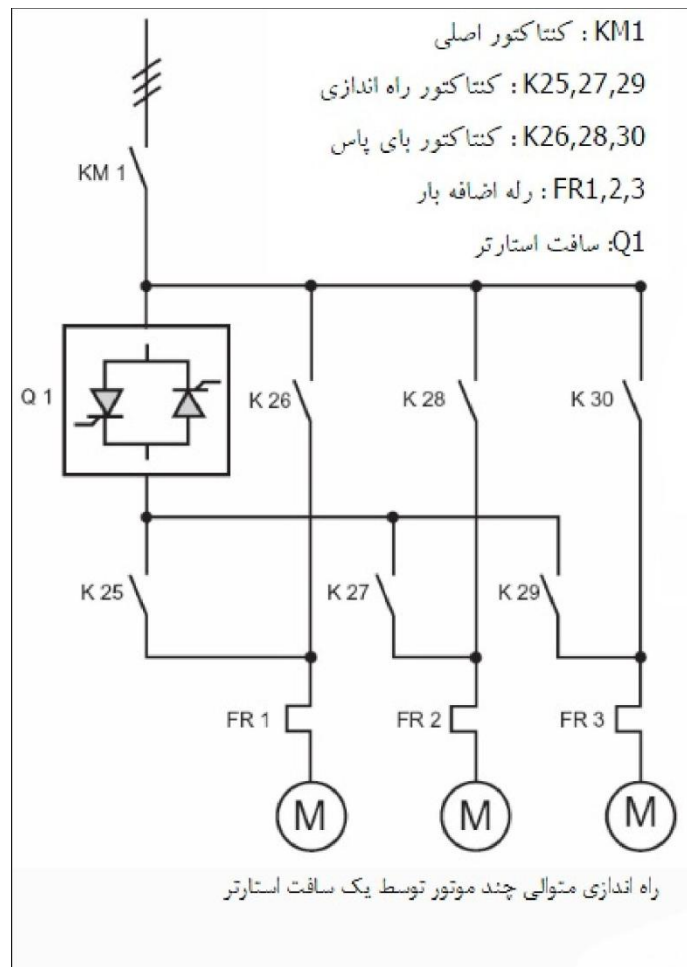
$$100 \times 4 = 400 \text{ A}$$

و زمان کل راه اندازی برابر است با

$$5 + 10 + 8 = 23 \text{ ثانیه}$$

برای بررسی سائز انتخاب شده، گراف ظرفیت سافت استارت را چک کنید

توجه: برای موتور هایی با جریان راه اندازی متفاوت زمان کل راه اندازی برابر نیست با مجموع زمان های راه اندازی هر یک از موتور ها. بلکه هر یک از آنها بسته به کاربردشان محاسبات جداگانه ای دارند.



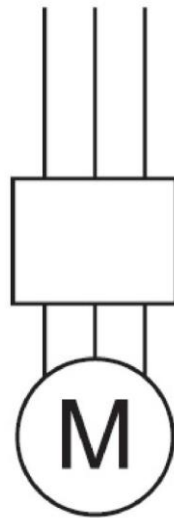
روشهای مختلف اتصال سافت استارتر

دو روش متفاوت جهت اتصال سافت استارتر به موتور وجود دارد : سری و داخل مثلث . البته تنها بعضی سافت استارترها u1585 را می توان بصورت داخل مثلث استفاده کرد.

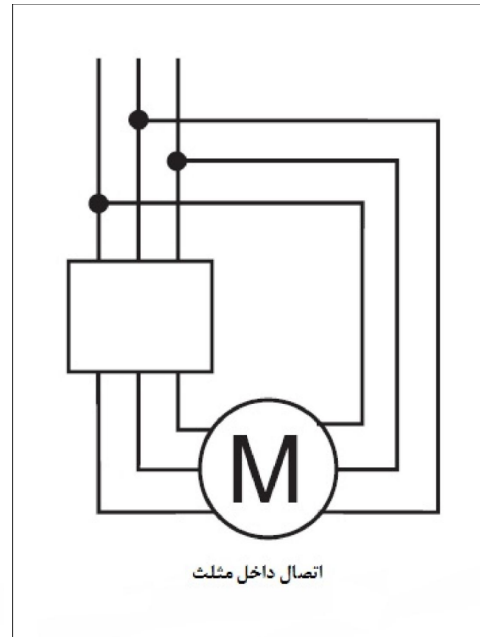
توجه داشته باشید که تنها چند نوع از سافت استارترها

در واقع می تواند در داخل مثلث متصل شود به عنوان مثال سافت استارترهای شرکت ABB که در رنج

18/30...300/515 PS S می باشند.



اتصال سری



اتصال داخل مثلث

اتصال سری

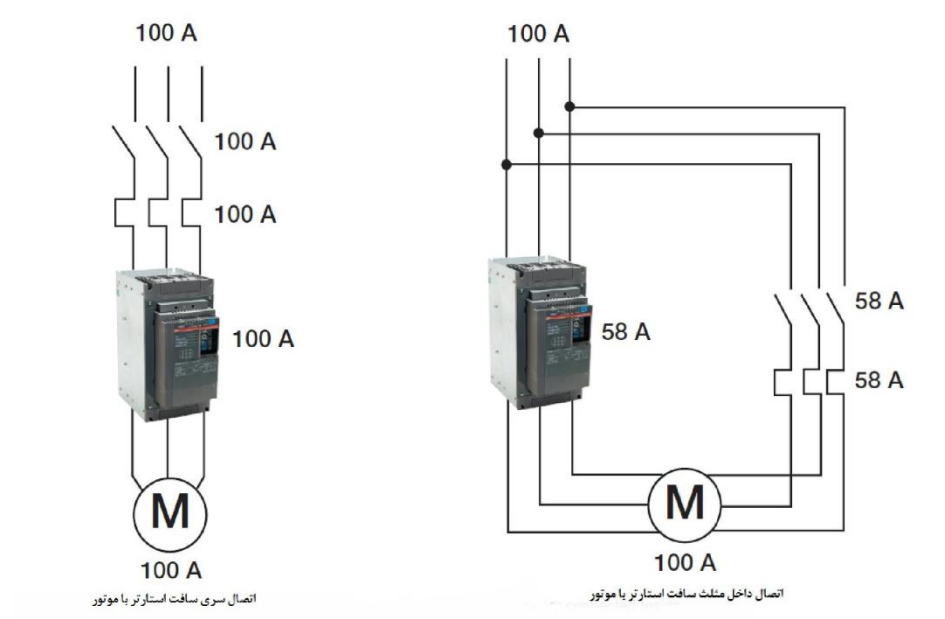
این روش عمومی ترین و ساده ترین روش اتصال سافت استارتر به موتور است . هر سه فاز سری با رله اضافه بار، کنتاکتور اصلی و سایر المانها مطابق شکل زیر متصل می شود . توان تجهیزات لازم جهت اتصال سری باید متناسب با جریان نامی موتور انتخاب گردد .
به عنوان مثال یک موتور 100 آمپری نیاز به یک سافت استارتر 100 آمپری و کنتاکتور 100 آمپری و غیره دارد .

اتصال مثلث داخل

در این نوع اتصال، سافت استارتر در مدار مثلث قرار می گیرد و به همین دلیل به راحتی جایگزین راه اندازهای ستاره- مثلث می گردد . در این حالت تنها 58 % جریان حالت مستقیم از سافت استارتر عبور می کند . بنابراین می توان از تجهیزاتی با توان پایینتر استفاده نمود . موتوری که بصورت داخل مثلث راه اندازی می شود باید از نوعی باشد که در هنگام کار پیوسته بصورت مثلث بسته شود .

به عنوان مثال برای یک موتور 100 آمپری در حال استفاده در مدار اتصال مثلث داخل نیاز به یک سافت استارتر 58 آمپری و کنتاکتور 58 آمپری و غیره دارد .

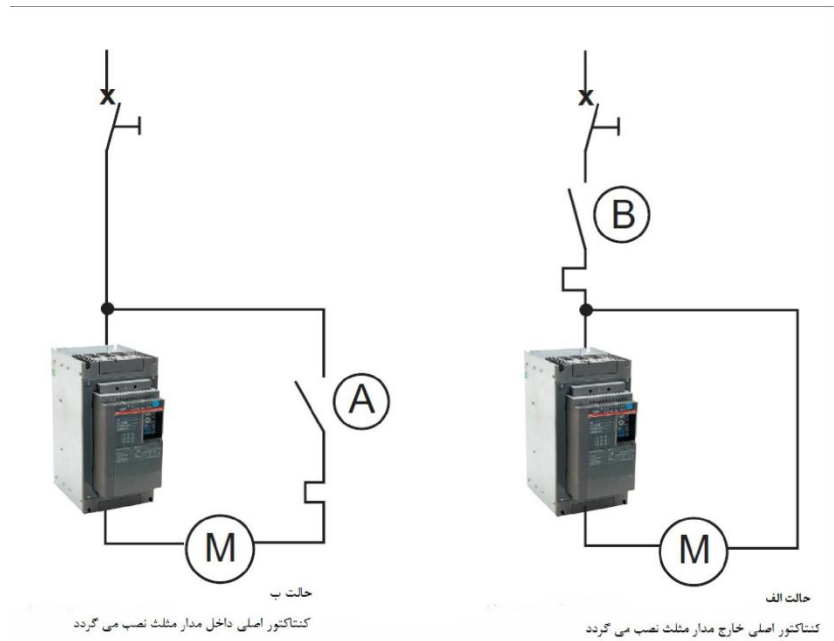
یک موتور برای استفاده از اتصال مثلث داخل باید قادر به اتصال مثلث داخل حین کار باشد. در ایالات متحده آمریکا و برخی کشورهای دیگر موتور شش سیم خاصی با این نوع اتصال استفاده می شود.



محل نصب کنتاکتور اصلی

هنگامی که سافت استارتر بصورت داخل مثلث نصب می شود، دو گزینه برای نصب کنتاکتور اصلی وجود دارد:

در مدار مثلث و یا خارج از مدار مثلث . در هر دو حالت با قطع کنتاکتور متوقف می گردد، ولی در حالت ب، موتور همچنان برقدار باقی خواهد ماند. در حالت الف، جریان کنتاکتور متناسب با جریان نامی موتور، و در حالت ب جریان کنتاکتور متناسب با 58 % ($1/\sqrt{3}$). جریان نامی موتور انتخاب می گردد.



تنظیمات اولیه جهت کاربردهای مختلف

تنظیمات مورد نیاز سافت استارتر، بنا به نوع کاربرد، نوع بار، مشخصات موتور و مقدار بار اعمال شده به موتور متفاوت است.

نکته: تمامی تنظیمات ذکر شده در ادامه این بخش، تنها جنبه پیشنهادی داشته و ممکن است برای کاربردهای مختلف نیاز به تنظیم دقیقتر داشته باشد.

نوع بار	زمان راه اندازی (ثانیه)	زمان توقف (ثانیه)	درصد ولتاژ اولیه	حد جریان X جریان نامی
محرکه کشتی	۱۰	۰	٪۳۰	۳
فن سانتریفوژ	۱۰	۰	٪۳۰	۴
پمپ سانتریفوژ	۱۰	۲۰	٪۳۰	۳/۵
سانتریفوژ	۱۰	۰	٪۴۰	۴/۵
نوار نقاله	۱۰	۰ (بار شکستی: ۱۰)	٪۴۰	۴
سنگ شکن	۱۰	۰	٪۶۰	۵
پله برقی	۱۰	۰	٪۳۰	۳/۵
پمپ هیدرولیک	۱۰	۰	٪۳۰	۳/۵
جراثقال	۱۰	۱۰	٪۶۰	۴
آسیاب	۱۰	۰	٪۶۰	۵
کمپرسور بیستونی	۱۰	۰	٪۳۰	۴
کمپرسور اسکرو	۱۰	۰	٪۴۰	۴
نقاله حلزونی	۱۰	۱۰	٪۴۰	۴
همزن و میکسر	۱۰	۰	٪۶۰	۵
موتور بدون بار	۱۰	۰	٪۳۰	۲/۵

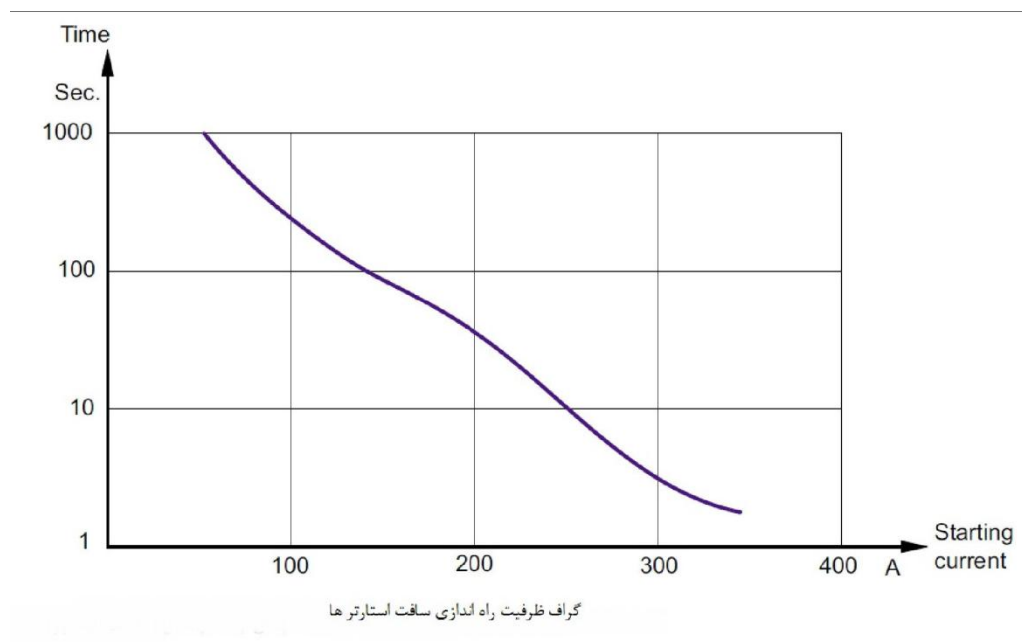
ظرفیت راه اندازی و جلوگیری از بروز اضافه بار

ظرفیت راه اندازی سافت استارترها

در هنگام راه اندازی یک موتور قفس سنجابی ، عموماً جریان راه اندازی بالاتر از جریان نامی موتور می باشد.

جریان راه اندازی به نحوه راه اندازی، اندازه موتور و ... بستگی دارد . در راه اندازی توسط سافت استارتر، جریان در حدود 3-4 برابر جریان نامی موتور می باشد.

در راه اندازی بارهای فوق سنگین این مقدار به 4-5 برابر جریان نامی موتور می رسد . حداکثر جریان راه اندازی مجاز یک سافت استارتر به مدت زمان راه اندازی بستگی دارد ، این نسبت را در گراف بعدی مشاهده می نمایید:



همانطور که ملاحظه می کنید، جریان راه اندازی بالاتر، در زمان کمتری امکانپذیر است، مثلاً در سنگ شکن با جریان راه اندازی پایتتر، امکان طولانی تر کردن زمان راه اندازی فراهم می شود، مثلاً در پمپها.

ظرفیت راه اندازی در اتصال بای پس

هنگامی که یک سافت استارتر در اتصال بای پس مورد استفاده قرار میگیرد، گاهی اوقات ممکن است بتوان از سافت استارترها با توان نامی کمتر نسبت به توان نامی موتورهایی که از سافت استارتر فقط در زمان راه اندازی و توقف استفاده میشود، نه بطور مداوم. سافت استارتر نمیتواند در برابر جریان نامی موتور ایستادگی کند و در نتیجه باید یک بررسیدر مورد ظرفیت راه اندازی سافت استارتر برای اندازه انتخاب شده صورت پذیرد.

ظرفیت راه اندازی در حفاظت اضافه بار

حفاظت اضافه بار برای موتورحرارتی یا (الکترونیکی) غالباً سبب ایجاد محدودیت در ظرفیت راه اندازی میشود. رله کلاس 10 استفاده میشود برای راه اندازی نرمال در حالت کلی در حالی که از رله کلاس 30 برای راه اندازی های سنگینی که زمان راه اندازی زیادی دارند استفاده شود.

در برخی از کاربردها حفاظت اضافه بار بای پس شده است سایر (حفظت ها فعل است) در طول یک راه اندازی تا رسیدن به زمان راه اندازی خارج از دسترس این خصوصاً مهم است که ظرفیت راه اندازی سافت استارتر از آنجایی که این محدودیت ایجا میشود بررسی شود.

