

کاهش مصرف انرژی پمپ های آب با استفاده از سیستم کنترل دور متغیر

سامان باقریان^۱، مهدی گلستانی حتکنی^۲

شرکت سیمان ممتازان کرمان

golestani59@gmail.com, sam1980b@yahoo.com

چکیده

با توجه به اینکه در شرکت سیمان ممتازان به دلیل عدم کنترل فشار خروجی پمپ های آب آشامیدنی، صنعتی، کشاورزی و آتش نشانی و از طرفی افزایش استارت و استپ این تجهیزات و وجود شوک های الکتریکی و مکانیکی در لحظه استارت و استپ باعث افزایش هزینه های تعمیرات مکانیکی و الکتریکی می گردید، با بررسی های به عمل آمده از سیستم دور متغیر به جای دور ثابت استفاده و مشکلات فوق رفع گردیده است. در این مقاله ضمن بررسی انواع روشهای راه اندازی موتورهای سه فاز القائی قفس سنجایی، نسبت به تشریح کامل استفاده از یک عدد از این سیستمها در شرکت فوق و نتایج آن پرداخته می شود.

کلمات کلیدی: پمپ ، انرژی ، سیستم دور متغیر

مقدمه

امروزه، انتقال سیالات در قسمت های مختلف مصارف صنعتی، تجاری و مسکونی از اهمیت ویژه ای برخوردار می باشند. در کشور ایران به دلیل کمبود منابع آب و همچنین با توجه به بحث آزاد سازی قیمت های انرژی و هدفمندی یارانه ها، مصرف صحیح انرژی و انتقال این نعمت الهی از اهمیت بسیار ویژه ای برخوردار می باشد. در کارخانه سیمان ممتازان کرمان از انواع پمپها جهت انتقال سیالاتی مانند آب صنعتی، کشاورزی، آتش نشانی، آشامیدنی، چاه و سایر سیالات نفتی در قدرت های مختلف استفاده شده و از آنجائیکه استارت و استپ های مکرر این پمپ ها باعث ایجاد شوک های مکانیکی و الکتریکی می گردد لذا از انواع روشهای راه اندازی نرم جهت استارت و استپ این تجهیزات استفاده شده که در ادامه به تشریح آنها پرداخته می شود.

۱- مسئول واحد اتوماسیون و الکترونیک

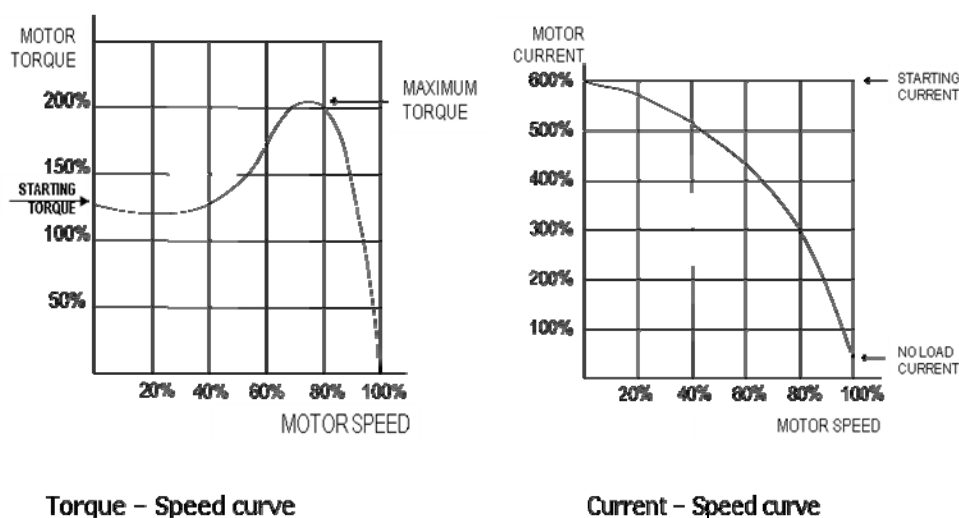
۲- رئیس تعمیرات و نگهداری برق

انواع روشهای راه اندازی الکتروموتورها

با توجه به اینکه جهت راه اندازی الکتروموتورهای القایی سه فاز روتور قفس سنجابی از روشهای مختلفی استفاده می شود لذا در ادامه ضمن معرفی این روشها به تشریح آنها پرداخته می شود.

۱. سیستم راه اندازی مستقیم (D.O.L)

در این نوع راه اندازی که ساده ترین و ارزانه ترین روش راه اندازی می باشد تغذیه موتور به صورت مستقیم از فیدر گرفته شده و لذا جریان راه اندازی که در لحظه اولیه استارت موتوراز شبکه تغذیه کشیده می شود با توجه به اعمال ولتاژ نامی حدود ۵ الی ۸ برابر جریان نامی موتور می باشد. علاوه بر جریان راه اندازی، به علت اعمال ولتاژ نامی در لحظه استارت، توان بالایی باید توسط کلید یا کنتاکتور تحمل شود به عبارتی کلید یا کنتاکتور باید دارای قدرت وصل کافی باشد و این مورد در طول مدت باعث آسیب این تجهیزات شده و در پاره ای از مواقع آسیب موتور از پیامدهای این مشکل خواهد بود. نکته مهم دیگری که می توان به آن اشاره کرد گشتاور راه اندازی موتور است که بعضی موارد از گشتاور مورد نیاز بار بیشتر و باعث ایجاد تنش و ضربه به تجهیزات مکانیکی کوپل شده می شود و در نتیجه باعث افزایش هزینه تعمیرات مکانیکی خواهد گردید. البته مزیت استفاده از روش ارائه شده راه اندازی سریع می باشد که در بعضی از موارد مناسب و ضروری است. در شکل (۱) منحنی های گشتاور - دور و جریان - دور نمایش داده شده که اثرات ذکر شده در بالا به وضوح در آنها قابل رویت می باشند.



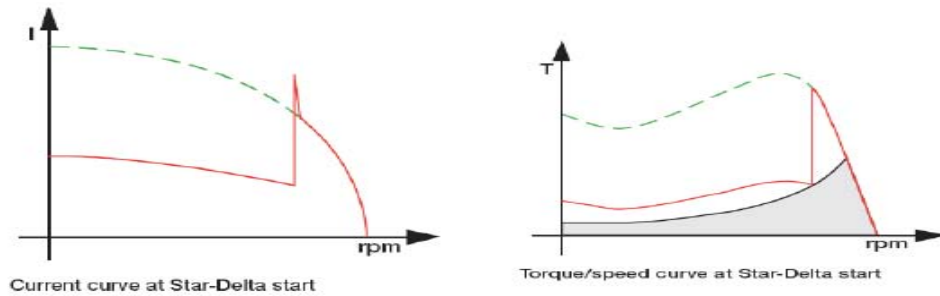
شکل (۱)

۲. سیستم راه اندازی ستاره - مثلث (Star-Delta)

روش ستاره - مثلث برای راه اندازی موتورهای القایی که در حالت دائم باید به صورت مثلث سر بندی شوند به کار می رود. در این روش در ابتدای استارت بر اساس مدار طراحی شده موتور در حالت ستاره راه اندازی که در نتیجه حدود ۵۸ درصد ولتاژ شبکه به سیم پیچی های موتور اعمال می شود. با توجه به اینکه جریان راه اندازی به ولتاژ اعمالی وابسته است لذا این کاهش ولتاژ، باعث کاهش جریان راه اندازی و در نتیجه گشتاور راه اندازی خواهد شد.

پس از راه اندازی موتور در حالت ستاره، جهت دور گرفتن موتور لازم است مدار به حالت مثلث وارد شود که این عمل پس از گذشت زمان مشخص انجام می شود. از مزایای روش ذکر شده کاهش جریان راه اندازی به ۳۰ درصد و گشتاور به ۲۵ درصد

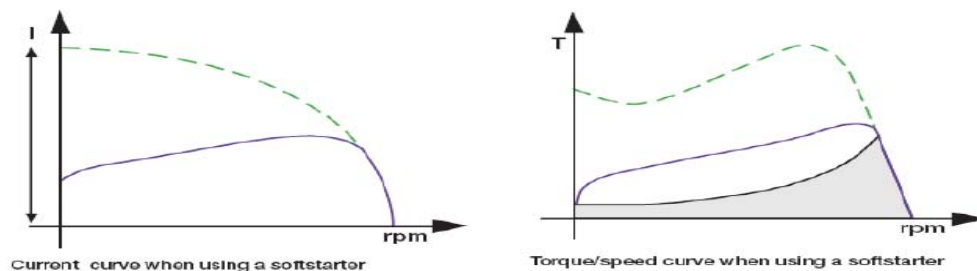
حالت راه اندازی مستقیم می باشد. اما از مهمترین معایب این نوع راه اندازی می توان به جریان شدیدی که در لحظه تغییر مدار از حالت ستاره به مثلث از شبکه تغذیه کشیده می شود اشاره کرد که باعث تغییرات ناگهانی و شدید گشتاور و در نتیجه ایجاد تنش شدید به تجهیزات مکانیکی خواهد شد. در شکل (۲) منحنی های گشتاور - دور و جریان - دور نمایش داده شده که اثرات ذکر شده در بالا به وضوح در آنها قابل رویت می باشد.



شکل (۲)

۳. سیستم راه اندازی نرم با استفاده از Soft Starter

اساس کار سافت استارتر به این ترتیب است که در ابتدا موتور با ولتاژ پایین استارت شده و سپس ولتاژ با یک شیب مشخص افزایش یافته تا به حد ولتاژ نامی موتور برسد. به عبارت دیگر سیستم فوق با اعمال ولتاژ پایین، جریان راه اندازی و گشتاور راه اندازی پایین ایجاد خواهد نمود. استفاده از راه اندازهای نرم باعث می شود در مواردیکه تجهیزات مکانیکی با تسمه یا چرخ دنده به موتور وصل شده است ضربه و تنش کمتری نسبت به حالت‌های قبل به سیستم وارد و راه اندازی به نرمی صورت پذیرد و پس از افزایش ولتاژ، گشتاور نیز بالا رفته و موتور دور می گیرد. استفاده از سافت استارتر مزایای زیادی از جمله کم کردن جریان راه اندازی و همچنین امکان استفاده از عملکرد توقف نرم را فراهم می آورد اما با تمامی مزایای ذکر شده امکان کنترل میزان بار با این روش میسر نبوده و لذا جهت کنترل بار (فلوی مایعات، گازها، میزان بار عبوری و...) باید از دریچه یا شیرهای کنترلی استفاده نمود که این مورد باعث مصرف زیاد انرژی مدارات سافت استارتری (کمتر از روشهای قبل) و یک عیب آنها می باشد. در شکل (۳) منحنی های گشتاور - دور و جریان - دور مدارات سافت استارتری ارائه شده است.



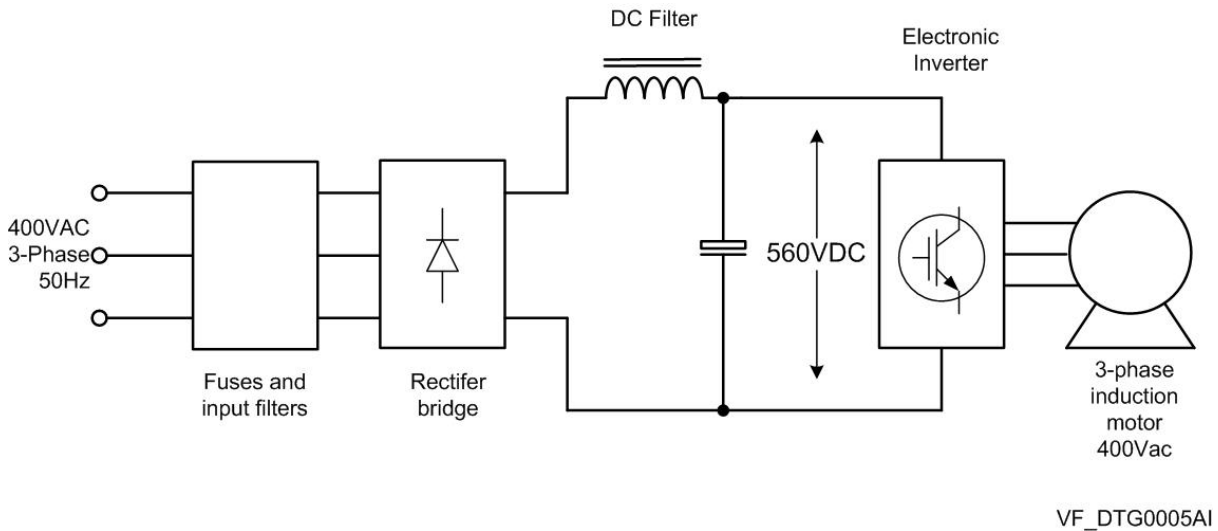
ش

کل (۳)

از آنجایی که الکتروموتورها در حالت بی باری (بسته بودن دریاچه ، دمپر ، شیر و ...) حدود ۳۰ درصد جریان نامی را می کشند این مورد باعث اتلاف انرژی زیادی در این سیستم و ۲ سیستم قبل که به آنها اشاره شد می گردد.

۴. سیستم راه اندازی با استفاده از درایوهای دور متغیر

درایوها، دستگاههایی هستند که توان ورودی با ولتاژ و فرکانس ثابت را به توان خروجی با ولتاژ و فرکانس متغیر تبدیل می کنند. اساس کار اولیه درایوهای دور متغیر بر پایه کنترل فرکانس و نسبت ثابت ولتاژ به فرکانس استوار است . باید توجه کرد که دور یک موتور تابعی از فرکانس منبع تغذیه آن است. شکل (۴) بلوک دیاگرام کلی یک درایو را نشان می دهد.



شکل (۴)

بخش اول - مبدل AC به DC (Rectifier):

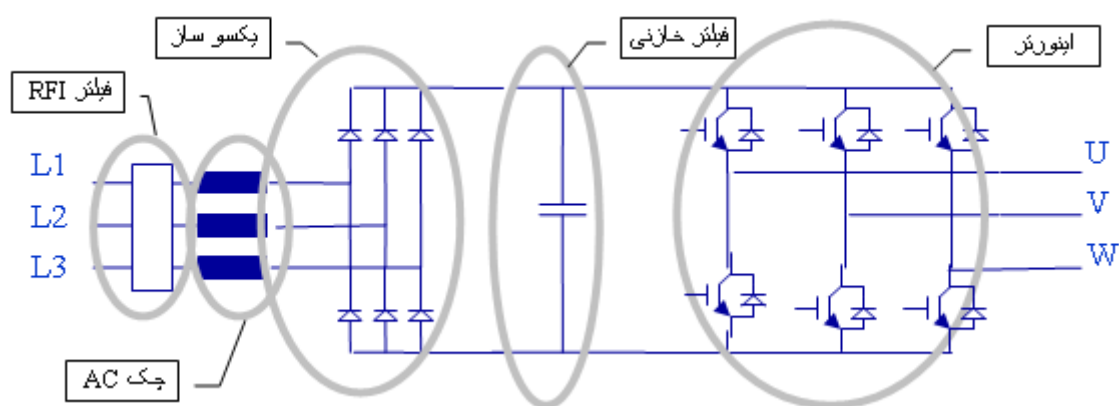
این بخش وظیفه تبدیل ولتاژ متناوب به مستقیم جهت آماده نمودن و استفاده بخش دوم از این سطح ولتاژ مستقیم را بر عهده دارد. این قسمت از مجموعه از تریستورها تشکیل شده اند که وظیفه یکسو کنندگی را دارند.

بخش دوم - مبدل DC به AC (Inverter):

این بخش وظیفه ساختن یک ولتاژ متناوب با فرکانس قابل تنظیم را برعهده داشته و با استفاده از تجهیزات الکترونیک صنعتی (IGBT و...) با استفاده از سطح ولتاژ باس DC آماده شده توسط بخش اول، یک ولتاژ متناوب با فرم سینوسی با فرکانس قابل تغییر جهت اعمال به موتور آماده می سازد. در شکل(۵) قسمتهای اصلی یک درایو ولتاژ پائین نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می کنید قسمت اینورتر متشکل از سوئیچهای قدرتی است که در سالهای اخیر تغییرات تکنولوژیک زیادی پیدا کرده اند. قیمت کنترلرها وابسته به نوع تکنولوژی بکار رفته در ساختمان آنها می باشد. ساده ترین روش کنترل موتورها AC روش تثبیت نسبت ولتاژ به فرکانس (یا کنترل V/F ثابت) می باشد که این روش، بطور گسترده در کاربردهای صنعتی مورد استفاده قرار می گیرد. این نوع کنترلرها از نوع اسکالر بوده و بصورت حلقه باز با پایداری خوب عمل می کنند. مزیت این روش سادگی سیستمهای کنترلی آن است. در مقابل این نوع کنترلرها برای کاربردهای با پاسخ سریع مناسب نمی باشند.

روباتها و ماشینهای ابزار نمونه هائی از کاربردهای با دینامیک بالا هستند. در این کاربردها از روشهای کنترلی برداری استفاده می شود. در روشهای کنترلی برداری با تفکیک مولفه های جریان استاتور به دو مولفه تورک ساز و فلو ساز، و کنترل آنها با استفاده از رگولاتورهای PI ترتیبی داده می شود که موتور AC نظیر موتور DC کنترل شود. و بدین ترتیب تمام مزایای موتور DC از جمله پاسخ گشتاور سریع آنها در موتورهای AC نیز در دسترس خواهد بود. برای مثال پاسخ گشتاور در روشهای برداری حدود ۱۰ ال ۲۰ میلی ثانیه و در روشهای کنترل مستقیم گشتاور (Direct Torque Control) این زمان حدود ۵ میلی ثانیه است.

اینک روشهای کنترل برداری متعددی پیاده سازی شده که بررسی آنها خارج از حوصله این مقاله است. در هر حال نوع کنترلر مطلوب، متناسب با کاربرد انتخاب می گردد.



شکل (۵)

با توجه به نحوه کارکرد درایو فرکانسی و ثابت بودن نسبت ولتاژ به فرکانس میتوان با راه اندازی الکتروموتور در فرکانس پایین جریان را ه اندازی را به میزان ۰/۵ تا ۱/۵ برابر جریان نامی الکتروموتور کاهش داد و سیستم را به نرمی راه اندازی و گشتاور لازم را برای شرایط کاری مختلف بار فراهم نمود. پس با کنترل دور الکتروموتور تغذیه شده از خروجی یک درایو فرکانسی امکان کنترل میزان بار بدون نیاز به شیر یا دریچه کنترلی فراهم و در نتیجه میزان مصرف انرژی قابل کنترل و بهینه خواهد شد. از مزایای دیگر درایو های فرکانسی قابلیت توقف نرم بوده که در بسیاری موارد از آسیب های مکانیکی و بهره برداری جلوگیری خواهد کرد. اما از معایب درایوهای فرکانسی می توان به اثرات ایجاد هارمونیک در شبکه تغذیه و اعمال ولتاژهای تخلیه جزئی در سیم پیچی الکتروموتور را نام برد که به ترتیب برای کاهش عیب اول می توان از فیلترهای مناسب و برای کاهش عیب دوم از الکتروموتورهای دارای عایق سیم پیچی قویتر استفاده کرد. کنترل کننده های دور موتورهای الکتریکی هر چند که ادوات پیچیده ای هستند ولی چون در ساختمان آنها از مدارات الکترونیک قدرت استاتیک استفاده می شود و فاقد قطعات متحرک می باشند، از عمر مفید بالائی برخوردار هستند. مزیت دیگر کنترل کننده های دور موتور توانائی آنها در عودت دادن انرژی مصرفی در ترمزهای مکانیکی و یا مقاومت های الکتریکی به شبکه می باشد. در چنین شرایطی با استفاده از کنترل کننده های دور مدرن می توان از اتلاف این نوع انرژی جلوگیری نمود. بطوریکه در برخی کاربردها قیمت انرژی بازیافت شده از این طریق، در کمتر از یکسال معادل هزینه سرمایه گذاری سیستم بازیافت انرژی می شود.

با توجه به بررسی روش های مختلف راه اندازی الکتروموتورهای القایی قفس سنجابی می توان مهمترین مزایا و معایب انواع راه اندازی ها را مطابق جدول (۱) نمایش داد.

	Direct-on-line	Star-delta start	Drives	Softstarter
Slipping belts and heavy wear on bearings	Yes	Medium	No	No
High inrush current	Yes	No	No	No
Heavy wear and tear on gear boxes	Yes	Yes (loaded start)	No	No
Damaged goods / products during stop	Yes	Yes	No	No
Water hammering in pipe system when stopping	Yes	Yes	Best solution	Reduced
Transmission peaks	Yes	Yes	No	No

جدول (۱)

در انتها با توجه با تمامی روشها و مقایسه دقیق آنها مشخص می شود روش راه اندازی با استفاده از درایو دور متغیر مناسب ترین روش جهت بهینه سازی مصرف انرژی بوده و با توجه به اثر کاهش تعمیرات تجهیزات برقی، مکانیکی و غیره می توان در مدت زمان مشخص با کاهش هزینه بازگشت سرمایه را تضمین نمود.

معرفی بوستر پمپ ها و نحوه کارکرد آنها

بوسترپمپ مجموعه ای است متشکل از یک یا چند الکتروپمپ موازی به همراه تجهیزات کنترل و فرمان که در صورت طراحی مناسب قابلیت تأمین فشار و دبی مورد نیاز شبکه مصرف را با بیشترین راندمان داراست. وظیفه بوستر پمپ تثبیت فشار شبکه مصرف با توجه به الگوی متغیر مصرف می باشد. از این رو هنگامی که مصرف شبکه صفر است و فشار تغییر نمی کند، الکتروپمپ های بوسترپمپ خاموش هستند. اما به محض شروع مصرف فشار شبکه دچار افت شده و برای جبران این افت اولین الکتروپمپ شروع به کار می کند. در صورتی که الکتروپمپ اول به تنهایی قادر به تأمین فشار نباشد، الکتروپمپ های دیگر به همین ترتیب وارد مدار می شوند. زمانی که مصرف کم یا متوقف می شود الکتروپمپ ها نیز به همان ترتیبی که روشن شده بودند از مدار خارج می شوند.

موارد استفاده از بوستر پمپ

- آبرسانی به ساختمان های مختلف نظیر برج ها، بیمارستان ها، مدارس، سالن های تفریحی و ورزشی، پلاژها، مجتمع های مسکونی و آپارتمانی، ساختمان های اداری، تجاری و...
- تأمین آب مورد نیاز سیستم های اطفاء حریق تأمین آب مصارف کشاورزی و آبیاری
- تأمین آب مورد نیاز کارخانجات صنعتی

مزایای استفاده از بوستر پمپ

- پوشش محدوده وسیعی از مشخصه های سیستم های مختلف به جهت تنوع مصرف
- مطابقت با مشخصه هد و دبی سیستم هایی که دارای نوسانات زیاد مصرف هستند به این معنا که به جای استفاده از یک پمپ بزرگ بسته به تقاضای شبکه مصرف از چند پمپ کوچک استفاده می شود و استهلاک و مصرف انرژی به حداقل می رسد.
- اعمال ضریب اطمینان بالا در طراحی و انتخاب نوبتی پمپ رزرو، توسط سیستم کنترل هوشمند
- قابلیت تفکیک اجزای بوسترپمپ و سهولت حمل و مونتاژ اجزا در محل مورد نظر
- قابلیت سرویس حین کار

طبقه بندی بوسترپمپ ها از نظر نوع کنترل

کنترل دورمتغیر:

- در این سیستم از اینورتر برای تغییر فرکانس برق پمپ ها استفاده می گردد. بدین ترتیب که مقدار تغییر فشار در هر لحظه توسط سنسور فشار آنالوگ به صورت on line سنجیده شده و به اینورتر و PLC ارسال و اینورتر دور پمپ ها را نسبت به فشار سنجیده شده تغییر می دهد. در این سیستم ممکن است برای تأمین فشار، پمپ با دوری کمتر از دور نامی خود کار کند. بنابراین این سیستم می تواند در مصرف انرژی تا ۳۰٪ صرفه جویی نماید. از این سیستم در بوسترپمپ های آبرسانی - آتش نشانی و نیز آبرسانی استفاده می شود .

راه اندازی نرم

- در این سیستم از سافت استارتر برای راه اندازی پمپ ها استفاده می گردد. بدین ترتیب که پرشرسوئیچ های موجود در بوسترپمپ که در سطوح فشار متفاوت تنظیم شده اند، هر لحظه که فشار از مقدار تنظیم شده برای هر کدام از پرشرسوئیچ ها کمتر گردد، سیگنالی را به PLC ارسال نموده و PLC نیز دستور راه اندازی پمپ ها را نسبت به تأمین فشار مطلوب صادر می نماید. در این حالت برای جلوگیری از ایجاد ضربه قوچ در سیستم لوله کشی، پمپ ها توسط سافت استارتر به صورت نرم راه اندازی می شوند. از این سیستم در بوسترپمپ های آبرسانی و بوسترپمپ های آتش نشانی با دور ثابت استفاده می شود.

دور ثابت:

- این سیستم که در بوسترپمپ های آتش نشانی کاربرد دارد، پمپ ها را به صورت دور ثابت راه اندازی می نماید و نسبت به تأمین فشار مورد نیاز اقدام می نماید.

بررسی سیستم دور متغیر نصب شده در شرکت سیمان ممتازان کرمان

حال به بررسی و مقایسه سیستم نصب شده و تغییرات انجام شده در سیستم راه اندازی پمپ های آب شرب سیمان ممتازان و اثرات آن می پردازیم.

سیستم آب شرب شرکت سیمان ممتازان کرمان از نوع بوستر پمپ ۲ پمپه با کنترل دور ثابت می باشد که دارای ۲ عدد موتور پمپ با توان ۳۰ کیلو وات می باشد که در شکلهای (۶) و (۷) نمایش داده شده است. این پمپ ها پس از استارت بایستی فشار مورد نیاز (۵/۵ تا ۶ بار) را در ابتدای مسیر آب شرب تامین نمایند. سیستم مذکور از ابتدای نصب توسط یک تابلوی برق دارای مدار راه انداز ستاره - مثلث جهت راه اندازی و کارکرد موتورها کنترل می گردید. جهت کنترل فشار از یک

فشارسنج تفاضلی با خروجی سوئیچ استفاده می شد که این سوئیچ در مدار فرمان تابلو برق وظیفه جابجایی و استارت موتورها را بر عهده داشت.



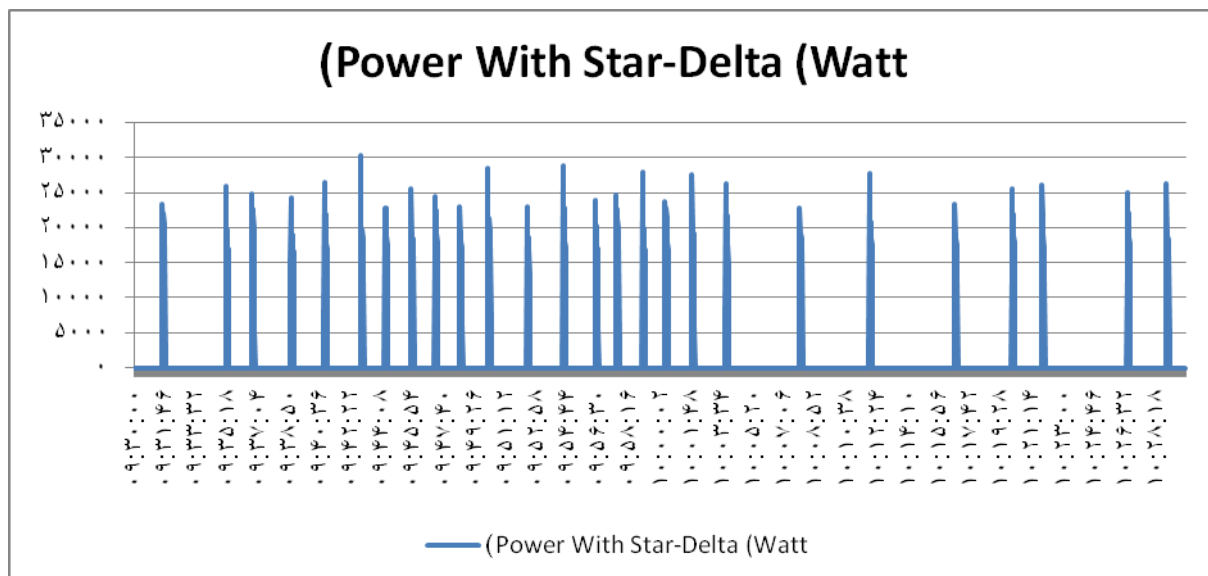
شکل (۶)



شکل (۷)

همانگونه که در مقدمه اشاره شد یکی از روش های راه اندازی موتورها استفاده از مدار ستاره - مثلث است که نسبت به راه اندازی با حالت تک ضرب دارای مزایای زیادی می باشد که از مهمترین آنها می توان به کاهش جریان راه اندازی از حدود ۷ برابر جریان نامی موتور به حدود ۲/۵ برابر جریان نامی موتور اشاره کرد اما با این وجود کماکان دارای معایب زیادی می باشد. یکی از مهمترین معایب این نوع راه اندازی وجود گشتاور ضربه در هنگام تغییر وضعیت مدار از حالت ستاره به مثلث می باشد.

این گشتاور ضربه ای ایجاد شده باعث بوجود آمدن تنش های مکانیکی و به دنبال آن فرسودگی سریع بخش های مکانیکی می شود. در سیستم مذکور بخش عمده فرسودگی و آسیب شدید اجزاء پمپ ها ، اتصالات و لوله ها (شکل های ۶، ۷) را می توان ناشی از علت ذکر شده به شمار آورد. علاوه بر عیب یاد شده یکی دیگر از معایب مدار راه انداز ستاره- مثلث کارکرد موتورها با دور نامی است که در مورد سیستم آب شرب باعث افزایش تعداد دفعات استارت و استپ ها می شد به این ترتیب که با کارکرد موتورها در دور نامی فشار مورد نیاز به سرعت تامین و فشار سنج فرمان توقف را برای موتور صادر می کرد و با توجه به اینکه مصرف آب در برخی زمانها زیاد بود فشار به سرعت افت و مجدد مانند حالت قبل موتور استارت می شد که این استارت و استپ ها گاهی به بیش از ۲۰ بار در ساعت رسیده و با توجه به اینکه زمان استارت بودن موتور به اندازه ای کوتاه بود که حتی مدار فرمان تغییر وضعیت از حالت ستاره به حالت مثلث را نمی داد و از آنجائیکه زمان لازم جهت خنک شدن موتور فراهم نبود این مورد باعث آسیب دیدن سیم پیچی موتور و تجهیزات فیدرها در زمان کوتاهی می گردید که منحنی استارت و استپ در در شکل (۹) نمایش داده شده است.



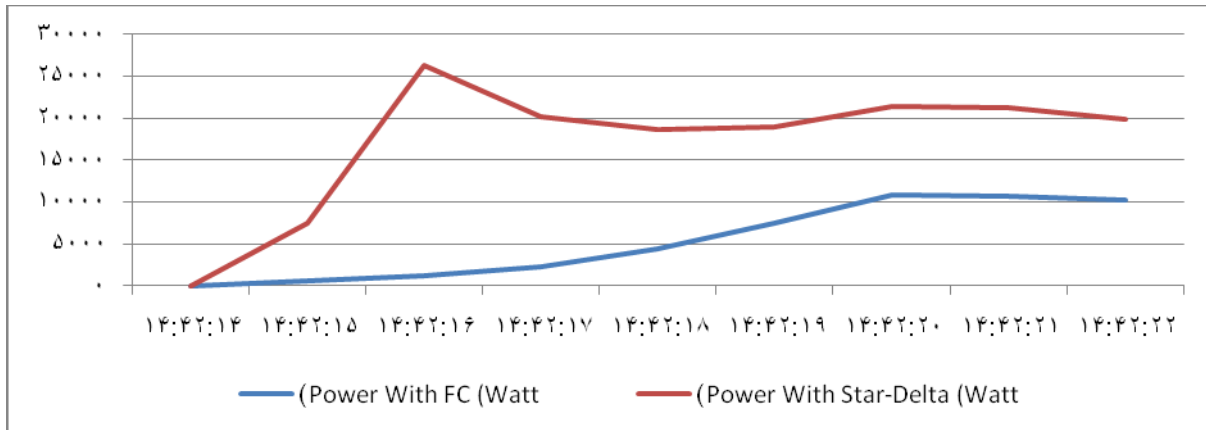
شکل (۹) - تعداد استارت و استپ به روش ستاره مثلث در یک ساعت

یکی دیگر از معایب راه اندازی ستاره - مثلث اثر کاویتاسیون درون لوله ها در زمان استارت و اثر ضربه زدن آب (Water Hammering) در زمان توقف است که در سیستم فوق این اثر به طور کامل مشهود می باشد. علاوه بر تمامی موارد ذکر شده بحث مهم مصرف بالای انرژی در این نوع راه اندازی قابل توجه است که به علت جریان راه اندازی بالا و کارکرد سیستم در دور نامی میزان مصرف انرژی در این نوع مدارات بالا می باشد.

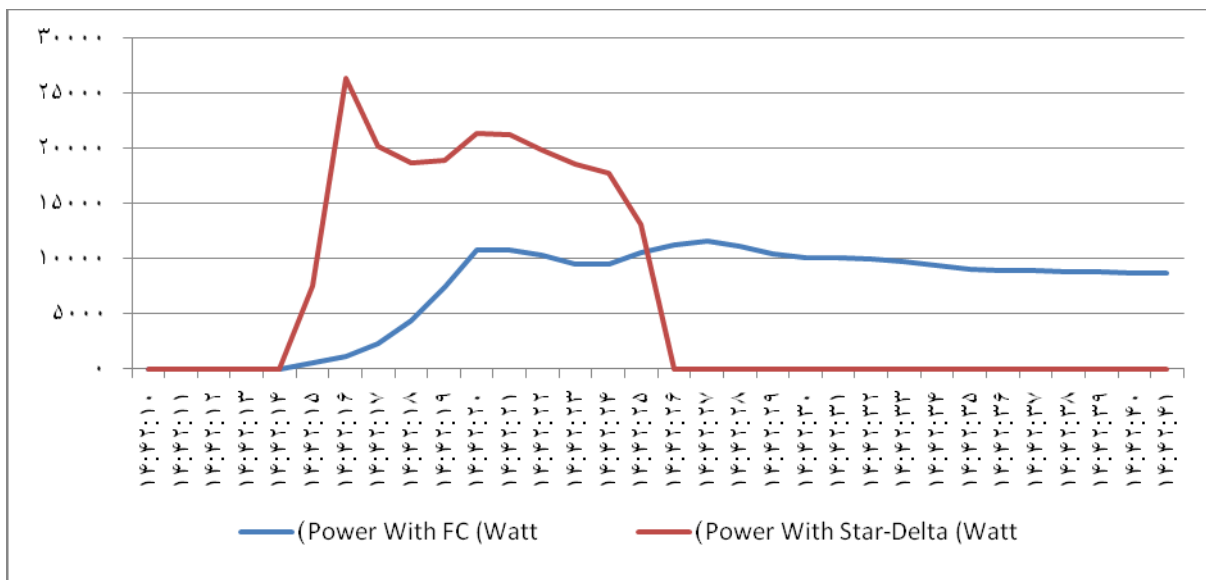
پس از بررسی های اولیه انجام شده و محاسبات لازم در خصوص انرژی و تعمیرات مکانیکی، مشخص شد در صورت استفاده از کنترل دور متغیر در سیستم ذکر شده در مدت زمان حدود یک سال هزینه مربوط به خرید ، نصب و راه اندازی جهت تغییر در سیستم فوق مستهلک و بازگشت سرمایه از طریق بهینه سازی مصرف انرژی و کاهش تعمیرات مکانیکی جبران خواهد شد.

لذا نسبت به تهیه یک عدد درایو فرکانسی اقدام و پس از نصب و راه اندازی مجددا نسبت به محاسبات توان مصرفی نسبت به حالت قبل اقدام شد که نتایج آن و مقایسه آن با حالت ابتدایی در شکل (۱۰) و (۱۱) نمایش داده شده است.

اولین همایش بین المللی کاهش و بهینه سازی مصرف انرژی و سوخت در صنعت سیمان
ایران، تهران، نمایشگاه بین المللی، دی ماه ۱۳۹۰

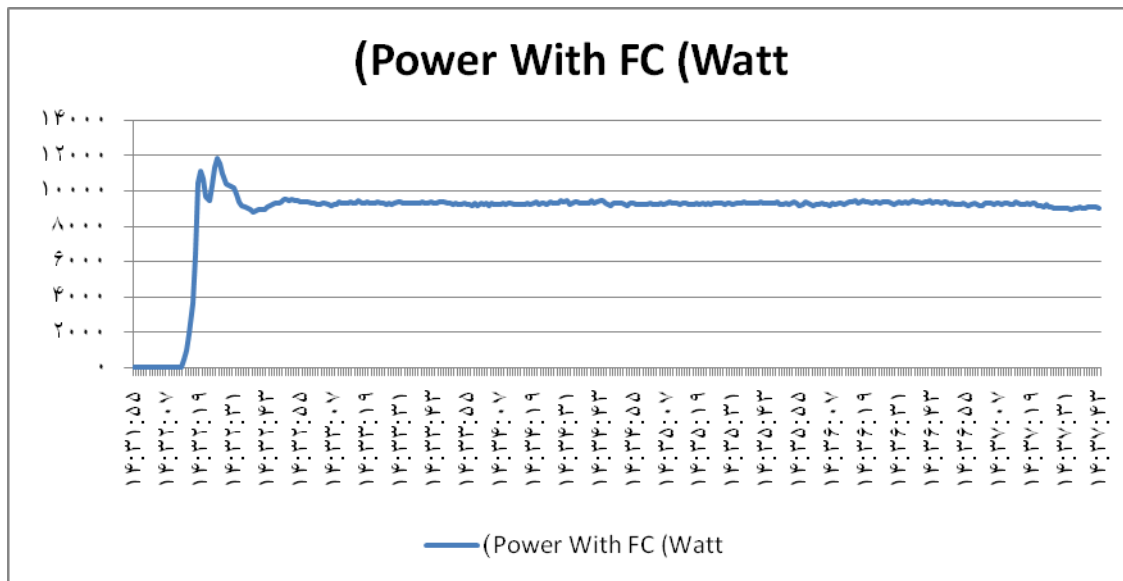


شکل (۱۰)



شکل (۱۱) - مقایسه توان مصرفی راه اندازی ستاره و مثلث و درایو دور متغیر

پس از نصب درایو فرکانسی شرایط راه اندازی و توقف نرم و بدون اثرات گشتاور ضربه و به دنبال آن کاهش اثرات تخریبی بر تجهیزات مکانیکی از جمله پمپ ها و لوله های تاسیسات فراهم و همچنین اثرات کاویتاسیون و ضربه زدن آب درون لوله ها نیز به طور کلی حذف شد. علاوه بر آن درایوهای فرکانسی امکان استفاده از یک سیستم کنترل حلقه بسته با کنترل کننده PID فراهم نمود که در مورد سیستم آب شرب بسیار اثربخش بود به این ترتیب که با کنترل فشار کاری مناسب دفعات زیاد استارت و توقف موتور حذف شد و به جای آن درایو با کنترل دور موتور پمپ فشار آب مورد نیاز را تا زمانیکه مصرف کننده در حال مصرف باشند تامین کرد و در صورت عدم مصرف آب توسط مصرف کننده ها دور موتور پمپ پایین و با باقی ماندن شرایط موتور متوقف می شد که این مورد علاوه بر یکنواختی فشار آب در کل مسیر باعث کاهش دفعات استارت - استپ موتور و در نتیجه کاهش درصد آسیب دیدگی تجهیزات الکتریکال و الکتروموتورها و همچنین کاهش مصرف انرژی در زمانهای بدون مصرف را فراهم نمود.



شکل (۱۲) - منحنی کار موتور با کنترل دور متغیر

علاوه بر تمامی موارد ذکر شده تابلو با راه انداز درایو فرکانسی فوق که در شکل (۱۳) نمایش داده شده، با قابلیت خاصی که درایوهای فرکانسی ارائه می دهند امکان جبران کمبود شدید فشار آب را از طریق وارد کردن موتور پمپ دوم به صورت کمکی فراهم و همچنین درایو با قابلیت خاص جابجایی خودکار و کنترل دور موتور دیگر در فواصل زمانی معین، باعث جلوگیری از کاهش طول عمر کاری موتورها شده و تمام این موارد باعث کاهش تعمیرات و به تبع کاهش هزینه ها گردید.



شکل (۱۳)

در ادامه مشخصات فنی الکتروموتورهای پمپهای آب شرب سیمان ممتازان به علاوه جدول مقایسه شرایط فعلی با شرایط قبلی به شرح ذیل آمده است.

مشخصات موتورها :

توان	جریان نامی	سرعت	ضریب توان	ولتاژ
30Kw	57A	1465rpm	0.87	380V

مقایسه شرایط فعلی و گذشته :

نوع راه اندازی	ستاره - مثلث	درایو فرکانسی
جریان راه اندازی	130A	42A
جریان کارکرد دائم	41A	29A
فرکانس کارکرد	50Hz	44Hz
توان در لحظه راه اندازی	74.5Kw	24Kw
متوسط توان در کارکرد دائم	23.5Kw	16.6Kw

به دلیل اهمیت آبرسانی در کارخانه، پمپ های فوق به گونه ای طراحی شده اند تا در صورت خرابی یک قسمت از دستگاه، روش کارکرد دستی جایگزین شده و نیاز به تأمین آب را رفع نماید. برای مثال اگر سیستم دورمتغیر به دلیل خرابی سنسور و یا اینورتر کار نکند، با تغییر حالت کارکرد از سیستم دورمتغیر به حالت دورثابت، روش کارکرد دورثابت جایگزین روش کارکرد دورمتغیر می شود و در نتیجه نیاز به تأمین فشار آب تا هنگام رفع مشکل سیستم دورمتغیر رفع می گردد. در صورتی که هیچ کدام از سیستم های دور متغیر و دورثابت کار نکنند، با شستی های روشن و خاموش، پمپ ها به صورت دستی روشن و خاموش می شوند و نیاز به تأمین فشار آب تا رفع مشکل موجود تأمین می گردد. در نهایت با توجه موارد و مزایای فوق کلیه پمپ های آب صنعتی، آبیاری و شرب سیمان ممتازان به سیستم کنترل دور فوق مجهز گردیده که در شکل های (۱۴) و (۱۵) نمایش داده شده است.

اولین همایش بین المللی کاهش و بهینه سازی مصرف انرژی و سوخت در صنعت سیمان
ایران، تهران، نمایشگاه بین المللی، دی ماه ۱۳۹۰



شکل (۱۴)



شکل (۱۵)

نتایج:

- از مهمترین مزایای بوسترپمپ ها می توان به موارد ذیل اشاره نمود:
- ✓ محدوده وسیعی را از جهت تنوع مصرف، پوشش می دهند.
 - ✓ وقتی نوسان های مصرف کننده بسیار زیاد باشد به جای استفاده از یک پمپ بزرگ از چند پمپ کوچک که به صورت بوسترپمپ هستند استفاده می شوند تا بتوان بسته به نیاز تعدادی از آنها را به کار و داشت و از کار کردن بیهوده بقیه جلوگیری نمود در حقیقت استهلاک و مصرف انرژی به حداقل می رسد.
 - ✓ به دلیل اینکه بوسترپمپ از اجزای مختلف متصل به هم تشکیل شده است می توان با جدا کردن این اجزا بوسترپمپ را به سهولت حمل و در مکان مناسب نصب کرد.
 - ✓ کارکرد دائمی بوسترپمپ را می توان با گذاشتن یک پمپ رزرو تضمین کرد و هنگام خرابی یک پمپ، پمپ رزرو وارد مدار می شود تا وقفه ای در کارکرد سیستم ایجاد نگردد. حتی در شرایط خاص می توان با استفاده از سیستم دستی و با دور ثابت سیستم را راه اندازی نمود.
 - ✓ قابلیت سرویس حین کار را دارند.
 - ✓ باعث کاهش مصرف انرژی و کاهش تعداد تعمیرات تجهیزات مکانیکی می گردد.