

عنوان مقاله:

استفاده از سیستم های کنترل دور (FC) در چه شرایطی بعنوان کاهش مصرف انرژی الکتریکی توجیه پذیر است و انجام محاسبات صرفه جویی انرژی حاصل از نصب درایو بر روی میل فن سیمان نهاوند

نویسنده: احمد مرتضوی

کارشناس برق و انرژی سیمان نهاوند

چکیده:

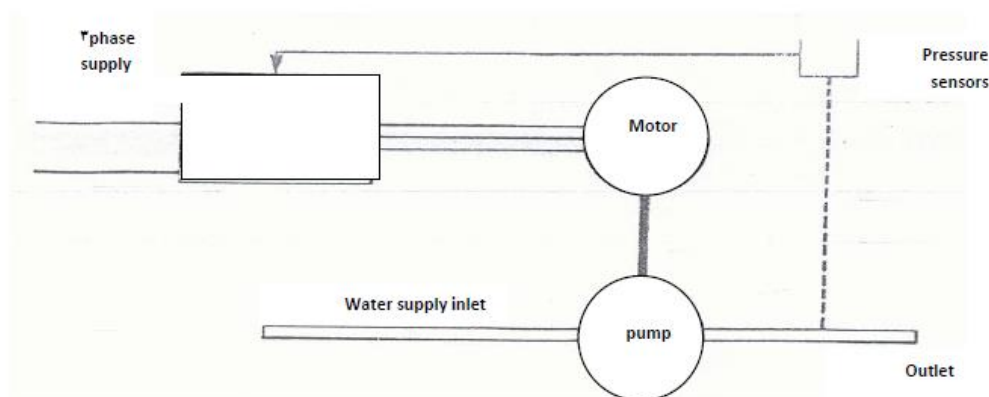
از آنجائیکه اکثر سیستمهای صنعتی بیشتر اوقات زیر ظرفیت اسمی خود کار میکنند، روشهای مختلف کاهش دبی خروجی و تطبیق آن با تقاضا بوجود آمده است. دمپرها، خفه کن ها، سیستم های گردش مجدد (سیرکوله) و شیرهای جبران فشار که اغلب در صنایع مختلف مورد استفاده قرار میگیرند پراتلاف میباشند و کاهش سرعت بارهایی نظیر فن ها و پمپ ها روش بسیار بهینه تری برای دسترسی به همان نتیجه میباشد. با توجه به اینکه با کنترل سرعت پمپ و یا فن میتوان مقدار فشار پمپ و یا فلوی هوا را تنظیم نمود میتوان کنترل کننده مکانیکی را حذف نمود و به این ترتیب انرژی مصرفی موتور را کاهش داد.

کلمات کلیدی: دبی، فشار، فن، انرژی، دمپر، کنترل سرعت

متن مقاله:

در سیستم های دور متغیر مقدار سرعت میتواند از ۰ تا ۱۰۰٪ کنترل گردد

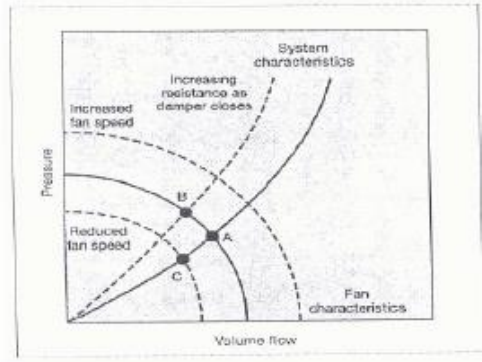
در شکل زیر (نمودار ۱) یک سیستم کنترل دور بر روی کنترل فشار خروجی پمپ نشان داده شده است که ولتاژ و فرکانس منبع تغذیه در اینورتر به ولتاژ و فرکانس متغیر تبدیل شده و سرعت الکتروموتور و سرعت پمپ کنترل میشود و مقدار فشار خروجی پمپ در اثر تغییرات سرعت تغییر کرده و سپس با استفاده از سنسور فشار مقدار آن به عنوان سیگنال فید بک به اینورتر اعمال میشود و بوسیله این لوپ کنترلی میتوان فشار خروجی پمپ را ثابت نگه داشت



نمودار شماره ۱: کنترل فشار پمپ بوسیله سیستم دور متغیر

بهینه سازی انرژی در کاهش جریان دبی

یک ماشین همیشه در نقطه ای کار میکند که با مشخصه فشار-جریان سیستم تطابق داشته باشد به عنوان مثال برای یک فن با مشخصات (منحنی) داده شده که در سیستمی دارای منحنی جریان مربوط به تلفات اصطکاک نشان داده شده باشد (نمودار ۲) نقطه کار نقطه A خواهد بود

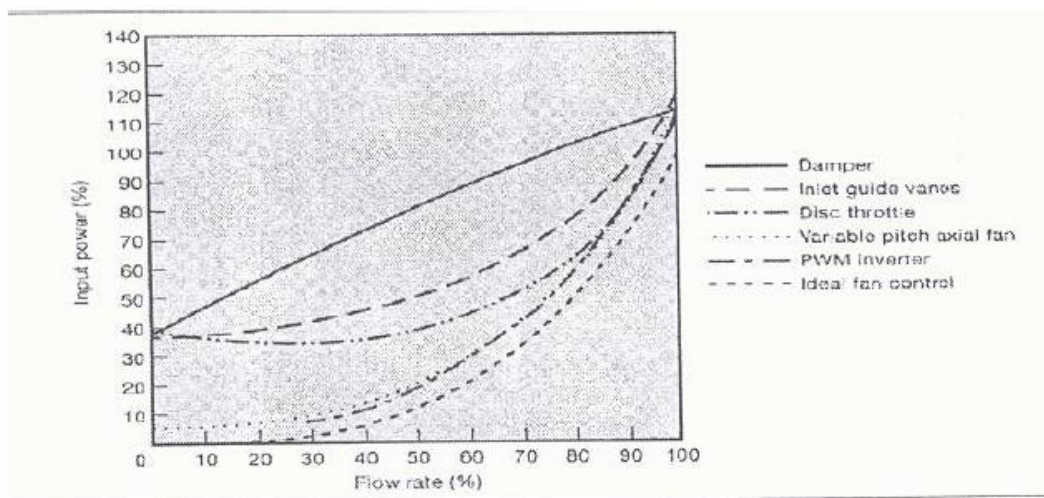


نمودار ۲- منحنی مشخصه یک فن در نقطه کار

یک راه کاهش جریان وارد کردن یک دمپر است. این کار مشخصات اصطکاک سیستم را افزایش داده و موجب میشود نقطه کار جدید در نقطه B قرار گیرد همانگونه که نمودار نشان میدهد گرچه جریان کاهش یافته ولی میزان مصرف انرژی به مقدار خیلی کمی کاهش میابد. مشابه همین اثر زمانی که یک شیر خفه کن بر روی مسیر پمپ قرار میدهیم اتفاق میافتد

روش بهتر تغییر مشخصه ماشین بوسیله کاهش سرعت است مشخصه جدید ماشین با کاهش سرعت نقطه کاری جدید C خواهد بود از آنجاییکه توان مصرفی حاصل ضرب جریان در فشار است در این حالت جریان به اندازه نقطه B بوده ولی توان مصرفی بسیار کمتر است

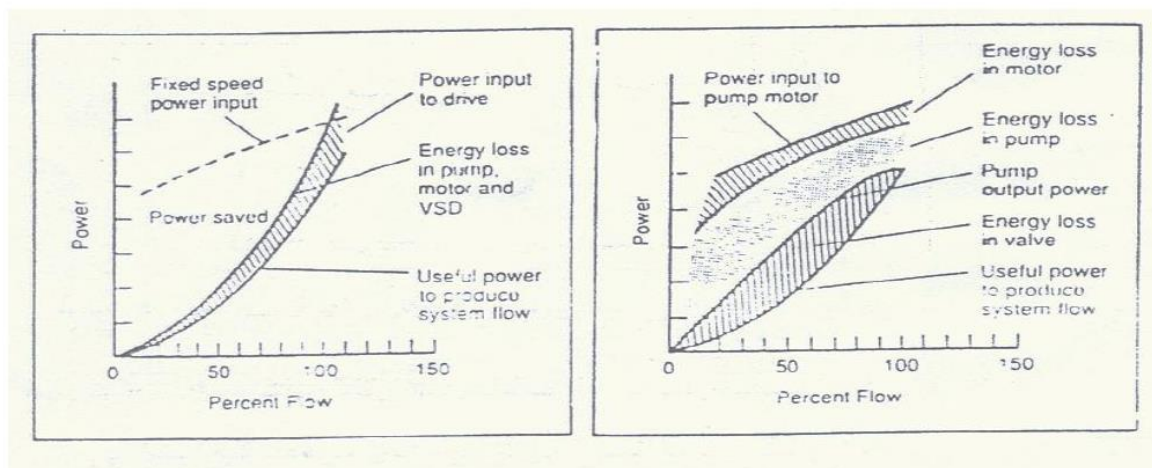
نمودار زیر (نمودار ۳) رابطه مصرف انرژی و فلو خروجی از فن را در روش های مختلف کنترل فلو بررسی میکند با توجه به اینکه بوسیله اینورتر میتوان سرعت ورودی فن را از صفر تا صد کنترل کرد بهمین خاطر کمترین مصرف انرژی را نسبت به بقیه روشها دارد



نمودار ۳-

مقایسه مصرف انرژی بین سیستم های کنترل دور و سیستم های معمولی

در صورتی که از پمپ یا فن در فلو کمتر از فلو نامی بهره برداری کرد انرژی مصرفی پمپ کمتر خواهد شد در حالیکه موتور با دور نامی کار میکند در نمودارهای زیر مقدار انرژی هدررفته در موتور ، پمپ و شیر کنترل فشار در مقایسه با انرژی مصرفی در سیستم کنترل مستقیم دور بوسیله درایو نشان داده میشود



نمودار ۵- نمودار انرژی پمپ در حالت استفاده از درایو

نمودار ۴- نمودار انرژی مصرفی پمپ در حالت معمولی

همانگونه که از نمودارهای ۴ و ۵ استنباط میشود مقدار انرژی صرفه جویی شده در حالت فلو کمتر از نامی قابل ملاحظه میباشد

پارامترهای تصمیم گیری برای استفاده از درایو چیست :

۱- نوع بار ۲- پروفیل بار ۳- داشتن الکتروموتور مناسب

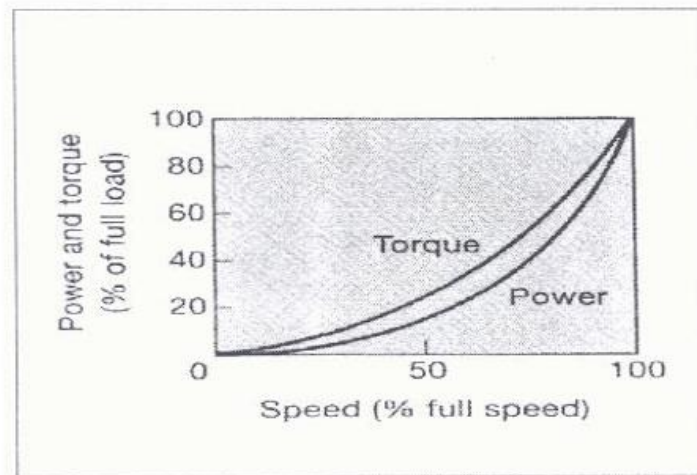
نوع بار:

پتانسیل صرفه جویی انرژی ناشی از کاهش سرعت به مشخصات بار بستگی دارد و ۳ نوع اصلی بار که در صنعت سیمان و بیشتر صنایع وجود دارد شامل:

- بار گشتاور ثابت
- بار گشتاور متغیر
- بار توان ثابت

بار گشتاور متغیر:

مانند فن ها و یا پمپ ها محاسبات و قوانین حاکم بر این نوع بارها نشان میدهد که گشتاور با مربع سرعت و توان با مکعب سرعت تغییر میکند بنابراین در این نوع بارها استفاده از درایو کنترل سرعت بالاترین صرفه جویی انرژی را در پی دارد



نمودار شماره ۶

نمودار ۶ رابطه بین گشتاور و توان را به نسبت درصد بار و سرعت برای بارهای گشتاور متغیر نشان میدهد.

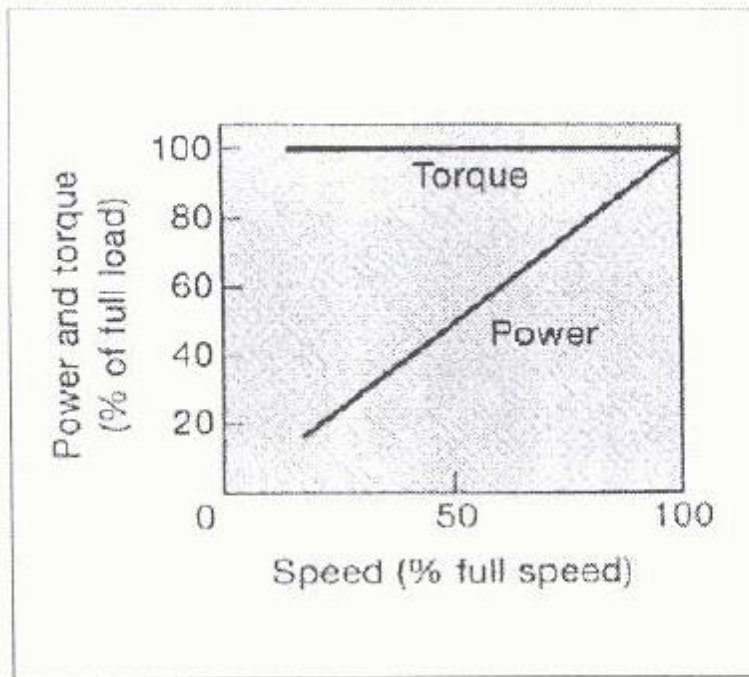
- ✓ جریان (دبی) با متناسب با توان اول سرعت تغییر میکند
- ✓ فشار با توان دوم یا مربع سرعت تغییر میکند
- ✓ توان یا مکعب سرعت تغییر میکند

کاهش دبی یا جریان بوسیله کنترل یا کاهش سرعت بار برای بارهای گشتاور متغیر به این معنی است که یک کاهش سرعت کم میتواند یک کاهش توان زیاد را بدنبال داشته باشد زیرا توان با مکعب سرعت تغییر میکند

صرفه جویی بسیار عالی در موارد بار گشتاور متغیر مانند فن ها یا پمپ ها با کنترل سرعت حاصل میشود مثلاً در یک فن کاهش سرعت ۲۰ درصدی کاهش توان ۵۰ درصدی را بدنبال خواهد داشت

زیرا سرعت از ۱۰۰ درصد به ۸۰ درصد رسیده است و توان با مکعب سرعت تغییر می کند که (۰٫۸*۰٫۸*۰٫۸=۰٫۵۱۲) که میشود ۵۲ درصد

- **بار گشتاور ثابت:** این گونه بارها مانند کمپرسورهای هوای فشرده و یا تسمه نقاله ها و ماریچج ها گشتاور نمیتواند با سرعت تغییر کند و قدرت بظئر مستقیم با سرعت رابطه دارد و انرژی مصرفی مساوی با کار مفید انجام شده میباشد



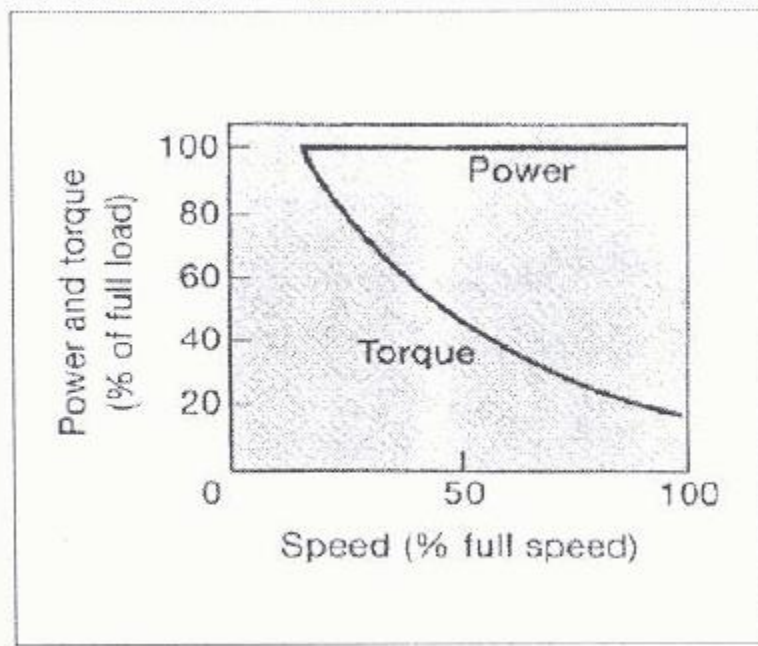
نمودار ۷

نمودار ۷ رابطه بین گشتاور و توان مصرفی را به نسبت سرعت و درصد بار برای بارهای گشتاور ثابت نشان میدهد

اگرچه صرفه جویی حاصل از کنترل سرعت برای بارهای گشتاور ثابت به نسبت گشتاور متغیر نمیباشد ولی باز هم ارزش بررسی را دارد مثلاً در یک کمپرسور هوای فشرده کاهش سرعت به اندازه ۲۰ درصد یعنی کاهش توان به نسبت ۲۰ درصد

• بارهای توان ثابت

بارهای قدرت ثابت مانند دستگاههای خم و یا ماشین ابزارها میباشند قدرت با سرعت تغییر نمیکند و گشتاور نسبت عکس با سرعت دارد در این موارد صرفه جویی از تغییر کنترل دور جواب نمیدهد.



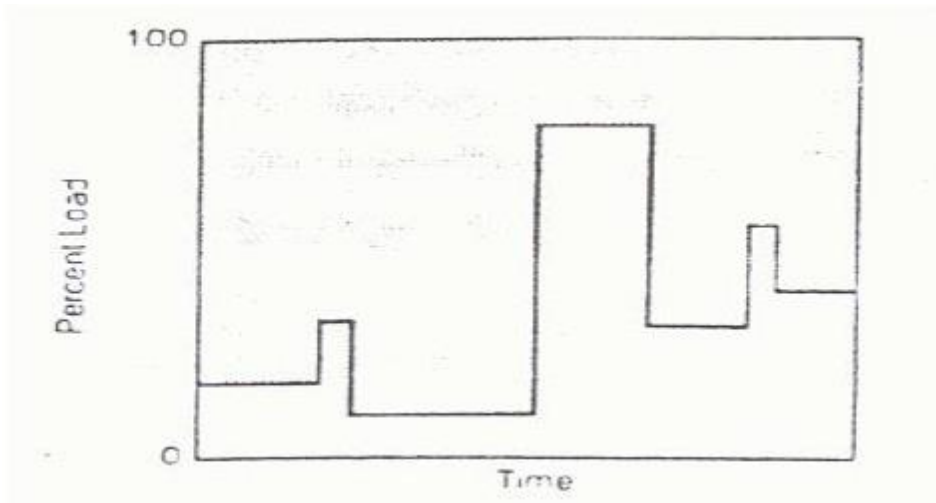
نمودار-۸

نمودار ۸ رابطه بین توان و گشتاور به نسبت سرعت را در بارهای توان ثابت نشان میدهد

• **پروفیل بار:**

همانطور که نشان داده شد کنترل فلو یا فشار در بارهای گشتاور متغیر مانند فن ها یا پمپ صرفه جویی قابل ملاحظه ای خواهد داشت ولی فاکتور تعیین کننده برای هزینه کردن و استفاده از درایو با هدف صرفه جویی انرژی پروفیل بار میباشد

پروفیل بار یعنی نمودار درصد بار یک تجهیز در یک سال یا حداقل در چند ماه که نشان میدهد مثلاً دمپر روی یک فن چقدر از سال ۱۰۰ باز است یا ۷۰ درصد است و در نهایت با پروفیل بار میتوان مقدار صرفه جویی را دقیق محاسبه و به صورت ریالی در اختیار مدیران ارشد گذاشت که آیا ارزش خرید درایو دارد یا نه و بازگشت سرمایه خرید درایو چه مدت زمان میبرد.



نمودار ۹

در نمودار ۹ یک نمونه پروفیل بار نشان داده شده است که نمودار آن در صد بار به نسبت زمان میباشد مقادیر بالای نمودار مقدار دقیق صرفه جویی انرژی را نشان میدهد

• الکتروموتور مناسب:

یکی از مواردی که باید در نظر گرفته شود الکتروموتور و ظرفیت حرارتی آن در دوره‌های پایین میباشد با توجه به اینکه اکثر الکتروموتورها با پروانه نصب شده روی شفت موتور خنک میشوند با کاهش دور، دبی فن خنک کن موتور کم میشود و الکتروموتور باید بازده حرارتی مناسب را داشته باشد و یا از یک فن دور ثابت برای خنک کاری آن استفاده کرد و نکته دوم ایزوله بودن یا عایق بودن بیرینگ NDE موتورهای تحت FC میباشد که نسبت به جریان های مخرب بیرینگ ناشی از درایو مقاوم میشوند

استفاده از کنترل کننده های هوشمند توان برای بارهای توان ثابت (power boss)

کنترل کننده های هوشمند توان یکی از بهترین تجهیزات برای کنترل الکتروموتورهای کوبل شده به بارهای توان ثابت مانند کمپرسورها و یا نقاله ها میباشد اساس کار این کنترل کننده ها کنترل توان تغییرات هوشمند ولتاژ به نسبت توان شفت خروجی میباشد بدین صورت که کنترل کننده توان با تغییرات ولتاژ به نسبت توان درخواستی بار، المانهای ورودی را تغییر میدهد صرفه جویی حاصل از استفاده از این کنترل کننده های هوشمند توان، بین ۱۵ تا ۲۵ درصد میباشد ضمن اینکه توانایی راه اندازی نرم و کنترل دور را هم دارد

این کنترل کننده های هوشمند توان در داخل کشور هم تولید میشوند و قیمت آن به ازای هر کیلووات در حدود ۴۰ هزار تومان میباشد.

صرفه جویی حاصل از نصب کنترل دور بر روی میل فن کارخانه های سیمان:

با توجه به فرمول زیر که در مورد فن هایی با دمپر واز روی نمودارهای فن ها استخراج شده است :

$$\text{savingE} = \text{توان واقعی} * (1 - D * D) * 20 * 300$$

که در فرمول فوق D درصد باز بودن غالب دمپر میباشد و ۲۰ ساعت کارکرد فن در روز ۲۰ ساعت در نظر گرفته شده و ۳۰۰ تعداد روزهای کارکرد فن در نظر گرفته شده است با توجه به فرمول فوق واطلاعات زیر در خصوص میل فن کارخانه سیمان نهانند میتوان مقدار صرفه جویی میل فن را بعد از نصب درایو و حذف دمپر محاسبه کرد

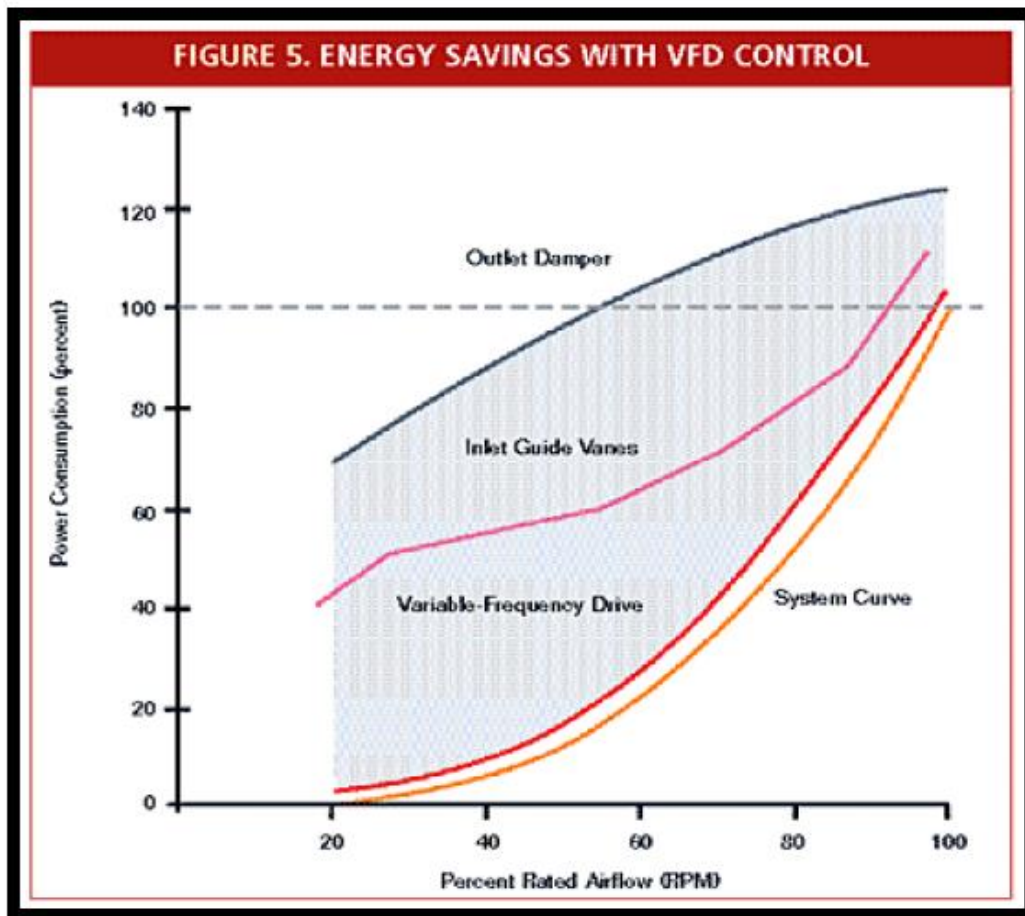
توان نامی موتور فن : ۳۴۰۰ KW

توان actual فن: ۲۹۷۰ kw

درصد دمپر: ۷۱٪

با توجه به مقادیر فوق انرژی صرفه جویی شده در سال با نصب درایو ۸/۸۳۶/۹۳۸ کیلووات در سال میباشد که با احتساب کیلوواتی ۵۵,۶ تومان مقدار صرفه جویی در سال مبلغ ۴۹۱,۵ میلیون تومان میباشد

محاسبات فوق را میتوان با بررسی نمودار توان فن در نرم افزارهای کاهش مصرف انرژی فن ها کنترل کرد که برای میل فن سیمان نهانند به شکل زیر میباشد



همانگونه که از نمودار فوق پیداست برای بدست آوردن عدد صرفه جویی ناشی از حذف دمپر باید با قطع نمودن دو منحنی out let damper, vfd control نمودار فوق توسط خط عمودی که میزان باز بودن دمپر را نشان میدهد (محور افقی) و انطباق آن بوسیله خط افقی با محور سمت چپ و تفاضل آن با هم مقدار صرفه جویی را حساب کرد که البته باید در نرم افزار اعمال فوق انجام شود تا عدد دقیق بدست آید

همانگونه که محاسبات فوق نشان میدهد مقدار ریالی صرفه جویی انرژی ناشی از نصب درایو روی میل فن آسیاب مواد سیمان نهاروند حدود ۴۹۱,۵ میلیون تومان در سال میباشد که با توجه به این رقم و هزینه های خرید درایو و موتور میتوان برگشت سرمایه را بطور دقیق تخمین زد.

نتیجه گیری:

با توجه به قیمت بالای درایو های کنترل دور در صورتی که در تجهیزاتی بخواهیم از درایو با قصد صرفه جویی انرژی استفاده کنیم بهتر است با توجه به نوع بار و انجام محاسبات مهندسی و استفاده از نرم افزارهای مدل کردن انرژی مصرفی که توسط سازندگان درایو های کنترل سرعت ارائه شده اند مقدار انرژی قابل صرفه جویی محاسبه و مدت زمان بازگشت سرمایه مشخص شود

منابع: کتاب کیفیت توان و اثرات آن بر تجهیزات قدرت جلد اول (مفاهیم و تعاریف) نویسندگان: مهدی باقری - رضامهری

کتاب جداول و نمودارهای مهندسی فن ها نوشته دکتر جواد جعفری, جزوات آموزشی احداث کنترل

