

بسم الله الرحمن الرحيم

موضوع: بررسی کاهش مصرف انرژی با نصب درایو در فن های خنک کن گریت کولر خط یک سیمان ایلام

تهیه کننده: سجاد یاری - شرکت سیمان ایلام- کارشناس ارشد برق قدرت و دانشجوی دکتری مدیریت صنعتی

چکیده

فن‌ها در صنعت سیمان کاربرد گسترده ای دارند. و برای انتقال گازهای ناشی از فرایند تولید سیمان، خنک کاری سیستم گریت کولر و یا انتقال مواد از آنها استفاده میشود. از آنجائی که شرایط فرایندی با توجه به تغییرات پارامترهای آن ثابت نمی باشد. در نتیجه میزان تولید گازهای فرایندی نیز متغیر بوده و لازم است این امر با تغییر هوادهی فن‌ها تحت کنترل باشد. از متداول ترین روشهای کنترلی که برای فلوی گاز در فن‌ها تا بحال مورد استفاده قرار گرفته است، کنترل فلو توسط دریچه در ورودی فن میباشد. اگر چه این روش، طریقه ای موثر در کنترل فلو بوده اما باعث افزایش مصرف انرژی به میزان قابل ملاحظه ای بوده است. در صورتی که کنترل فلوی گاز با استفاده از کنترل دور فن، علاوه بر کارایی بهتر به میزان زیادی در مصرف انرژی الکتریکی فن صرفه جوئی انرژی ایجاد خواهد کرد. بنابراین با حذف دریچه ورودی و استفاده از کنترل دور میتوان شرایط کار فن را به شرائط فرایند نزدیکتر کرده و در آنصورت در مصرف انرژی فن کاهش قابل ملاحظه ای مشاهده خواهد شد. در این مقاله به بررسی تاثیر درایوها در کاهش انرژی فنهای بدنه گریت کولر سیمان ایلام پرداخته شده و محاسبات قبل از نصب و کاهش انرژی بعد از نصب درایو مورد مطالعه قرار گرفته است.

کلمات کلیدی: درایو، فن‌ها، قوانین افینیتی، بهینه سازی انرژی الکتریکی

مقدمه

کنترل کننده دور موتور (DRIVE) نیروی محرک بیشتر پمپها و فن‌ها موتورهای القائی هستند که در دور ثابت کار میکنند. لیکن در سالهای اخیر با پیشرفتهای انجام گرفته در زمینه تکنولوژی الکترونیک قدرت، استفاده از موتورهای القائی قفس سنجایی همراه با کنترل کننده دور موتور (DRIVE) رو به گسترش است. درایوها دستگاههایی هستند که توان ورودی با ولتاژ و فرکانس ثابت را به توان خروجی با ولتاژ و فرکانس متغیر تبدیل میکنند. باید توجه کرد که دور یک موتور تابعی از فرکانس منبع تغذیه آن

تکنولوژی الکترونیک قدرت، بهره وری و کیفیت فرایندهای صنعتی مدرن را بی وقفه بهبود میبخشد. امروزه با کمک همین تکنولوژی امکان استفاده از منابع انرژی غیرآلاینده بازیافتی، نظیر باد و فتو ولتائیک فراهم شده است. تخمین زده میشود که با استفاده از الکترونیک قدرت، حدود ۱۵ تا ۲۰ درصد امکان صرفه جوئی انرژی الکتریکی وجود دارد. در واقع با کاهش بی وقفه قیمت‌ها در عرصه الکترونیک قدرت زمینه برای حضور آنها در کاربردهای صنعتی، حمل و نقل و حتی خانگی فراهم میگردد.

است. برای این منظور یک درایو نخست برق شبکه را به ولتاژ DC تبدیل کرده و سپس آنرا با استفاده از یک اینورتر مجدداً به ولتاژ AC با فرکانس و ولتاژ متغیر تبدیل میکند. با معرفی سوئیچهای قدرتی چون IGBT با قیمتهای رو به کاهش، زمینه برای عرضه درایوهای با قیمت مناسب فراهم شد. در هر حال خاطر نشان میکنیم که شکل موج خروجی درایو ترکیبی از پالسهای DC با دامنه ثابت است. این موضوع موجب میشود که خود درایو منشا اختلالاتی در کار موتور شود. برای مثال کیفیت شکل موج خروجی درایو میتواند سبب اتلاف حرارتی اضافی ناشی از مولفه های هارمونیک فرکانس بالا در موتور شده و یا موجب نوسانات گشتاور در موتور گردد. با این حال درایوهای امروزی بدلیل استفاده از سوئیچهای قدرت سریع این نوع مشکلات را عملاً حذف کرده اند.

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 شرائطی با استفاده از کنترل کننده های دور مدرن می توان از اتلاف این نوع انرژی جلوگیری نمود.

در ادبیات مهندسی "تجهیزات دوار" (یا Rotary Equipment) یا به تجهیزات موتوری مانند پمپ ها، کمپرسورها و فن ها اطلاق می شود که مصرف کننده انرژی (عمدتاً الکتریکی) هستند و یا به

تجهیزاتی مانند توربین ها و ژنراتورها که عامل تبدیل یا بهره برداری از انرژی جنبشی سیالات می باشند. از آنجا که بحث اصلی در این نوشته مصرف انرژی است، لذا مقصود از تجهیزات دوار، تجهیزات مصرف کننده انرژی، یعنی پمپ، کمپرسور و فن می باشد.

تجهیزات دوار با مصرف انرژی توسط موتورهای الکتریکی، احتراق داخلی یا توربین ها باعث جابجایی سیال عامل (مایع در پمپ ها و گاز در کمپرسور و فن) در سیستم ها شده و وظیفه ای که بر عهده آنها قرار داده شده است را انجام می دهند. این وظیفه ممکن است تخلیه یک مخزن، خنک کردن یک مبدل، تامین فشار هوای یک شیر کنترل نیوماتیکی، تهویه یک سالن یا هر وظیفه دیگری باشد.

نگاهی به مطالعات انجام شده در دو دهه اخیر به میزان و نحوه مصرف انرژی این تجهیزات در برخی کشورهای توسعه یافته نشان دهنده این واقعیت است که حتی کشورهای پیشرفته جهان نیز نیازمند ایجاد یک تحول در نحوه مصرف این انرژی هستند، آن هم در عصری که بحران انرژی و گرمایش کره زمین جزو مشکلات اساسی و مطرح دنیاست. نتایج حاصل از این مطالعات هر مهندسی را به این فکر فرو خواهد برد که اگر در کشورهای پیشرفته و صاحب تکنولوژی مهندسی، انرژی اینگونه تلف می شود، پس در کشورهای درحال توسعه ای مانند کشور ما وضعیت اتلاف انرژی این تجهیزات چقدر است؟

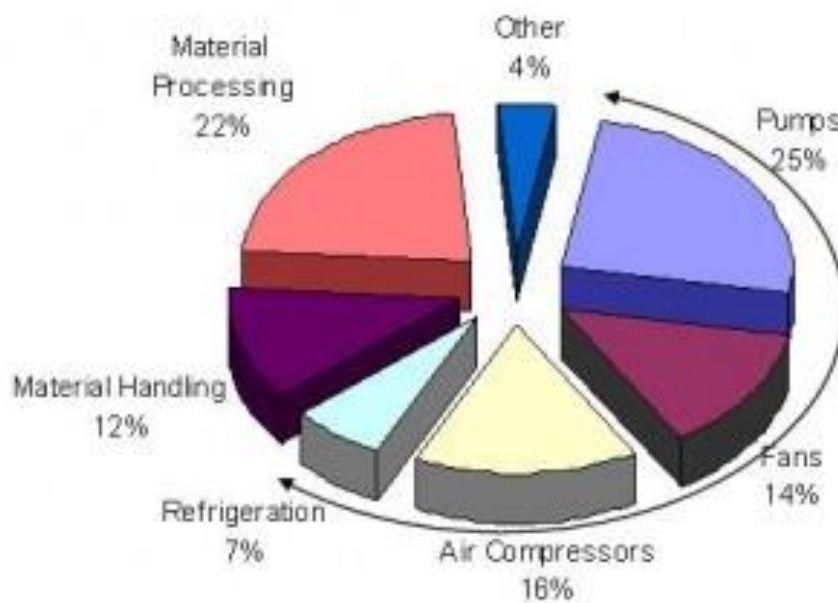
شاید مطالعات نروژی ها در سالهای ۱۹۹۱ تا ۱۹۹۴ را بتوان آغازگر موج جدید این بررسی ها دانست. آنها با مطالعه ۱۶۹۰ پمپ در بیش از ۲۰

united states industrial electric motor systems
market opportunities منتشر ساختند.

این گزارش کل مصرف انرژی الکتریکی موتورهای صنعتی آمریکا را برابر ۶۲ درصد کل برق صنعتی و حدود ۲۳ درصد کل برق تولیدی در این کشور بیان می کند و نشان می دهد بیش از ۶۲ درصد برق موتورهای صنعتی در تجهیزات دوار مصرف می شود که شامل ۲۵ درصد در پمپ ها، ۱۶ درصد در کمپرسورهای هوا، ۱۴ درصد در فن ها و ۷ درصد در کمپرسورهای سیستم های سرمایش می باشد.

کارخانه، دریافتند که متوسط راندمان سیستم های پمپاژ موجود زیر ۴۰ درصد بوده و بیش از ده درصد سیستم ها با راندمانی کمتر از ۱۰ درصد کار می کنند.

پس از آن نوبت آمریکایی ها بود که وضعیت مصرف انرژی سیستم های موتوری خود را ارزیابی کنند. لذا موسسه US-DOE در فاصله سالهای ۱۹۹۴ تا ۱۹۹۸ مطالعات جامعی بر روی تجهیزات موتوری (الکتریکی) در بسیاری از کارخانجات آمریکا انجام داده و نتایج آنرا در قالب گزارشی به نام:



نمودار شماره ۱: درصد مصارف انرژی تجهیزات الکتریکی در صنعت

نمی باشد که آنها نیز سهم عمده ای در مصرف انرژی الکتریکی کشورها دارند. به عنوان نمونه بر اساس آمارهای منتشر شده دیگر، تنها پمپ های کلیه بخش ها (صنعتی، خانگی، کشاورزی ...)

این ارقام حاکی از آنست که هر یک از تجهیزات دوار صنعتی به تنهایی یک مصرف کننده عمده انرژی الکتریکی به شمار می آیند. ضمن آنکه باید به خاطر داشت این آمار شامل تجهیزات دوار بخش های خانگی، کشاورزی، تجاری و عمومی

قوانین حاکم بر فن که موسوم به قوانین افینیتی (Affinity Laws) است نمایانگر تاثیرات پارامترهای مختلف فن بر مصرف انرژی آن می باشد. بخشی از این قوانین در ذیل آمده است.

$$\frac{CMF(new)}{CMF(old)} = \frac{RPM(new)}{RPM(old)}$$

$$\frac{SP(new)}{SP(old)} = \left(\frac{RPM(new)}{RPM(old)} \right)^2$$

$$\frac{BHP(new)}{BHP(old)} = \left(\frac{RPM(new)}{RPM(old)} \right)^3$$

که در روابط فوق:

RPM : تعداد دور فن در دقیقه

CFM : میزان هوادهی فن

SP : فشار استاتیکی

BHP: توان الکتریکی لازم جهت چرخش فن

با توجه به این روابط میزان هوادهی فن رابطه مستقیمی با دور فن داشته ، فشار استاتیکی با توان دوم تغییرات دور و همچنین توان الکتریکی فن با توان سوم تغییرات دور در ارتباط است. به خوبی نمایان است با کاهش دور به جای بستن دمپر ورودی می توان مصرف برق را به میزان قابل توجهی کاهش داد. در زیر نمودار عملکرد فن آمده است که از روی آن بهترین انتخاب برای توان موتور در شرایط کار مورد نیاز قابل محاسبه است.

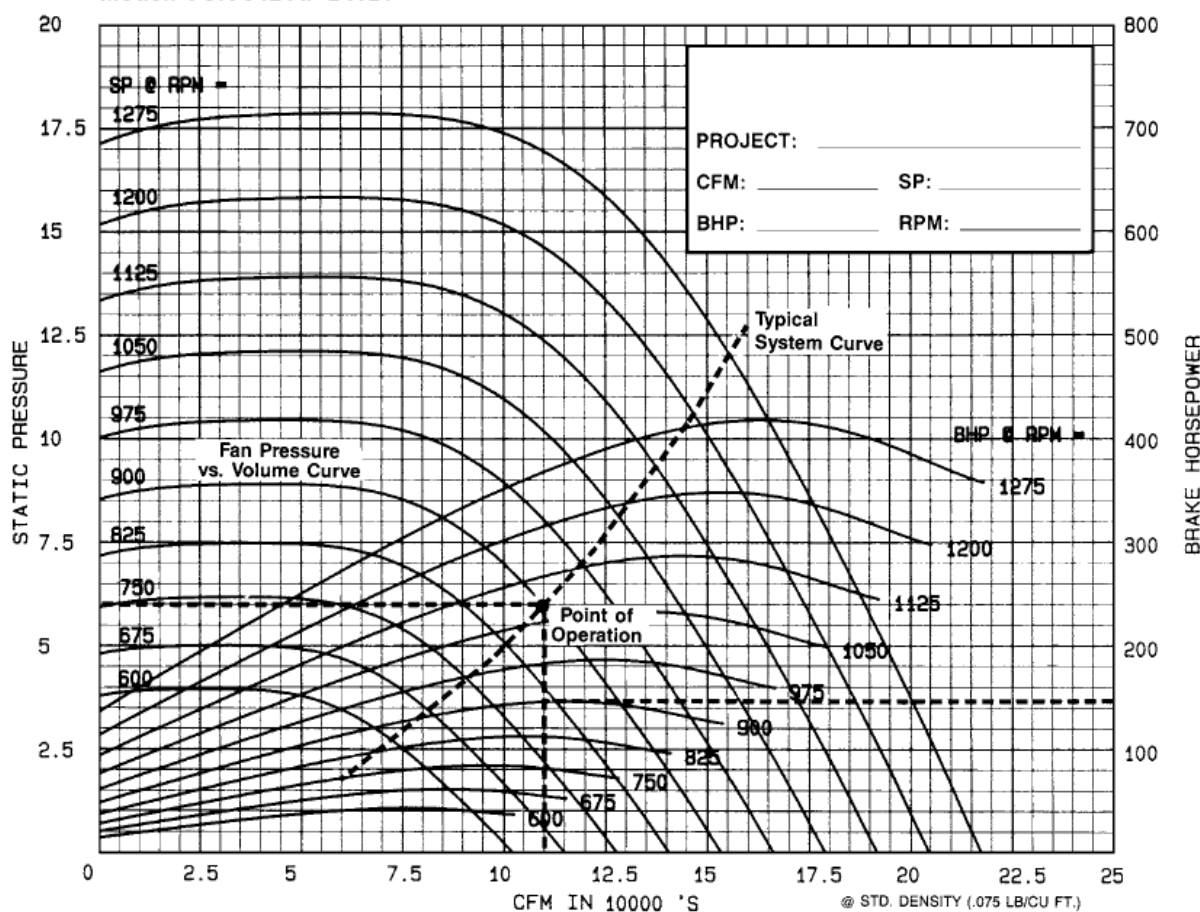
بیش از ۲۰ درصد کل برق تولیدی جهان را مصرف می کنند.

نکته قابل توجه در خصوص مصرف انرژی این تجهیزات، میزان پتانسیل کاهش مصرف در آنها یا به عبارت دیگر مقدار انرژی واقعی مورد نیاز فرایند آنها در مقایسه انرژی مصرفی آنهاست. این موضوع ضمن آنکه از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است، به نوعی بستگی به نحوه نگرش و عمق نگاه ما به مسئله انرژی مورد نیاز فرایند برای انجام وظیفه محوله دارد و لذا در ادامه خواهیم دید که تخمین های ارائه شده در مورد پتانسیل کاهش در رنج وسیعی متفاوت است.

نزدیک به ۴۰ درصد از انرژی مصرفی صنایع در پمپها و فنها مصرف می شود. در فنها و پمپها عموماً موتورها از نوع قفسه سنجایی اند که در سرعت ثابت کار می کنند و برای تغییر در میزان جریان سیال یا هوا از درپچهها و شیرها استفاده می شود. بنابراین آن قسمت از انرژی که صرف راندن سیال یا هوا نمی شود به هدر می رود. معمولاً اغلب پمپها و فنها بیش از توان مورد نیاز در نظر گرفته می شوند. دلیل این امر این است که هنگام طراحی سیستمها معمولاً نزدیکترین گروه استاندارد که توان مورد نیاز بیشتر است انتخاب می شود. بنابراین بخش قابل توجهی از انرژی مصرفی عملاً مورد نیاز نیست و هزینه کارکرد سیستم را تا ۵۰٪ افزایش می دهد. صرفه جوئی در هزینهها فقط به کاهش مصرف انرژی محدود نمی شود بلکه هزینههای جانبی دیگری که در نتیجه عملکرد نامطلوب سیستم بوجود می آید نیز حذف می شود.

قوانین حاکم بر فن ها :

Model: VCR 542 AF DWDI



نمودار شماره ۲: انتخاب برای توان موتور در شرایط کار مورد نیاز

همانگونه که در جدول شماره یک آمده است مجموع توان نامی موتورها برابر ۷۲۱ کیلووات می باشد که با توجه به درصد باز بودن دریچه ها و جریان مصرفی هر موتور حدودا ۷۰ درصد توان نامی در ظرفیت کامل کوره مصرف می گردید یعنی توانی در حدود ۵۰۳ کیلووات. با توجه به شرایط کار کوره و گریت میانگین درصد باز بودن دریچه ها حدودا "چهل درصد بود بنا براین با اندازه گیری جریان مصرفی هر موتور و محاسبه توانها و گشتاور مصرفی در ۴۰ و ۱۰۰ درصد باز بودن دریچه نتایج به صورت جدول های شماره ۲ و ۳ بدست آمد.

انتخاب فنها جهت کاهش و محاسبه کاهش مصرف مورد انتظار آنها در سیمان ایلام

در سیمان ایلام طی بررسیهای انجام شده بر روی خط یک تولید، موتورهای بالقوه جهت حذف دریچه و نصب کنترل دور شناسایی گردید که با توجه به شرایط موجود و ارائه نتایج محاسبات کاهش مصرف تصمیم بر آن شد که بر روی موتورهای خنک کن گریت کولر عملیات نصب کنترل دور انجام گیرد. که در این مقاله نتایج محاسباتی و همچنین عملی این طرح ارائه گردیده است.

| کد موتور | توان نامی موتور | دور موتور | درصد دريچه | توان مصرفی | درصد بار |
|----------|-----------------|-----------|------------|------------|----------|
| M07-21 | 90 | 2970 | 44 | 59.2 | 66 |
| M07-22 | 132 | 1486 | 55 | 97.7 | 74 |
| M07-23 | 132 | 1486 | 24 | 79.8 | 60 |
| M07-24 | 110 | 1486 | 58 | 77.5 | 70 |
| M07-25 | 110 | 1486 | 45 | 83.6 | 76 |
| M07-26 | 37 | 1470 | 57 | 27.6 | 75 |
| M07-27 | 55 | 1475 | 39 | 41.7 | 76 |
| M07-28 | 55 | 1475 | 20 | 36.2 | 66 |
| جمع کل | 721 | | | 503.3 | 70 |

جدول شماره ۱ مشخصات الکتریکی و شرایط کار موتورهای مربوط به فنهای خنک کن گریت کولر

| 40 درصد دريچه باز | | | |
|-------------------|------|-------|-----|
| current | Pin1 | Pout1 | Tm1 |
| 105 | 62 | 59 | 191 |
| 165 | 98 | 94 | 604 |
| 136 | 81 | 77 | 497 |
| 128 | 76 | 73 | 468 |
| 131 | 77 | 74 | 476 |
| 50 | 29 | 28 | 182 |
| 71 | 42 | 40 | 261 |
| 65 | 39 | 37 | 240 |
| جمع کل | 503 | 483 | |

جدول شماره ۳

| 100 درصد دريچه باز | | | |
|--------------------|------|-------|-----|
| current | Pin2 | Pout2 | Tm2 |
| 117 | 69 | 66 | 214 |
| 210 | 124 | 119 | 767 |
| 210 | 124 | 119 | 767 |
| 169 | 100 | 96 | 617 |
| 170 | 101 | 97 | 621 |
| 61 | 36 | 35 | 224 |
| 73 | 43 | 41 | 268 |
| 73 | 43 | 41 | 268 |
| جمع کل | 641 | 615 | |

جدول شماره ۲

با توجه به نتایج به دست آمده و محاسبه دور مورد نیاز در صورت حذف دريچه میزان توان مصرفی و صرفه جویی محاسبه گردید که حدوداً ۳۰ درصد کاهش مصرف انرژی را تایید می کرد. که این نتایج نیز در جدول شماره ۴ آمده است.

| کد موتور | توان موتور | دور موتور | دور مورد نیاز | درصد صرفه جویی | صرفه جویی kwh |
|---------------|------------|-----------|---------------|----------------|---------------|
| M07-21 | 90 | 2970 | 2809 | 15.4 | 9 |
| M07-22 | 132 | 1486 | 1319 | 30.1 | 28 |
| M07-23 | 132 | 1486 | 1196 | 47.8 | 37 |
| M07-24 | 110 | 1486 | 1295 | 33.9 | 25 |
| M07-25 | 110 | 1486 | 1302 | 32.7 | 24 |
| M07-26 | 37 | 1475 | 1329 | 26.9 | 8 |
| M07-27 | 55 | 1475 | 1453 | 4.3 | 2 |
| M07-28 | 55 | 1475 | 1395 | 15.5 | 6 |
| جمع کل | 721 | | | 29.3 | 138 |

جدول شماره ۴

نهایتاً" با تایید کمیته بررسی، درایوها با توان مورد نیاز خریداری، نصب و راه اندازی گردید. که مجدداً با محاسبه توان مصرفی واقعی آنها حدوداً " ۳۵ درصد کاهش مصرف انرژی مشاهده گردید.

نتیجه گیری

امروزه با توجه به اهمیت مصرف انرژی الکتریکی و حفظ انرژی برای آینده بشر و افزایش روز افزون قیمت انرژی الکتریکی بهینه سازی آن از درجه اهمیت بالایی در صنایع در جهت کاهش قیمت تمام شده محصول دارد. یکی از راهکارهای مفید و زود بازده تبدیل دمپر فن ها به درایو بوده که در این مقاله به بررسی یک نمونه واقعی پرداخته شد.

مورد ارائه شده به خوبی نشان می دهد که حذف درپچه ورودی و استفاده از کنترل دور می تواند شرایط کار فن را به شرایط فرآیند نزدیکتر کرده و در آن صورت در مصرف انرژی فن کاهش قابل ملاحظه ای مشاهده خواهد شد. همچنین مقایسه نتایج محاسبات و شرایط واقعی دقت محاسبات را تا حدود زیادی تایید می کند.

در نهایت خاطر نشان می گردد با توجه به این کاهش و همچنین قیمت درایوها در سال ۹۶ چنین اقدامی برای هر شرکتی بازگشت سرمایه ای یک تا دو ساله (با توجه به مارک درایو انتخابی) خواهد داشت.

منابع :

1401 North Plano Road, Richardson, USA Jan 2005ED 16009, Texas 75081(1

(2) سازمان بهره وری انرژی ایران-راهکارهای بهینه سازی مصرف انرژی

(3) مستندات فنی و اطلاعات شرکت سیمان ایلام

(4) سایتهای اینترنتی مرتبط داخلی و خارجی