

تأثیر بهینه سازی مصرف انرژی بر کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای توسط شرکت سیمان هگمتان



نویسنده: مهندس جواد سلطانی – رئیس انرژی و نماینده مدیریت در ISO5001

موبایل: 09183081638

آدرس ایمیل: j.soltani58@gmail.com jsoltani@hegmatancement.com

چکیده:

صنعت سیمان از عمده‌ترین مصرف‌کنندگان انرژی در کشور محسوب می‌شود. با توجه به اینکه گسترش ظرفیت تولیدی در این بخش از صنعت از ضروریات است، لذا مصرف انرژی الکتریکی و فسیلی جهت تولید این فرآورده افزایش خواهد یافت که در نتیجه باید شاهد افزایش چشمگیر انتشار گازهای گلخانه‌ای باشیم بطوری که گفته می‌شود در صنعت سیمان تقریباً به ازاء تولید 1 تن سیمان حدوداً 800 تا 900 کیلوگرم دی‌اکسید کربن انتشار می‌یابد و همچنین تهیه انرژی الکتریکی مورد نیاز این صنعت نیاز به توسعه سیستم‌های نیروگاهی دارد و توسعه سیستم نیروگاهی هم امری است زمان‌بر به همراه مزایا و معایب خاص خود، در این راستا با افزایش ظرفیت و نیز تعداد نیروگاهها با افزایش مصرف سوخت‌های فسیلی جهت تولید برق روبرو می‌شویم که خود این موضوع نیز باعث افزایش مقدار انتشار گاز CO₂ می‌شود. لذا بهینه‌سازی الگوی مصرف انرژی بطور کلی و مدیریت بار بطور ویژه مهم‌ترین و اصولی‌ترین راهکار می‌باشد تا از این طریق بتوان در تحقق توسعه اقتصادی و اجتماعی کشور همچنین کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای گامهای مؤثری برداشت. در این راستا سعی بر آن داریم تا اقداماتی که می‌توان در خصوص بهینه‌سازی مصرف انجام داد تا در نهایت منجر به کاهش مصرف انرژی‌های فسیلی و الکتریکی در صنایع شود و در نتیجه آن نیز از انتشار بیش از حد گازهای گلخانه‌ای جلوگیری کرد. در ادامه به فعالیت شرکت سیمان هگمتان در نصب فرکانس کانورتر بر روی فنهای گریت واحد 1 و تأثیر آن بر میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای اشاره خواهیم کرد.

کلمات کلیدی: گازهای گلخانه‌ای – بهینه‌سازی الگوی مصرف – نیروگاه

مقدمه

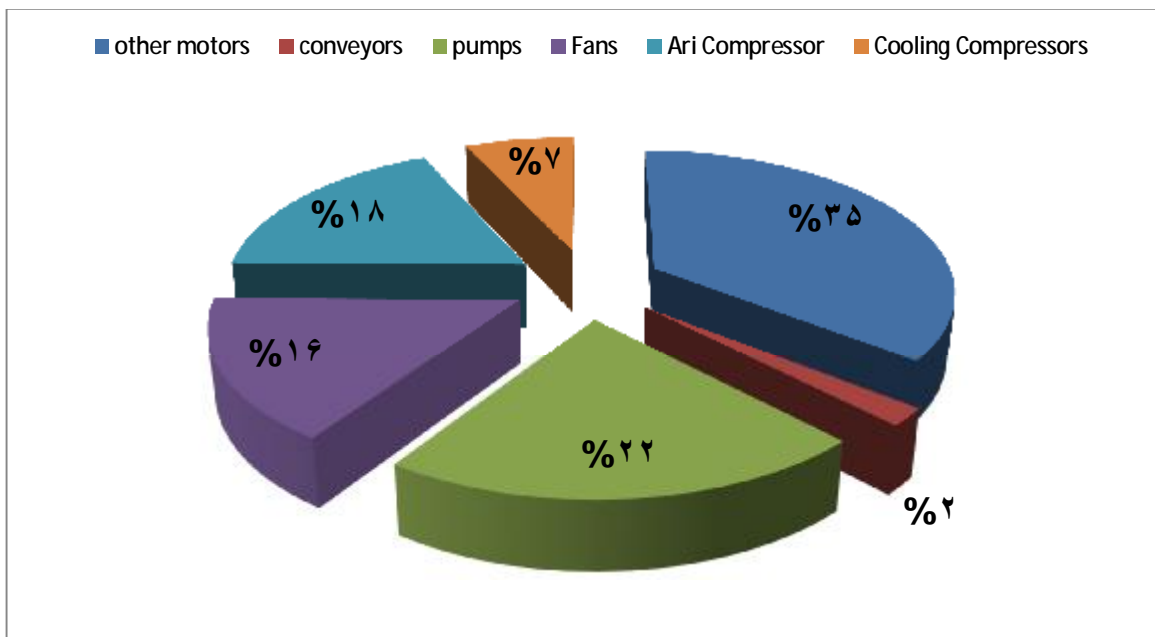
موتورهای الکتریکی کاربرد وسیعی در زمینه صنعت، کسب و کار و خدمات عمومی و لوازم خانگی برقی، تأمین دارند. در کشورهای توسعه یافته صنعتی و کشورهای در حال توسعه یافته صنعتی موتورهای الکتریکی نسبت قابل توجهی از کل مصرف برق محسوب می شوند. آمار در سال 2011 نشان می دهد. موتورهای الکتریکی به طور کلی در هر کشور حدود 2/3 از مصرف برق صنعتی یا حدود 40 درصد از مصرف کل انرژی را بر عهده دارند. براساس تخمین های زده شده در سال 2011، صرفه جویی ناشی از استراتژیهای صرفه جویی انرژی حدود 20 تا 25 درصد است. اخیراً، نگرانی زیادی در زمینه مصرف انرژی و تأثیرات سوء آن بروی محیط زیست پدیدار شده است که از آن جمله می توان به افزایش دمای کره زمین در اثر پدیده گلخانه ای و نیز تغییر در اقلیم آب و هوایی مناطق مختلف کره زمین نام برد که آن هم اثرات مخرب زیادی از جمله خشکسالی، انقراض برخی از گونه های گیاهان و جانوران و ... را دارد. در کشورهای در حال توسعه هدف، استفاده صحیح از انرژی با هدف کاهش انرژی مصرفی و استفاده بهینه از منابع تولید باتوجه به محدودیتهای اقتصادی و زیست محیطی می باشد. در میان بخش های مختلف بخش صنعت سهم قابل توجهی در انتشار گازهای گلخانه ای دارند. بنابراین با صرفه جویی و بهینه سازی انرژی در صنایع می توان انتشار گازهای گلخانه ای و اثرات سوء آن بر مسائل زیست محیطی را کاهش می دهد از طرف دیگر بهبود و بالا بردن راندمان انرژی با کاهش انتشار گازهای گلخانه ای حاصل می شود. یکی از راههای دستیابی به راندمان و بهره وری بیشتر از انرژی نهایی در صنعت، مشخص کردن میزان انرژی مصرفی و تلفات انرژی انواع تجهیزات و دستگاههای می باشد که به مشخصات و شرایط کاری آنها بستگی دارند. بهره وری و بهینه سازی و اجرای برنامه استفاده از انرژی در صنعت در بسیاری از کشورها مورد بررسی قرار گرفته است. (8-9). در اسلونی، 52 درصد از انرژی کل در بخش صنعت مصرف می شود (6) در ترکیه حدود 35 درصد کل انرژی در بخش صنعتی استفاده می شود (9). در سال 2008 آقای Meerow BC نشان داد که بهبود در راندمان بازده ماشین های الکتریکی می تواند تأثیر بسیار زیادی در مصرف انرژی داشته باشد (7).

جدول 1 انرژی مصرفی موتورها در کشورهای مختلف در سال 2009 را نشان می دهند که بخش عظیمی از انرژی کل را شامل می شوند (8).

کشور	انرژی مصرفی موتورها بر حسب درصد
آمریکا	75
انگلیس	50
امارات	65
اردن	31
مالزی	48
کانادا	80
هند	70
چین	60
برزیل	49
آفریقای جنوبی	60
ایران	47

جدول 1: مصرف انرژی موتورها در کشورهای مختلف در سال 2009

در بسیاری از کشورهای صنعتی تا بیشتر از 70 درصد کل انرژی تولید شده توسط موتورهای برقی استفاده می شود .
 شکل 1 درصد تفکیکی استفاده از موتور در صنعت را نشان می دهد.



شکل 1: سهم استفاده از انرژی در صنایع بر اساس نوع موتور

بنابراین هزینه مصرف انرژی برای کارکردن موتورها به یک نگرانی واقعی برای صنایع تبدیل شده است . در سال 2008 آقای Kaya نشان داد انرژی مصرف شده موتورهای الکتریکی در ماشین آلات حدود 65 درصد مصرف انرژی کل در ترکیه می باشد که انتخاب موتورهای با بازده بالا در ماشین آلات صنعتی و کارخانجات برای کاهش انرژی مصرفی را پیشنهاد داد (5) .

برای صرفه جویی انرژی درموتورها استراتژیهای مختلفی وجود دارند در این مقاله هدف صرفه جویی انرژی در موتورها و کاهش تلفات بوسیله استراتژیهای متفاوت صرفه جویی انرژی بررسی می گردد .

1- تلفات موتور

بازده یک موتور بوسیله تلفات ذاتی که می تواند با تغییرات طراحی موتور کاهش یابد، تعیین می شود . تلفات ذاتی به دو تلفات ثابت و متغیر تبدیل می شود.

1-1 تلفات ثابت

تلفات ثابت و مستقل بار موتور، از تلفات هسته مغناطیسی و اصطکاک و بادخوری تشکیل می شود. تلفات هسته مغناطیسی (تلفات آهن) شامل تلفات جریان گردابی و تلفات هیستریزس در استاتور می باشد.

2-1 تلفات متغیر

تلفات متغیر وابسته به بار، شامل تلفات مقاومت دراستاتور و رتور و تلفات متفرقه موجود دیگر می باشد. تلفات پراکندگی از انواع مختلف منابع بوجود می آیند و اندازه گیری مشخص و محاسبه آنها مشکل است اما به طور کلی با مربع جریان رتور متناسب است. تلفات در موتور در نتیجه افت حرارت می تواند موجب کاهش قابل توجهی از بارهای سرمایشی بر سیستم تأسیسات صنعتی تهویه شود. تلفات انرژی موتور را می توان به 5 دسته تقسیم کرد که هر کدام تحت تأثیر طراحی و ساخت می باشد. در صورتیکه راندمان موتور از 92 درصد به 94 درصد برسد کاهش 25 درصد در تلفات وجود خواهد داشت. (4)

3-1 تلفات هسته

تلفات هسته، انرژی مورد نیاز برای مغناطیس شونده مواد هسته (هیستریزیس) را نشان می دهد و شامل تلفات ناشی از جریان گردابی در هسته است. این تلفات مستقل از بار و 20 تا 25 درصد از کل تلفات می باشند. تلفات هیستریزیس یک تابع از چگالی شار و تلفات گردابی بوسیله جریان در حال چرخش در هسته تولید می شود.

4-1 اصطحکاک و بادخوری

تلفات اصطحکاک و بادخوری ناشی از اصطحکاک و مقاومت هوا می باشد. هر دو تلفات اصطحکاک و هسته از بار مستقل هستند. تلفات اصطحکاک و بادخوری در نتیجه اصطحکاک و گردش هوا از طریق موتور و 8 تا 12 درصد تلفات کل می باشند.

5-1 تلفات استاتور

تلفات استاتور بخاطر گرما بر اثر عبور جریان I از طریق مقاومت R در سیم پیچ استاتور بوجود می آید. این تلفات، تلفات اصلی ماشین محسوب می شوند و حدود 55 تا 60 درصد تلفات کل می باشند.

6-1 تلفات رتور

تلفات رتور بخاطر گرما در سیم پیچ رتور بوجود می آید. تلفات رتور با افزایش اندازه میله های هادی کاهش می یابد. نوع دیگری از تلفات توان، تلفات لغزش نامیده می شود که تا حد زیادی اما نه بطور کامل وابسته به درجه لغزش موتور می باشد. لغزش تفاوت بین سرعت چرخش میدان مغناطیس و رتور می باشد.

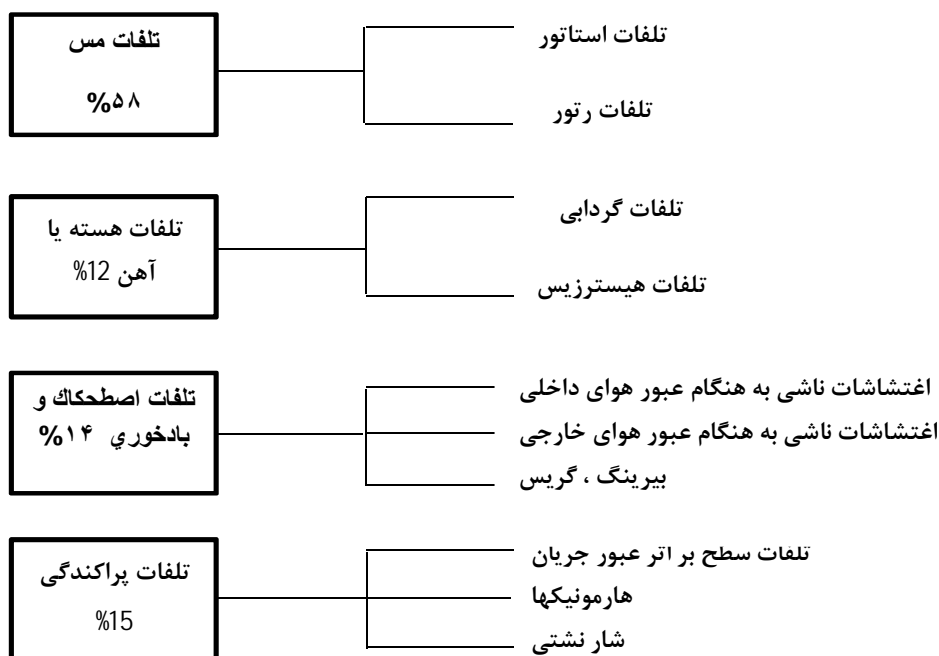
7-1 تلفات سرگردان بار (پراکندگی)

تلفات بار پراکنده نتیجه شار نشستگی (I) از طریق مقاومت (R) از سیم پیچ استاتور است و زمانی وجود خواهد داشت که موتور در حالت بار کامل کار نکند. این تلفات باتوجه به مرجع جریان بار متغیر است و حدود 4 تا 5 درصد تلفات کل را

شامل می شود. در سال 2009 آقای Vanwyk (جدول 2) توزیع تلفات در توانهای مختلف موتورها را نشان داده شده است [11]. همچنین درصد تلفات مختلف در موتور در شکل 2 نشان داده شده است [3]

نوع تلفات	موتور 25 hp	موتور 50hp	موتور 100hp
استاتور	42	38	28
روتور	21	22	18
تلفات هسته	15	20	13
اصطحکاک و بادخوری	7	8	14
تلفات پراکنده	15	12	27

جدول 2: تلفات در توانهای متفاوت موتور



شکل 2: سهم تلفات مختلف موتور

تنها راه برای بهبود کارایی و بازده موتور، کاهش تلفات موتور است. از آنجایی که تلفات موتور گرما تولید می کند، کاهش تلفات نه تنها موجب صرفه جویی انرژی به طور مستقیم، بلکه می تواند به کاهش بار خنک کننده در تأسیسات سیستم تهویه هوا نیز کمک کند. که این موضوع به نوبه خود قابل می تواند در یک مقاله دیگر مورد بررسی قرار گیرد.

2- بازدهی و ضریب توان

بطور کلی بازده و ضریب توان موتور با بالا رفتن توان خروجی افزایش می یابد. همچنین با کاهش سرعت نامی موتور، از ضریب توان کاسته می شود. بدین ترتیب موتورهای القایی با توان بالا از بازدهی بیشتری برخوردار هستند. بار مشخصی را به طور **A** و **B** چنانچه دو موتور مشابه جداگانه و بازدهی متفاوت تغذیه کنند رابطه زیر را می توان برای محاسبه صرفه جویی اقتصادی قابل حصول در اثر استفاده از موتور با بازدهی بیشتر بکار برد [10].

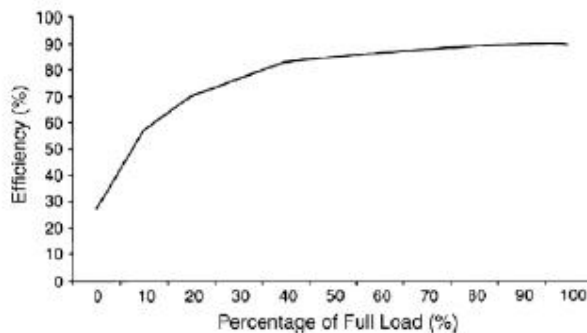
$$S=PCNL[(100/nB)-(100/nA)] \quad (1)$$

که در این فرمول **C** هزینه انرژی به ریال بر کیلووات ساعت ، **N** زمان کار به ساعت در سال ، **nA** بازدهی موتور **A** به درصد و **nB** بازدهی موتور **B** به درصد ، **L** ضریب بار و **P** توان نامی موتور **B** برحسب کیلووات است . **nA** و **nB** مقادیر بازدهی در بار ثابت مورد نظر می باشند. برای انتخاب اقتصادی نهایی باید صرفه جویی محاسبه شده با تلفات قیمت اولیه دو موتور نیز مقایسه شوند. البته باید در نظر داشت که بازدهی و ضریب توان باز خود تابعی از میزان بازدهی موتور است.

3- راههای بهبود راندمان انرژی

3-1 انتخاب یک موتور در ضرایب مناسب بار

انتخاب یک موتور الکتریکی با توان مناسب برای کارکرد موثر بسیار مفید است. در سال 2009 آقای Edson نشان داد که 44 درصد از موتورها در صنایع در 40 درصد یا کمتر از ظرفیت بار کامل کار می کنند [9 و 10]. در این صورت موتور بصورت موثر و با راندمان خوب کار می کند. در صورتیکه موتور در کمتر از 50 درصد بار زمانی کار کند ضریب توان و راندمان به شدت کاهش می یابند. بنابراین در انتخاب موتورها تطابق بین توان موتورها با بار بسیار حائز اهمیت است. شکل 3 منحنی تغییرات بازده و راندمان را براساس بار نشان می دهد [9]. با توجه به شکل ناحیه کارکرد مطلوب بین 60 تا 90 درصد از بار کامل برای موتورها می باشد.



شکل 3: منحنی تغییرات بازده و راندمان براساس بار

بطور کلی موتورهایی که زیر بار نامی (زیر 60 درصد) یا بالاتر از بار نامی کار می کنند، احتمال خرابی بیشتری دارند و عمر آنها کمتر خواهد شد. به عنوان مثال موتوری که در 35 درصد از بار کار می کند بازده کمتری نسبت به موتوری که کوچکتر اما با همان درصد بار کامل کار می کند، خواهد داشت. بنابراین اصلاح و تصحیح سائز موتور نه تنها برای جلوگیری از افزایش تلفات گرمایی بلکه برای بدست آوردن صرفه جویی انرژی ماکزیمم بسیار مهم است .

2-3 تطابق بار و موتور

همانطور که گفته شد منظور از تطابق بین موتور و بار انطباق بین مشخصه های موتور و بار متصل به محور موتور است. چنانچه برای یک بار مکانیکی به صورت تصادفی یک موتور انتخاب شود حالت های زیر ممکن است پیش آید.

1- مشخصه بار کمی بزرگتر از مشخصه های موتور باشد. در این حالت موتور می تواند بار را حداقل برای مدتی به حرکت آورد. اشکال اصلی این انتخاب آن است که موتور علی رغم توانایی چرخاندن بار، در حالت اضافه بار کار کرده و لذا نمی تواند در شرایط مطلوب کار کند و عمر مفید آن کاهش می یابد.

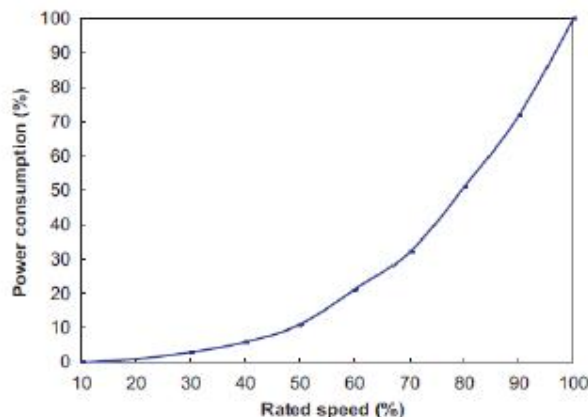
2- مشخصه موتور بسیار بزرگتر از مشخصه بار باشد. در این حالت بدیهی است که موتور قابلیت تأمین توان مورد نیاز بار را دارد اما موتور در حالت بار کامل استفاده نمی شود و ضریب توان کاهش می یابد. همچنین میزان سرمایه گذاری اولیه برای خرید موتور نیز افزایش می یابد.

3- مشخصه موتور کمی بزرگتر از مشخصه بار باشد. این متداول ترین حالتی است که ممکن است در عمل پیش می آید. در این حالت تطابق بین بار و موتور وجود دارد و از نظر اقتصادی مقرون به صرفه می باشد. بنابراین تطابق بین بار و موتور در اکثر موارد اتفاق نمی افتد و انرژی زیادی از بین می رود. به همین جهت استراتژیهای مختلفی برای بهینه سازی مصرف انرژی وجود دارد که می توان به موتورها با بازده بالا، درایوهای دور متغیر و استفاده از بانک خازنی اشاره کرد. در این مقاله از درایوهای دور متغیر جهت بهینه سازی مصرف انرژی در الکتروموتورها استفاده می شود.

3-3 صرفه جویی انرژی موتور با بکارگیری درایوهای سرعت متغیر

اغلب موتورهای الکتریکی برای شرایط حداکثر بار طراحی می شوند اما اغلب در بار کامل کار نمی کنند در نتیجه راندمان و ضریب توان کاهش می یابند. برای رفع مشکل فوق، یکی از مناسبترین روشها، استفاده از درایوهای دور متغیر می باشد. در شکل 4 رابطه بین مصرف انرژی و سرعت نامی آورده شده است. درایوهای دور متغیر کنترل پیوسته، اندازه سرعت را برای انواع بارها معین می کنند. درایوهای فرکانس متغیر گزینه بسیار مناسب برای کنترل سرعت هستند، زیرا درایوها در حین بهره برداری از موتور متناسب با بارشان می توانند سرعتشان را تغییر دهند. در نتیجه هزینه های مربوط به انرژی کاهش می یابند و کاهش چشم گیری در تعمیر و نگهداری، گرما، تهویه و خنک کاری موتور بوجود می آید. در سال 2008 آقای

Teitel نشان داد که به کمک درایوهای دور متغیر بالاتر از 50 درصد انرژی ذخیره می شود و ضریب توان به خوبی تصحیح می شود و ضریب توان 92/ تا 95/ افزایش خواهد یافت. در صورت استفاده از درایوهای دور متغیر می توان از مکانیزم هایی مانند دمپره های خروجی و ولوهای کنترلی را حذف کرد که هزینه بسیار بالایی صرفه جویی می شود.



شکل 4: رابطه بین کاهش توان مصرفی و سرعت نامی موتور

4 - مطالعه موردی، بهینه سازی مصرف انرژی الکتروموتورها در سیمان هگمتان واحد 1 به کمک درایوهای دور متغیر

در طرح FC (نصب فرکانس کانورتر) انجام شده در فن های گریت واحد 1 که در یکی از کارخانه سیمان هگمتان انجام گرفت اشاره می کنیم تا اهمیت موضوع و صرفه جویی حاصله بیشتر ملموس گردد. نصب 8 عدد فرکانس کانورتر بر روی فن های گریت کولر خط 1 که باعث کاهش حدود 3 kw/ton انرژی دپارتمان شده است.

در این خصوص می توان به مصارف ترانس مربوط به فن های گریت در قبل و بعد از نصب FC اشاره نمود:

مصارف ماهیانه ترانس 6 (Lvs4) قبل از نصب FC : 711000

مصارف ماهیانه ترانس 6 (Lvs4) بعد از نصب FC : 438900

مقدار مصرف صرفه جویی شده : کیلووات $711000 - 438900 = 272100$

با فرض کارکرد این دپارتمان در 10 ماه از سال (با احتساب 2 ماه تعمیرات خط) صرفه جویی سالیانه آن برابر است با:

مقدار صرفه جویی سالیانه کیلووات $2,721,000 = 272100 \times 10$ صرفه جویی ماهیانه

5- تخمین کاهش انتشار گازهای گلخانه ای

صرفه جویی انرژی معادل کاهش تولید در نیروگاهها در نتیجه کاهش 2 Co و گازهای دیگر از سوخت های نیروگاهها قابل پیش بینی می باشد. رابطه زیر کاهش انتشار گازها را نشان می دهد.

$$ER = AES \times EF$$

(2)

که ER کاهش انتشار بر حسب کیلوگرم ، AES صرفه جویی انرژی سالیانه و EF فاکتور انتشار بر حسب کیلوگرم بر کیلووات ساعت می باشد . همانطور که در مورد 4 اشاره شد شرکت سیمان هگمتان در طرح استفاده از فرکانس کانورترها در فنهای کولر واحد 1 2,721,000 کیلووات در سال صرفه جویی داشته است که با محاسبات بر اساس رابطه 2 و نیز بر اساس جدول شماره 3 ، (6) که میزان انتشار سوخته های فسیلی برای تولید برق را نشان می دهد می توان گفت :

$$ER = 2,721,000 \times 0.85 = 2312850 \text{ (مقدار کاهش انتشار گازهای گلخانه ای)}$$

فاکتور انتشار (kg/kwh)				سوخت
CO	NOX	SO2	CO2	
0/0002	0/0052	0/0139	1/18	زغال سنگ
0/0002	0/0025	0/0164	0/85	نفت
0/0005	0/0009	0/0005	0/53	گاز
0	0	0	0	آبی
0	0	0	0	سایر

جدول شماره 3 – میزان انتشار سوخته های فسیلی برای تولید برق در نیروگاهها

نتیجه گیری :

موتورهای صنعتی بخش عمده های از کل انرژیهای صنعتی را استفاده می کنند، در نتیجه استراتژیهای جهت صرفه جویی انرژی در موتور جهت کاهش مصرف انرژی و بهبود مسائل زیست محیطی نیاز می باشد. در این مقاله، استراتژی صرفه جویی انرژی به کمک درایوهای دور متغیر در واحد 1 شرکت سیمان هگمتان بود که با استفاده از درایوهای دور متغیر حدود 2,721,000 کیلووات ساعت در یک بازه یک ساله انرژی صرفه جویی شده و بطور قابل ملاحظه ای از میزان انتشار گازهای گلخانه های کاسته شد . زمان برگشت سرمایه برای استراتژی درایوهای دور متغیر حدود 1 تا 2 سال می باشد. به کمک استراتژیهای صرفه جویی انرژی می توان تولید ژنراتور را کاهش داد، در نتیجه اثرات سوء گازها گلخانه ای بر مسائل زیست محیطی را کاهش داد. کاهش کوچک در سرعت موتورها انرژی زیادی را می تواند ذخیره کند که به کمک درایوهای دور متغیر می توان این کار را انجام داد. با انجام این پروژه هم صرفه جویی ریالی برای کارخانه در پی داشت هم باعث صرفه جویی در تولید برق توسط نیروگاه شده که همین امر باعث کاهش مصرف انرژی های فسیلی جهت تولید برق شده که خود باعث کاهش انتشار گازهای گلخانه ای در سطح استان همدان شده است .

منابع :

- 1 - سلطانی - مروری بر عوامل مؤثر بر کیلووات برتن سیمان اولین کنفرانس بین المللی صنعت سیمان ، انرژی 1391
- 2 - نوشاد و همکاران - مدیریت انرژی 1391
- 3 - Bureau of Energy Efficiency, India, 2009
- 4 - ERC. How to save energy and money in electric system,
- 5 - Kaya, D. Alptekin Yagmur, Energy efficiency in pumps, Energy conversion and management, 2008.
- 6 - Mahila, Emissions from electricity generation in Malaysia, Renewable Energy, 2002.
- 7 - Mecrow BC, Efficiency trends in electric machines and drives, Energy policy 2008.
- 8 - R. Saidur, A review on electrical motors energy use and energy saving, Renewable Energy, 2009.
- 9 - R. Saidur, N.A. Rahim, Energy and emission analysis for industrial motors in Malaysia, Renewable Energy, 2009.
- 10 - Saidur, R. Rahim, End – use energy analysis in the Malaysia industrial sector, Energy, 2008.
- 11 - Van wyk, Testing and efficiency of standard and Energy efficient motor, South Africa, 2009.