



مروری بر عوامل موثر بر kwh/ton سیمان

نویسنده : مهندس سلطانی مسئول انرژی شرکت سیمان هگمتان

مقدمه:

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 و لذا مصرف انرژی الکتریکی و فسیلی افزایش خواهد یافت و تهیه این میزان افزایش نیاز به توسعه سیستم‌های نیروگاهی دارد و توسعه سیستم نیروگاهی هم امری است زمان‌بر به همراه مزایا و معایب خاص خود، 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 گامهای مؤثری برداشت.

همانطوری که می‌دانیم در سالهای اخیر با شروع طرح هدفمندی یارانه‌ها باب جدی در صنعت ایجاد شد و با توجه به افزایش مرحله‌ای بهای حامل‌های انرژی اهمیت بهینه‌سازی مصرف انرژی بیش از پیش نمایان شده است بطوری که دغدغه بسیاری از کارخانجات صنعتی خصوصا کارخانجات پر مصرف نظیر سیمان کاهش قیمت تمام‌شده حامل‌های انرژی است.

صنعت سیمان همواره به عنوان یکی از صنایع پر مصرف انرژی معرفی می‌شود به همین دلیل سیاست دولت بر محدود کردن مصرف انرژی به صورت پله‌ای بر کارخانجات اعمال می‌گردد که جدول ذیل که در سال 1386 با عنوان ((دستورالعمل اجرایی الگوی مصرف برق در صنایع سیمان)) از سوی وزارت نیرو به کارخانجات سیمان ابلاغ گردیده نیز گویای همین مطلب

Email: j.soltani58@gmail.com

می‌باشد.

Tel: 0812-6322318-20 - 2145 داخلی

Mobil: 0918-308-1638

جدول شماره 1

معیار مصرف انرژی الکتریکی (حداکثر مجاز)			نوع فرآیند		
مصرف ویژه انرژی الکتریکی (kwh/ton) در سالهای 89-90	مصرف ویژه انرژی الکتریکی (kwh/ton) در سالهای 87-88	مصرف ویژه انرژی الکتریکی (kwh/ton) در سالهای 85-86	نوع آسیاب مواد	نوع خنک کن	نوع کوره
$E_c \leq 114$	$E_c \leq 118$	$E_c \leq 120$	گلوله ای	گریت	خشک + پری هیتر + پیش تکلیس
$E_c \leq 105$	$E_c \leq 107$	$E_c \leq 113$	غلطکی	گریت	خشک + پری هیتر + پیش تکلیس

با مطالعه جدول شماره 1 که بستگی به نوع پروسه تولیدی دارد می توان به وضوح کاهش معیار مصرف انرژی را طی سالهای مختلف مشاهده نمود حال این پرسش وجود دارد که کارخانه ای که در آن کار می کنیم دارای چه شرایطی است. آیا با معیار مصرف مطابقت داریم یا خیر؟

آیا میتوانیم در سالهای آتی به معیار مصرف بهتری برسیم؟

برای رسیدن به معیار مطلوب چه اقداماتی باید انجام دهیم؟

چه ابزار و تجهیزات مورد نیاز است؟

و در پایان به این نکته پاسخ خواهیم داد که:

آیا میتوان با بررسی مصرف ویژه انرژی الکتریکی در یک کارخانه به وضعیت سازمانی و عملکردی آن پی برد؟ و آیا کنترل و بهبود شاخص انرژی الکتریکی (kwh/ton) کارخانجات را می توان معیار مقایسه سیستم ها با هم قرار داد؟

در دورانی که صنعت سیمان دارای رونقی بیش از این بود و صنایع سیمان بدینگونه توسعه چشمگیری نداشت شاخص اصلی کارخانجات ، میزان تولید کلینکر و سیمان بود و میزان مصرف انرژی با ازای تولید هر تن سیمان در اولویت های بعدی قرار داشت و برای محاسبه انرژی الکتریکی برای تولید یک تن سیمان به فرمول (1) اکتفا می شد .

فرمول شماره (1) :

$$\text{kwh/ton} = \frac{\text{انرژی الکتریکی مصرف شده}}{\text{کل سیمان فروخته شده}}$$

با پیش افتادن عرضه بر تقاضا و افزایش کارخانجات سیمان در چند سال اخیر و همچنین با توجه به اشباع شدن بازار ، افزایش دپوی کلینکر کارخانجات سیمان به مشکلی جدی بدل شد بطوریکه فرمول (1) با بررسی های بعمل آمده اصلاح گردید . که در این فرمول میتوان دید که مقدار موجودی کلینکر نیز در فرمول اصلاح شده لحاظ گردیده است .

فرمول (2) :

$$\text{kwh/ton} = \frac{Ec + \{ (Cp - Cs) - (Cr2 - Cr1) \} \times Pe \times 0.65}{t}$$

Ec: برق مصرفی خریداری شده (kwh)

Cp: میزان کلینکر خریداری شده (تن)

Cs: میزان کلینکر فروخته شده (تن)

Cr1: میزان انباشت کلینکر در ابتدای سال مالی (تن)

Cr2: میزان انباشت کلینکر در پایان سال مالی (تن)

Pe: الگوی مصرف برق کارخانه

t : کل سیمان تولید شده

دلایل تغییر فرمول (1) به فرمول (2) را می توان چنین عنوان کرد :

- سیاست های اقتصادی دولت
 - وضعیت بازار تقاضا
 - برنامه ریزی هلدینگ های سیمان
 - وجود ابتکار و میزان توانایی در بازاریابی و فروش کارخانجات
- البته آنچه در فرمول شماره 2 مسلم است نگاه ویژه دولت در حمایت از تولید کنندگان سیمان است زیرا استفاده از فرمول شماره 1 کارخانجات کشور را مشمول جریمه 20% عدم رعایت الگوی مصرف می سازد .
- هدف این مقاله بررسی مسائل بازاریابی و بازرگانی نیست بلکه توجه ویژه به بحث بهینه سازی مصرف و نیز کاهش هزینه های انرژی است با این توصیف توجه خود را به نقطه بهینه انرژی الکتریکی مصرفی معطوف خواهیم نمود .

- شرایط لازم جهت بهبود مصرف انرژی الکتریکی

عوامل تاثیر گذار در مصرف انرژی الکتریکی را می توان به دو گروه تقسیم بندی نمود:

الف) عوامل اولیه (ب) عوامل ثانویه

الف (عوامل اولیه :

1 - انتخاب ماشین آلات و تجهیزات مناسب با راندمان بالا:

بطور کلی برای خرید و یا ساخت ماشین آلات مورد نیاز برای احداث یک کارخانه باید فاکتور مصرف انرژی را به عنوان یک عامل مهم در نظر گرفت . داشتن دانش و اطلاعات روز دنیا برای کارفرما و مشاور و همچنین آشنایی با آخرین تکنولوژی در صفره جویی انرژی ماشین آلات از اهمیت به سزایی برخوردار است .

بدیهی است که بیش از 90 درصد انرژی الکتریکی مصرفی در کارخانجات سیمان توسط الکتروموتورها مصرف می شود بنابراین برای انتخاب و خرید این الکتروموتورها نیاز به نگرشی دقیق و موشکافانه است که این موضوع در سال های اخیر دارای اهمیتی به مراتب بیشتر از سالهای قبل است . در سالهای اخیر سازندگان معتبر الکتروموتور محصولات خود را در کلاسهای مختلف راندمان با امکانات اضافی ارائه می کنند که در مصرف انرژی بسیار تعیین کننده می باشد. اگر در یک انتخاب الکتروموتور در یک کارخانه 3000 تنی که دارای حدودا 500 دستگاه الکتروموتور در قدرت های مختلف می باشد الکتروموتورهای با راندمان بالا (High Efficiency) انتخاب شود بستر مناسبی در مصرف بهینه انرژی الکتریکی در هنگام بهره برداری فراهم شده است زیرا با این انتخاب تقریباً 10 درصد راندمان افزایش یافته و اتلاف انرژی به حداقل ممکن رسیده است .

به عنوان مثال به موارد زیر می توان اشاره نمود :

- نصب و استفاده از سیستم های کنترل سرعت (FC) در الکتروموتورهای دور متغیر بزرگ مانند EP FAN فن های گریت و یا حتی در RAW MILL FAN و ... بجای کنترل با دمپر فن . بطور مثال به طرح FC انجام شده در فن های گریت که در یکی از کارخانجات سیمان انجام گرفته است 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 I 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 قبل از نصب FC : 711000

مصارف ماهیانه ترانس بعد از نصب FC : 438900

$$711000 - 438900 = 272100$$

مقدار مصرف صرفه جویی شده :

با فرض هزینه برق مصرفی بطور متوسط 400 ریال داریم :

$$272100 \times 400 \text{ ریال} = 108.840.000 \text{ ریال} \quad \text{صرفه جویی ماهیانه}$$

با فرض کارکرد این دپارتمان در 10 ماه از سال (با احتساب 2 ماه تعمیرات خط) صرفه جویی ریالی آن

برابر است با :

$$1.088.400.000 \text{ ریال} = 10 \times \text{صرفه جویی ماهیانه}$$

- نصب سافت استارتر بجای استارترهای الکترولیتی و یا روغنی در الکتروموتورهای فشارقوی .

- انتخاب الواتور بجای بلوئرهای پرمصرف برای لیفتینگ مواد .

بطور مثال میتوان طرح تئوری این پروژه را بصورت زیر عنوان کرد :

طرح جایگزینی بلوئر ها آسیاب مواد با الواتور

الف) مصرف واقعی ایرلیفتهای موجود

با فرض کارکرد 2 دستگاه بلور جهت انتقال مواد خام به بالای سیلوهای مواد خام توان مصرفی برابر خواهد بود با :

$$\approx 331 \text{ KW}$$

همچنین اگر 2 دستگاه بگ فیلتر در بالای سیلوهای مواد خام باشند در این صورت مصرف انرژی 2 دستگاه به قرار زیر است :

$$112 \text{ kw}$$

$$331 + 112 = 443 \text{ KW}$$

مجموع توان مصرفی بلوئر ها و بگ فیلترها برابر است با :

$$443 \times 24 = 10632 \text{ KWh}$$

برق مصرفی برحسب kwh در شبانه روز

با احتساب قیمت متوسط برق مصرفی 400 ریال برای هر کیلو وات ساعت قیمت برق مصرفی در هر روز برابر است با :

$$10632 \times 400 = 4,252,800 \text{ ریال}$$

$$96 \text{ kw}$$

حال کل توان نصب شده (الواتور + بگ فیلتر) برابر است با :

برق مصرفی الواتور در شبانه روز برابر است با : $96 \times 24 = 2304 \text{ kwh}$

با در نظر گرفتن قیمت هر کیلو وات ساعت معادل 400 ریال خواهیم داشت :

قیمت برق مصرفی الواتور در هر شبانه روز $2304 \times 400 = 921,600$ ریال

ذخیره پول حاصل از جایگزینی الواتور با ایرلیفت در هر روز

$$4252800 - 921600 = 3,331,200$$

هزینه برق الواتور در هر شبانه روز - هزینه برق ایرلیفت در هر شبانه روز

ذخیره حاصل در هر سال $3331200 \times 300 = 999,360,000$ (ریال)

توجه خاص به مصرف انرژی الکتریکی در طراحی اولیه یک کارخانه در نهایت منجر به کاهش kwh/ton مصرفی در ازای کار برابر خواهد شد . البته قیمت تمام شده این تجهیزات گرانتر خواهد بود ولی در طی مدت مشخص بازگشت سرمایه کاملاً قابل محاسبه و محسوس خواهد بود .

2 - نصب صحیح تجهیزات در مراحل مختلف پروژه :

اجرا و نصب صحیح تجهیزات در مراحل مختلف پروژه مکمل طراحی مناسب و انتخاب تجهیزات الکتریکی با راندمان بالا خواهد بود . بکارگیری پیمانکاران مجرب و حرفه ای در نصب و راه اندازی و همچنین وجود گروه نظارت مستقل و آگاه سبب نصب صحیح و دقیق تجهیزات براساس مدارک و محاسبات سازنده تجهیزات خواهد شد و استفاده از مزایای طراحی را کاملاً میسر خواهد نمود . چه بسا در برخی از کارخانجات نصب نادرست بعضی از تجهیزات و یا حتی دپارتمانها در طول مدت بهره برداری مسئله بفرنجی شود که تقریباً حل ناشدنی بحساب آید و یا حل این معضلات به صرف هزینه های گزاف بیانجامد .

(ب) عوامل ثانویه :

حال باید دید چه شرایط اولیه بهینه رعایت شده باشد یا نه ، در کارخانه ای که در حال بهره برداری است چه عواملی در کاهش kwh در ازای تولید یک تن سیمان موثر خواهد بود . برای درک بهتر موضوع به معرفی تعریف کلیدی زمان انتظار می پردازیم .

زمان انتظار :

زمان انتظار مدت زمانی است که یک دپارتمان مانند کوره ، آسیاب سیمان و ... و یا ترکیبی از دو دپارتمان برای تولید محصول خود ، تمامی تجهیزات یا قسمتی از تجهیزات خود را در حال استارت دارد بدون آنکه محصولی تولید کند.

برای مثال در یک کارخانه به علت وجود مشکل در سیستم هیدرولیک گریت کولر ، کوره متوقف می شود در این حالت کلینکر تولیدی صفر است ولی کلیه فن های خنک کن گریت کولر ، فن اگزاست ، فن اگزاست الکتروفیلتر ، آیدی فن ، و همچنین تعدادی از الکتروموتورهای تغذیه کوره و ... استارت می باشند . این درست است که هر کدام از تجهیزات مذکور در توان نامی خود کار نمی کنند ولی در هر صورت با در صدی از توان خود در حال مصرف توان از شبکه برق کارخانه می باشند ولی کماکان محصول خروجی صفر است . با جمع این مصارف در روز و به طبع آن ماه و سال میتوان به مقدار چشمگیر این مصارف پی برد . مثال های متعددی در این زمینه می توان نام برد اما در کل باید به این نکته توجه کافی داشت در طول ماه و سال چه تعداد از این توقفات در سیستم وجود دارد و مدت Stand by نگهداشتن سیستم که توام با مصرف انرژی الکتریکی است چقدر می باشد . در حقیقت یکی از موثرترین عوامل افزایش kWh/ton افزایش کمی و کیفی زمان انتظار است .

زمان نقصان بار :

زمان نقصان بار زمانی است که یک دپارتمان یا ترکیبی از دپارتمانها بنا به دلایلی با بار نامی خود کار نمی کنند . به عنوان مثال به علت بروز مشکلاتی در آسیاب مواد و پایین بود درصد سیلوهای مواد خام ، کوره با بار نامی خود کار نمی کند در این حالت نسبت مصرف انرژی الکتریکی به تولید کلینکر پیشی می گیرد .

با توجه به موارد ذکر شده فوق ، کارشناسان هر کارخانه می توانند به عنوان یک پروژه چگونگی تغییرات kWh/ton در ماههایی که کمترین زمان انتظار و کمترین زمان نقصان بار ثبت شده است را با ماههایی که بیشترین مقادیر را داشته اند مقایسه نمایند .

عوامل موثر در کاهش عوامل ثانویه :

1- کاهش زمان انتظار به حداقل

2- کاهش زمان نقصان بار به حداقل

با نگاهی به تعاریف فوق براحتی می توان مشاهده کرد که عوامل ثانویه در حقیقت همان توقفات اضطراری و بدون برنامه می باشند (EM). کارخانه ای می تواند موفق به کاهش Kwh/ton خود شود که برنامه ریزی صحیحی جهت کاهش توقفات ناخواسته یا همان (EM) داشته باشد .

از دیگر عوامل کاهش Kwh/ton می توان به استفاده از کمک سایش در آسیاب های مواد و سیمان اشاره نمود که خود جای بحث مفصلی دارد که در مبحث ما نمی گنجد فقط به یک مورد اجرا شده در یکی از کاخانجات سیمان اشاره می گردد تا اهمیت صرفه جویی ملموس تر گردد .

در یکی از کاخانجات سیمان در یک مرحله استفاده از کمک سایش در آسیابهای سیمان باعث کاهش 10-15% مصرف انرژی در آن دپارتمانها شده است. بطوریکه مقدار انرژی صرفه جویی شده حاصل از استفاده از کمک سایش بصورت زیر است .

مقدار انرژی صرفه جویی شده : 35267 kw

با فرض هزینه برق مصرفی بطور متوسط 400 ریال داریم :

صرفه جویی ماهیانه 35267×400 ریال = 14.106.800 ریال

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

ریال $141.068.000 = 10 \times$ صرفه جویی ماهیانه

موارد دیگری نیز جهت کاهش kwh/ton وجود دارد از جمله افزایش راندمان دپارتمانها که بطور مثال به موردی که در یکی از کارخانجات اجرا شده اشاره میکنیم .

برای مثال در یکی از کارخانجات سیمان با افزایش راندمان یکی از دپارتمانها حدود 10% کاهش مصرف انرژی را به دنبال داشته است . بطوریکه مصرف ویژه حدود 21 kwh/ton بوده که بعد از افزایش راندمان این رقم به حدود 19 kwh/ton رسیده است که معادل 1.9 kwh/ton بهبود را نشان می دهد .

با فرض کارکرد این دپارتمان روزانه 18 ساعت داریم :

13680 Kwh

مقدار انرژی صرفه جویی شده در روز

273600 Kwh

مقدار انرژی صرفه جویی شده در ماه

با فرض هزینه برق مصرفی بطور متوسط 400 ریال و کارکرد دپارتمان در 10 ماه از سال داریم :

ریال 1.094.400.000 = 400 ریال $\times 10 \times 273600$

مقدار انرژی صرفه جویی شده در سال :

جهت کاهش توقفات رعایت موارد ذیل الزامی است :

- عزم راسخ مدیران ارشد و رهبری سازمان برای کاهش توقفات
- تشویق و ایجاد انگیزش و مشارکت کلیه منابع انسانی متخصص
- بکارگیری پرسنل تعمیراتی مجرب و متخصص پرورش یافته در صنعت سیمان
- توانمندی مدیران ، سرپرستان و تکنسین ها با آموزش های فنی و تعمیراتی مناسب و کاربردی
- تبادل اطلاعات و تجربیات تعمیراتی کارخانجات سیمان با هم و جلوگیری از پرداخت هزینه برای تکرار تجربه .
- تقویت دفتر فنی کارخانه با پرسنل با تجربه و کارآزموده که دارای تجربه کار بالا در زمینه تعمیرات باشند.

- تجهیز دفتر فنی ، گروه بازرسی فنی و واحدهای فنی اجرایی به تجهیزات اندازه گیری مدرن برای پایش وضعیت عملیاتی تجهیزات . (condition monitoring) .
 - واقعی و جدی نمودن برنامه تعمیرات PM
 - تعیین مسیرهای بحرانی و گلوگاهی و لزوم برنامه ریزی و ایجاد آمادگی لازم برای برخورد با آن.
 - نوسازی و جایگزینی تدریجی تجهیزات جدید و پیشرفته و حتی امکان ماژولار بجای تجهیزات قدیمی مشکل ساز .
 - ایجاد سیستم ترابری مناسب برای حمل و نقل تجهیزات نظیر : جرثقیل، وینچ ، لیفتراک و...
 - پویایی و بازبینی چارت سازمانی در واحدهای تعمیراتی متناسب با پیشرفت های فنی و تکنولوژی تجهیزات .
 - تقویت روحیه و تشویق برای پرسنل تعمیراتی در هنگام انجام تعمیرات اساسی و برنامه ریزی شده سالیانه به عنوان مهمترین اولویت در استراتژی سازمان .
 - مکانیزه نمودن انبارها و شناسایی قطعات و لوازم یدکی کلیدی و کمیاب و تهیه آنها و همچنین اجتناب از انبار نمودن قطعات اضافی.
 - ایجاد سیستم بازرگانی کارا و توانمند و اجتناب از ایجاد بروکراسی زائد و دست و پاگیر در تهیه قطعات یدکی.
 - ایجاد فضای کاری عاری از تنش و ایجاد امنیت شغلی و فراغت خیال برای پرسنل فنی و تعمیراتی برای برنامه ریزی دراز مدت و عملیاتی کردن آن .
 - افزایش اعتماد و رضایت کارکنان سازمان .
- البته موارد متعددی در این خصوص وجود دارد ولی میتوان با اطمینان خاطر گفت که رعایت موارد ذکر شده در فوق که بطور اختصار بیان شد بسیار راه گشا و کارآمد خواهد بود .

نتیجه گیری :

علاوه بر اینکه کاهش توقعات نسبت مستقیم با کاهش kwh/ton دارد در کاهش هزینه برق مصرفی نیز تاثیر به سزایی خواهد داشت . شاخص مصرف ویژه الکتریکی (kwh/ton) تنها یک شاخص برای چگونگی مصرف نیست بلکه چگونگی وضعیت کلی سیستم یک کارخانه را در تمام زمینه ها شامل می شود . کاهش آن به معنی بهبود وضعیت عمومی کارخانه و افزایش آن به معنای عملکرد نامطلوب در کلیه ارکان کارخانه می باشد .