

شیوه‌های بررسی مصرف انرژی در صنایع

منوچهر حبیبی - مهندس میر شکرانی

وزارت نیرو - دفتر برنامه ریزی برق

چکیده:

پایه و اساس مدیریت انرژی در صنایع بر بررسی مصرف انرژی استوار است، افزایش چشمگیر بهای انرژی به ویژه بهای نفت خام از ۲/۵ دلار برای هر بشکه در سال ۱۹۷۲ به ۳۰ دلار در سال ۱۹۸۰، بیشتر کشورهای صنعتی دنیای غرب و پاره‌ای از کشورهای جهان سوم را وادار کرد تا در باره مصرف انرژی که چرخ اقتصاد آنها را به گردش در می‌آورد به طور جدی‌تری بیاندیشند. در کشورمان ایران نیز با توجه به شروع بازسازی و نوسازی سیستم اقتصادی کشور و ترمیم خرابیهای جنگ و همچنین افزایش تولیدات صنایع در قالب اهداف برنامه پنج ساله اول جمهوری اسلامی ایران، ناگزیر باید رشد پرشتاب مصرف انرژی را انتظار داشت. به علل مختلف تامین رشد فزاینده تقاضای انرژی در کوتاه مدت و میان مدت امکان پذیر نمی‌باشد در نتیجه به سبب کمبود عرضه انرژی، سیستم اقتصادی کشور در مسیر توسعه دچار تنگنا خواهد شد. برای جلوگیری از بروز تنگنا لازمست مدیریت مصرف انرژی در بخش‌های مختلف فعالیتهای اقتصادی کشور مورد توجه قرار گیرد. به عبارت دیگر از یک سو باید در ساختار بخش صنعت و حمل و نقل تحول اساسی به وجود آمده و از سوی دیگر در جهت بهینه سازی مصرف انرژی و تشویق مصرف کنندگان به صرفه جویی در مصرف انرژی اقدام کرد تا از این راه بتوان به تعادل نسبی عرضه و تقاضای انرژی دست یافت. در این مقاله برخی از شیوه‌هایی که سبب کاهش مصرف انرژی در صنایع خواهد شد مورد بحث و بررسی قرار خواهد گرفت.

۱- شرح مقاله:

بررسی مصرف انرژی در صنایع به معنای آنست که میزان مصرف و هزینه کل انرژی مصرفی در صنایع به طور مستمر مورد رسیدگی قرار گیرد. این اقدام یکی از ابزارهای مدیریت انرژی برای مصارف صنعتی به شمار می‌رود. بررسی مصرف انرژی در صنایع، بررسی مصرف انرژی در سیستم تولید و سایر تجهیزات انرژی بر

را نیز شامل می‌شود. در این نوشتار واحدهای صنعتی در مقیاس کوچک و متوسط به طور خاص مورد بحث و بررسی قرار خواهند گرفت.

هدف از بحث و بررسی‌هایی که در زمینه بررسی مصارف انرژی در صنایع به عمل آورده می‌شود معمولاً صرفه جویی در مصرف انرژی است. ولی این بررسی‌ها می‌تواند به جایگزینی انرژی نیز منجر شود. صرفه جویی در مصرف انرژی و جایگزینی آن هر دو با بررسی مصرف انرژی آغاز می‌شود.

صنایع در مقیاس کوچک به آندسته از واحدهای صنعتی اطلاق می‌شود که تعداد کل کارکنان آنها کمتر از ۱۰۰ نفر باشد. در میان ویژگیهای اینگونه صنایع می‌توان به تخصص کم مدیریت آنها در زمینه انرژی اشاره نمود. کارکنان صنایع مذکور از دانش تخصصی در زمینه انرژی برخوردار نبوده و غالباً به خدمات مشاوره‌ای بخش خصوصی نیازمندند. هر چند به کارگیری تکنیکهای ساده توسط مدیران و کارکنان این صنایع امکان پذیر می‌باشد.

۲- مسائل و مشکلات انرژی در صنایع کوچک

در کشورهای در حال رشد، بخش صنعتی ۳۵ درصد از کل مصرف انرژی اولیه را به مصرف می‌رساند بر اساس ارقام منتشر شده از سوی دفتر برنامه ریزی انرژی وزارت نیرو در جمهوری اسلامی ایران در سال ۱۳۶۸ حدود ۲۳/۹ درصد انرژی نهائی در بخش صنعت به مصرف رسیده است. سهم واحدهای صنعتی کوچک از کل مصرف انرژی اولیه در بخش صنعتی نامعلوم است و تغییرات قابل ملاحظه‌ای در کشورها، مناطق و زیر بخشهای مختلف مشاهده می‌شود. نتایج مطالعات خاصی که در واحدهای صنعتی کوچک در افریقا به انجام رسیده، حاکی از این بود که گاهی اوقات هزینه انرژی تنها درصد ناچیزی از بهای کالای تولید شده در واحدهای مذکور را به خود اختصاص می‌دهد.

صنایعی که نیاز به انرژی زیاد دارند به آندسته از واحدهای صنعتی اطلاق می‌شود که هزینه انرژی آنها بیش از ۱۵ درصد از کل هزینه تولید باشد. این حالت به طور مثال در کارخانه‌های سیمان و کاغذ مشاهده می‌شود.

مطالعات انجام شده گویای این واقعیت است که در کشورهای در حال رشد در فرآیند تولید، انرژی مورد نیاز در مقایسه با رقم مشابه خود در کشورهای صنعتی ۱۰ الی ۳۰ درصد بیشتر است در برخی موارد، این افزایش حتی می‌تواند به ۲۰۰ درصد برسد. اکادمی علوم چین اخیراً اینطور برآورد نموده که در صورت عدم وجود محدودیت و تنگناهای مربوط به انرژی، تولیدات صنعتی در این کشور می‌توانست ۲۰ درصد افزایش یابد.

بدیهی است که مشکلات صنایع در کشورهای در حال رشد تنها ناشی از هزینه انرژی نمی‌باشد. قابلیت دسترسی و قابلیت اطمینان عرضه انرژی نیز می‌تواند محدودیت و تنگناهای جدی را موجب گردد. قطع مکرر انرژی برق در شبکه‌های برق رسانی از یک سو منجر به بروز اختلالاتی در فرآیندهای تولید گردیده (مانند کشور تانزانیا) و از سوی دیگر احداث سیستمهای قدرت مجزا (نصب دیزل ژنراتور) با هزینه اجتماعی نسبتاً گزافی را ترغیب می‌کند (مانند کشور اندونزی).

یکی دیگر از مشکلات ممکن است، رقابت بخش صنعتی با سایر بخشها در زمینه منابع انرژی کمیاب باشد. به طور نمونه در کشور مالای، استفاده گسترده از هیزم در کارخانه‌های چای خشک کنی، کمبود هیزم در بخش خانگی را موجب گشته است.

۳- بررسی مصرف انرژی و مدیریت انرژی

بایه و اساس مدیریت انرژی در صنایع بر بررسی مصرف انرژی استوار است. اهداف این بررسی عبارتند از:

- ۳-۱- تعیین نوع انرژی مصرفی.
 - ۳-۲- بررسی مصارف انرژی گذشته و اطلاعات مربوط به هزینه‌های انرژی، رسیدگی به اطلاعات جاری مصرف انرژی و بررسی عملیات و دستورالعمل‌های بهره برداری.
 - ۳-۳- درک صحیح ساختار تعرفه‌های انرژی برق.
 - ۳-۴- تهیه دستورالعمل‌های پیشرفته جهت نگهداری آمارهای انرژی.
 - ۳-۵- شناسایی پتانسیل مناطقی که اتلاف انرژی در آنها مشاهده شده است.
 - ۳-۶- توسعه اقدامات ممکنه به منظور کاهش مصرف انرژی.
- این اهداف در ضمن برنامه بررسی مصرف انرژی را تشکیل می‌دهند. پاره‌ای از این اهداف در بخش بعدی به طور مفصل مورد بحث و بررسی قرار خواهد گرفت. در ابتدا بهتر است ابعاد مختلف بررسی انرژی به شرح زیر تفکیک گردد.

بررسی مقدماتی مصرف انرژی

بررسی مقدماتی مصرف انرژی که یک بررسی مختصر به شمار می‌رود ۱ الی ۳ روز به طول می‌انجامد. هدف از این بررسی ثبت و تجزیه و تحلیل مصارف انرژی به تفکیک مراکز مصرف انرژی (واحد یا بخش یک موسسه) طی یک دوره زمانی محدود می‌باشد. این بررسی با بازدید مختصری از محوطه کارخانه، تجزیه و تحلیل صورتحساب‌های خدمات عمومی و سوخت، بازرسی وضعیت صرفه جویی در مصرف انرژی و غیره صورت می‌گیرد. بررسی مقدماتی نیاز به تجزیه و تحلیل مفصل را نیز موجب می‌شود.

بررسی مفصل انرژی

بررسی مفصل انرژی ممکن است چندین هفته یا ماه به طول بیانجامد. در این بررسی اطلاعات مصرف انرژی تمامی مراکز مصرف ثبت خواهد گردید. این کار طی یک دوره زمانی معین صورت می‌گیرد. علاوه بر عناصر بررسی مقدماتی انرژی، موازنه و بازدهی انرژی نیز محاسبه می‌شود. بررسی مفصل انرژی مستلزم تجهیزات تخصصی (قابل حمل) جهت اندازه گیری گازهای تخلیه، بخار، حرارت، نور و غیره می‌باشد.

بررسی یک واحد صنعتی یا بررسی در مقیاس کوچک

بررسی مصرف انرژی در یک کارخانه یا بررسی در مقیاس کوچک شامل شناسایی ضایعات انرژی آشکار و اقدامات پیشنهادی از طریق بهبود بخشیدن به عملیات بهره برداری و نگهداری می‌باشد. این امر ممکن است مستلزم تجهیزات تخصصی، جهت اندازه گیری مصرف و تلفات انرژی باشد. بررسی در مقیاس کوچک شامل تجزیه و تحلیل وضعیت صرفه‌جویی در مصرف انرژی نیز می‌باشد که این امر به نوبه خود مستلزم صرف هزینه‌های جزئی یا سرمایه گذاریهای کلان است. مدت زمان لازم جهت بررسی یک کارخانه به شرایط تعیین شده بستگی دارد.

بررسی مقدماتی انرژی و بررسی یک واحد صنعتی، به توسط مدیریت و یا کارکنان صنایع کوچک می‌تواند انجام شود. ولی برای بررسی مفصل انرژی جذب نیروهای متخصص مشاوره‌ای ضروری به نظر می‌رسد.

۴- فعالیتهای بررسی مصرف انرژی

در رابطه با برنامه‌های بررسی مصرف انرژی یاد شده در بخش قبلی کارهائی به شرح زیر باید انجام پذیرد:

۴-۱- تعیین انواع انرژی مصرفی

- سوختهای جامد: ذغال سنگ

کک

سایر سوختهای جامد (انواع دیگر ذغال سنگ)

هیزم

ذغال

ضایعات جامد (ازبخش کشاورزی یا صنعتی)

- سوختهای مایع: نفت سفید

نفت کوره

گازوئیل

- گازها: گاز طبیعی

بیوگاز

- انرژی برق (البته در این بررسی سوخت به شمار نمی‌رود)

۴-۲- جمع آوری اطلاعات

در بررسی انرژی برای جمع آوری اطلاعات انرژی، فرمهای استاندارد شده‌ای مورد استفاده قرار خواهد گرفت. به طور نمونه نحوه جمع آوری آمارهای مصرف انرژی برق در جدول ۱ درج گردیده است.

جدول ۱- اطلاعات فنی و هزینه انرژی برق

نام کارخانه	نوع تعرفه
نام قسمت	بهای هرکیلو وات دیمانند (ریال)
نوع کنتور	بهای هرکیلو واتساعت انرژی (ریال)
حداکثر دیمانند قرار دادی	حداقل صورتحساب ماهانه (ریال)

فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	...	اسفند	سال
—	—	—	—	...	—	—
—	—	—	—	...	—	—
—	—	—	—	...	—	—
—	—	—	—	...	—	—
—	—	—	—	...	—	—

دوره صورتحساب (روز)
حداکثر دیمانند واقعی (کیلو وات)
ضریب قدرت
مصرف انرژی برق (کیلو واتساعت)
کل هزینه‌های برق (ریال)

فرمهای مربوط به جمع آوری آمارهای سایر قسمتهای مصرف کننده انرژی، قابل دسترسی و یا طراحی آنها امکان پذیر می باشد.

۳-۴- ساختار نرخ انرژی برق

انرژی برق می تواند بر اساس ماههای سال، روزهای مختلف هفته، ساعات مختلف روز، نوع مشترک، مقدار مصرف انرژی برق، محل مشترک و غیره متفاوت باشد. در جمهوری اسلامی ایران تا اول سال ۱۳۷۰ نرخ انرژی برق در ماهها و روزهای مختلف وساعات پر باری و کم باری شبکه در طول شبانه روز یکسان بوده است ولی از اول سال ۱۳۷۰ تغییراتی در آن داده شد به طوری که بر اساس مقررات جدید استفاده از مصرف برق در ساعات پرباری شبکه (از ساعت ۱۸ تا ۲۲) ۳۰ درصد بیشتر و در ساعات کم باری شبکه (ساعت ۲۲ تا ۶ صبح) ۶۰ درصد کمتر از ساعات معمولی در نظر گرفته شده است. همچنین در ماههای تیر و مرداد که بار شبکه سراسری برق به سبب استفاده مصرف کنندگان از دستگاههای برودتی به حداکثر خود می رسد به نرخ انرژی برق نسبت به سایر ماههای سال ۱۰ درصد افزوده خواهد شد.

برای بررسی مصرف انرژی در هر کارخانه یا صنعت لازمست اپراتورها سوابق و آمارهای مربوط به مصرف انرژی را جمع آوری و نگهداری کنند. پیشنهاد می شود که مدیران واحدهای صنعتی توجه لازم را در زمینه آموزش ویژه کارکنان مربوطه که یکی از عناصر اساسی این رسیدگی به شمار می رود مبذول نمایند. فرمهای استاندارد شده (نمونه فرمی که درینند ۲-۴ به آن اشاره شد) و آموزش و هدایت صحیح، کمکهای شایانی را در این زمینه ارائه می کند. نگهداری سوابق و آمارها باید قابل توجیه و عملی باشد. بدین معنی که هیچگونه اقدامی در زمینه جمع آوری اطلاعات غیر ضروری نباید به عمل آورده شود.

۴-۵ و ۴-۴- اتلاف انرژی و کاهش مصرف انرژی

شناسائی ضایعات انرژی و توسعه اقداماتی که در زمینه کاهش مصرف انرژی به عمل آورده می شود اولین گام در جهت کاهش هزینه انرژی به شمار می رود. این مباحث در قسمت بعدی مورد بحث و بررسی قرار گرفته است.

۵- صرفه جوئی در مصرف انرژی و جایگزینی آن

بررسی مصرف انرژی می تواند منجر به اعمال اقدامات متنوعی در کارخانههای صنعتی یا فرآیند تولید گردد.

۱-۵- صرفه جوئی در مصرف انرژی

۱-۱-۵- بهینه سازی مصرف انرژی

هدف از این اقدامات بهبود راندمان انرژی در کوتاه مدت است. از جمله بهبود سیستم عایق کاری، افزایش راندمان دیگهای بخار و یا بهینه سازی مصرف انرژی دربخش حمل و نقل می باشد در جدول ۲ عوامل تلفات انرژی در صنایع که می تواند در بخش خانگی نیز رعایت شود درج گردیده است.

جدول ۲- تلفات متداول انرژی در صنایع

نشت سوخت نفت
نشت بخار
سطوح گرم بدون پوششی که نیاز به عایق کاری دارند
مشعل‌های تنظیم نشده
دمای زیاد گازهای خروجی
تجهیزات بی مصرف هنگامیکه مورد نیاز نیستند
نشت هوای فشرده و نشت گازها
تولید کالاهای معیوب
حمل و نقل غیر ضروری مواد
قطع مکرر تولید و تعطیل واحد تولیدی
ابزار کنترل معیوب
دریچه‌های بخار معیوب
نشت آب
روشنایی بیش از حد معمول
تهویه هوا و گرمایش بیش از حد معمول

کم کردن این تلفات، مستلزم تغییرات جزئی و نصب تجهیزات ارزان قیمت است که تامین هزینه‌های آن از حسابهای بودجه جاری موسسه عموماً امکان پذیر می‌باشد. تجربیات کلی نشانگر این واقعیت است که صرفه جویی‌های به عمل آورده شده در حدود ۱۵ تا ۳۰ درصد هزینه‌های جاری انرژی می‌باشد.

۲-۱-۵- سرمایه‌گذاریهای سبک به منظور صرفه جویی در مصرف انرژی

این سرمایه‌گذاریها شامل اقدامات اصلاحی در زمینه تجهیزات عمده موجود از قبیل اصلاح طراحی و ساخت تجهیزات و بهبود ضریب قدرت است. این گونه سرمایه‌گذاریها می‌تواند هزینه‌های انرژی مصرفی را حدود ۵ درصد کاهش دهد و هزینه‌های سرمایه‌گذاری معمولاً کمتر از سه سال مستهلک خواهد شد.

۳-۱-۵- سرمایه‌گذاریهای سنگین به منظور صرفه جویی در مصرف انرژی

این سرمایه‌گذاریها سبب تغییرات فرآیندهای تولید در بلند مدت می‌باشند. به عنوان نمونه می‌توان به تغییر فرآیند مرطوب به فرآیند خشک در کارخانه‌های سیمان اشاره نمود.

۲-۵- جایگزینی سوخت و جایگزینی تکنولوژی

به طور نمونه می‌توان به جایگزینی سوخت گازوئیل با گاز یا مولدهای دیزلی با خطوط انتقال نیرو برق یا نیروگاههای دیزلی با نیروگاههای آبی محلی اشاره نمود. این گونه تغییرات ممکن است در شمار اقدامات لازم برای صرفه جویی در مصرف انرژی نباشند ولی می‌توانند در هزینه‌های مصرف انرژی صرفه جویی به عمل آورند.

به ویژه در جمهوری اسلامی ایران چنانچه سیاست جایگزینی سوخت فرآورده‌های نفتی با گاز با سرعت

بیشتری پی گرفته شود از یک سو سبب افزایش سهم صادرات نفت شده و از سوی دیگر کاهش سطح آلودگی محیط زیست و افزایش بازده کل سیستم انرژی کشور را در پی خواهد داشت. تغییرات مذکور همچنین می‌توانند خطرات ناشی از بروز اختلال در منابع عرضه انرژی را کاهش دهند.

در برخی موارد سرمایه‌گذارها می‌توانند بر اساس سیستمهای موجود سبک باشند. هیچگونه مقررات کلی در زمینه قابلیت به کارگیری این اقدامات نمی‌توان ارائه نمود. این امر به نتایج بررسیهای انجام شده و مشخصات واحد تحت مطالعه و محیط آن بستگی دارد. البته اقدامات مختلف منحصر به واحدهای تولیدی خاصی نمی‌باشند ولی می‌توانند در جهت تکمیل یکدیگر اعمال گردند. تصمیم‌گیری در زمینه اعمال اقدامات لازم، قسمتی از مسئولیت مدیران واحدهای صنعتی به شمار می‌رود.

۶- پایگاه داده‌های انرژی و گزارشها

سیستم ذخیره اطلاعات به دست آمده از بررسی مصرف انرژی دارای کاربردهای مختلفی به شرح زیر می‌باشد.

۶-۱- در ارزیابی تاثیر برنامه صرفه‌جویی در مصرف انرژی، پایگاه داده‌ای به عنوان مرجع مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۶-۲- تعیین عوامل موثر در اقداماتی که هزینه انرژی مصرفی را کاهش می‌دهند.

۶-۳- تعیین اثرات خالص اقدامات و پروژه‌هایی که برای صرفه‌جویی در مصرف انرژی در نظر گرفته شده‌اند.

۶-۴- تعیین هزینه‌های تولید برای مقدار معینی از تولید

سیستم ذخیره داده‌ها باید با در نظر گرفتن این عملیات طراحی گردد. بهتر است کل ارقام بدست آمده از این بررسی به سهولت قابل دسترس باشد و بازایی جزئیات این سوابق نیز به سهولت امکان پذیر باشد. یکی دیگر از نیازهای سیستم ذخیره داده‌ها قابلیت بهنگام آوردن مستمر اطلاعات مربوط به انرژی می‌باشد زیرا بررسی مصرف انرژی یا حداقل قسمتی از آن باید یک فرآیند پیشرو باشد.

اگر بررسی مصرف انرژی توسط مشاورین خصوصی به‌انجام رسیده باشد ارائه یک گزارش جامع به مدیران این واحدها ضروری خواهد بود. این گزارش شامل مختصری از شرح اجرایی نتایج بدست آمده از بررسیهای انجام شده، پتانسیل صرفه‌جویی در مصرف انرژی، نیازهای مالی و نیروی انسانی، پیش بینی اثرات مثبت یا منفی و اقدامات پیشنهادی می‌باشد. به علاوه این گزارش بخش فنی جامعی را نیز دربر خواهد داشت.

۷- نتیجه:

در بیشتر کارخانه‌ها و صنایع ایران هیچگونه اقدامی در زمینه مطالعه یا بررسی میزان مصرف انرژی در فرآیند تولید کالا صورت نگرفته است. این امر به خاطر آنست که بهای انرژی در قیمت تمام شده محصولات صنعتی درصد ناچیزی را تشکیل می‌دهد بطور نمونه براساس آمار منتشر شده از سوی مرکز آمار ایران بهای انرژی برق در قیمت تمام شده محصولات صنعتی در اکثر قریب به اتفاق صنایع به ویژه صنایع کوچک و متوسط زیر ۳ درصد است ولی با توجه به محدودیت منابع انرژی، چنانچه مصرف انرژی در صنایع به طور مستمر مورد رسیدگی قرار گیرد صرفه‌جویی قابل ملاحظه‌ای در مصرف انرژی کشور به وجود خواهد آمد که میزان آن در سطح اقتصاد کل جامعه چشمگیر خواهد بود. توجه به انجام این بررسیها به طور دو جانبه از سوی موسسات تولید کننده و مصرف کننده انرژی ضرورت داشته و از ابزارهای مهم مدیریت انرژی به شمار می‌رود.