

روش تعیین پارامترهای مؤثر در مصرف واقعی انرژی دستگاه‌های صنعتی

دکتر محمود افشار

مدیر گروه مهندسی انرژی دانشگاه صنعت نفت

دیباچه:

اولین بار در سال ۱۹۷۷ دولت فدرال آمریکا از ایالات مختلف کشور درخواست نمود که برنامه‌هایی برای صرفه‌جویی در مصرف انرژی تنظیم نمایند و پیرو آن دستورالعمل‌هایی را در سطوح مختلف ممیزی انرژی با هدف کاهش مصرف انرژی ارسال نمود. ممیزی مصرف انرژی باید پاسخگویی سوالات ذیل باشد:

- چه میزان انرژی و از چه نوع مصرف می‌شود؟
- هزینه انرژی مصرف شده چه مقدار می‌باشد؟
- مصرف جاری انرژی برای چه منظورهایی می‌باشد؟
- چه موقعیت‌هایی برای کاهش مصرف انرژی و در نتیجه صرفه‌جویی در هزینه‌های مربوطه موجود می‌باشد؟

بعد از جمع‌آوری اطلاعات و تعیین موارد صرفه‌جویی در مصرف انرژی، باید به سوالات اقتصادی ذیل نیز پاسخ داده شود:

- میزان صرفه‌جویی در مصرف انرژی چه مقدار (عدد و رقم) خواهد بود؟
 - هزینه اقدامات لازم جهت نیل به صرفه‌جویی پیش‌بینی شده چه مقدار است؟
 - زمان بازگشت سرمایه‌گذاری (Return of Investment) چه مدت می‌باشد؟
- جهت پاسخگویی به سئوالات فوق‌الذکر ممیزی مصرف انرژی در سه سطح یا مرحله به شرح ذیل صورت می‌پذیرد:

- ۱- ممیزی مقدماتی (Walk Through): شامل بررسی‌های کوتاه مدت و بازدیدهای سریع تاسیسات و ارزیابی سطحی مصرف‌کننده‌های انرژی می‌باشد. هزینه‌های تغییرات مورد نظر کم و زمان انجام آن‌ها کوتاه می‌باشد.
- ۲- ممیزی دستگاه‌ها (Equipment-wise Auditing): شامل بررسی‌های میان مدت و انجام اندازه‌گیری‌های لازم جهت شناخت شرایط واقعی کارکرد دستگاه‌های مصرف‌کننده انرژی می‌باشد.

ملاک در این روش مصرف انرژی در هر دستگاه و مقایسه آن با شرایط کارکرد اسمی است. هزینه‌های انجام تغییرات مورد نظر در حد متوسط و انجام آن‌ها در میان مدت صورت می‌پذیرد.

۳- ممیزی فرآیندها یا خطوط تولید (Process-wise Auditing): شامل بررسی‌های بلند مدت و انجام مطالعات لازم جهت شناخت شرایط واقعی عملکرد مجموعه فرآیند یا خط تولید و امکان استفاده از فن‌آوری‌های جدیدتر جهت کاهش مصرف انرژی می‌باشد. هزینه‌های انجام تغییرات مورد نظر زیاد و انجام آن‌ها به مدت زمان مدیدی نیاز دارد.

در این سلسله مقالات ممیزی مصرف انرژی تجهیزات صنعتی (Equipment-wise Auditing) مورد نظر می‌باشد. اولین قدم در تعیین این شرایط، ارائه یک روش علمی- صنعتی جهت تعیین پارامترهایی که مقادیر آن‌ها در بررسی مصرف انرژی دستگاه نقش مؤثر دارند می‌باشد. در این مقالات، ابتدا روش مورد نظر که در شرکت صنعت آموزش پیشرو تدوین شده است ارائه می‌گردد. در ادامه، پارامترهای مورد نیاز برای تجهیزات اصلی دستگاه‌های صنعتی مورد نظر شناسایی گردیده و نحوه‌ی بدست آوردن هر پارامتر مشخص و سرانجام جداول اطلاعاتی مربوطه ارائه می‌گردد. [۱ و ۲].

با استفاده از روش فوق‌الذکر، کلیه پارامترهای لازم جهت ممیزی مصرف انرژی در تجهیزات اصلی انرژی‌بر صنعتی شامل:

- | | |
|--------------------|-----------------|
| ◆ پمپ‌ها | ◆ دیگ‌های بخار |
| ◆ کمپرسورها | ◆ کوره |
| ◆ توربین‌های بخاری | ◆ موتورهای برقی |
| ◆ توربین‌های گازی | |

در جداول اطلاعاتی مربوطه تهیه و تدوین شده‌اند.

در اولین مقاله که در ادامه این دیباچه ارائه می‌گردد، متدولوژی مربوطه ارائه و نتایج حاصل از پیاده‌سازی این روش برای دستگاه‌های مختلف ارائه خواهد شد. قبلاً از کلیه صاحب‌نظران دانشگاهی و صنعتی جهت ارائه نظرات خویش برای رفع کمبودهای احتمالی و ارتقاء کیفیت مطالب مطروحه استقبال و تشکر به عمل می‌آید.

چکیده:

در این مقاله متدولوژی تدوین شده جهت تعیین پارامترهای مؤثر در مصرف واقعی انرژی در دستگاه‌های صنعتی ارائه می‌گردد. با توجه به اینکه دستگاه‌های صنعتی معمولاً بر اساس استانداردهای بین‌المللی صنعتی ساخته می‌شوند، در متدولوژی تدوین یافته، اطلاعات مورد نیاز از این استانداردها استنتاج شده است و در مرحله بعد اطلاعات فوق‌الذکر با توجه به نحوه تعیین مقدار آنها دسته‌بندی شده‌اند. در مقاله‌های بعدی پیاده‌سازی متدولوژی پیشنهادی برای دستگاه‌های مختلف ارائه می‌گردد.

مقدمه:

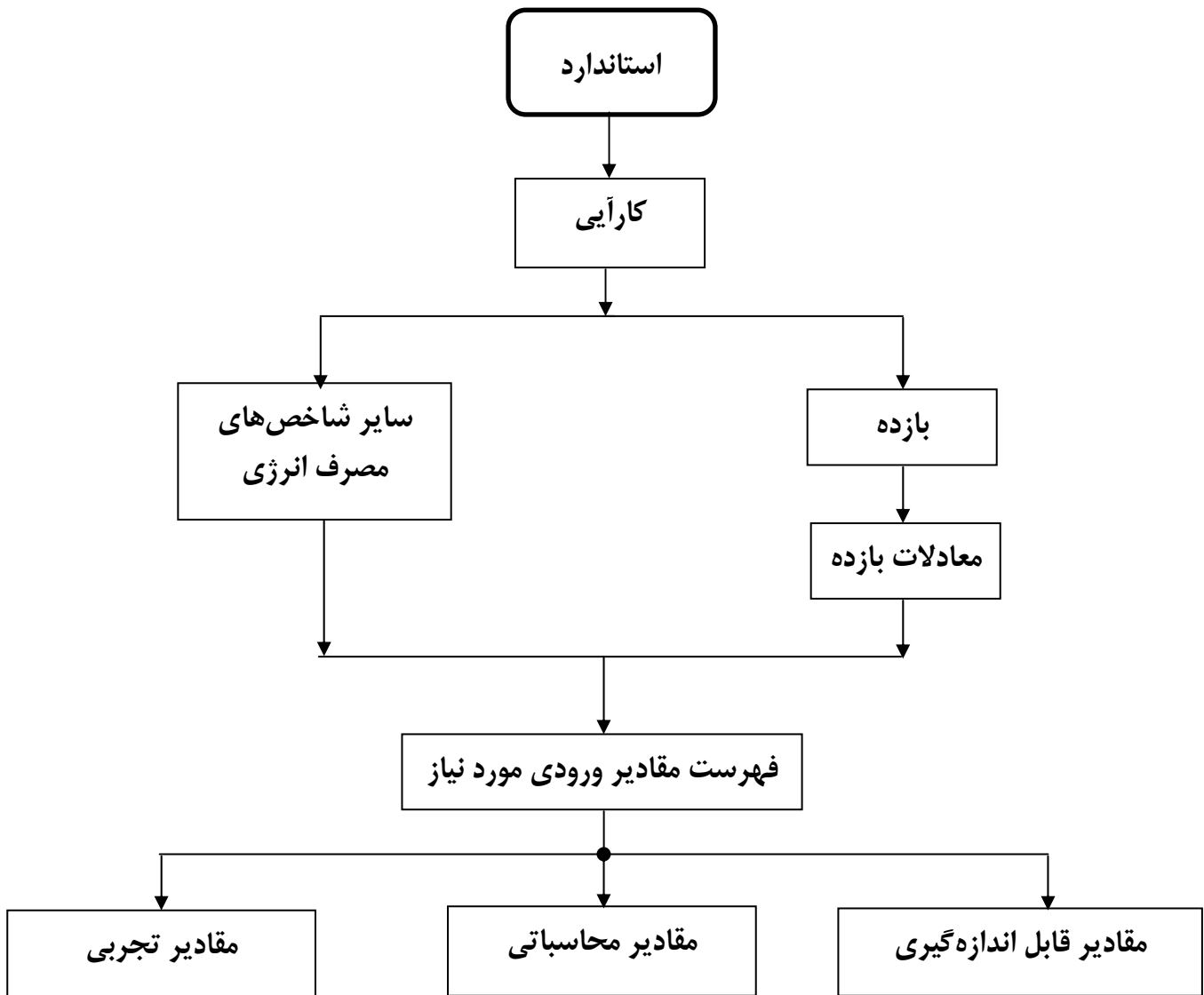
در ممیزی و بهینه‌سازی مصرف انرژی در واحدهای صنعتی، تعیین شرایط کارکرد واقعی دستگاه‌ها یکی از اساسی‌ترین مراحل است. اولین قدم جهت تعیین این شرایط، ارائه یک روش علمی-صنعتی جهت تعیین پارامترهایی که مقادیر آنها در بررسی عملکرد دستگاه در شرایط عملیاتی نقش مؤثر دارند، می‌باشد. همچنین، بعنوان بخشی از متدولوژی پیشنهادی که در این مقاله ارائه می‌گردد، روش تعیین مقادیر پارامترهای فوق‌الذکر جهت ممیزی مصرف انرژی دستگاه‌های مورد نظر نیز تعیین می‌شود.

بر اساس این روش، در مقالات بعدی پارامترهای مورد نیاز برای دستگاه‌های مختلف شناسایی گردیده و نحوه بدست آوردن هر پارامتر مشخص می‌شود. روش و ابزارهای اندازه‌گیری پارامترهایی که امکان اندازه‌گیری مقادیر واقعی آنها وجود دارد، بعنوان آخرین مقاله ارائه می‌گردد.

پارامترهای مؤثر در تعیین مصرف واقعی انرژی دستگاه‌های صنعتی

جهت تعیین پارامترهای مؤثر در مصرف واقعی انرژی دستگاه‌های صنعتی از روش ارائه شده در نمودار شماره یک استفاده می‌گردد. نکته مهم در ممیزی انرژی و دستگاه‌های صنعتی، بررسی عملکرد دستگاه در شرایط واقعی عملیاتی است که با شرایط تست در کارخانه متفاوت بوده و مسائل خاص آن در قسمت‌های بعدی این مقاله توضیح داده می‌شود.

در متدولوژی مورد نظر از استانداردهای بین‌المللی صنعتی به‌عنوان پایه و مبنای شناسایی و تشخیص اطلاعات مورد نظر و روش تعیین مقدار آنها استفاده شده است. شاخص‌های اصلی مصرف انرژی دستگاه‌ها از استانداردهای ذریبط استنتاج و براساس آنها فهرست مقادیر ورودی مورد نیاز مشخص می‌گردد. با توجه به روش تعیین مقدار واقعی، پارامترهای فوق‌الذکر به سه دسته‌ی مقادیر قابل اندازه‌گیری، مقادیر محاسباتی و مقادیر تجربی تقسیم می‌گردند. توضیحات بیشتر در مورد قسمت‌های مختلف متدولوژی مورد نظر در ادامه توضیح داده می‌شود [۱ و ۲].



نمودار شماره ۱- الگوریتم تعیین مقادیر مورد نیاز برای بررسی مصرف انرژی دستگاه

استانداردهای بین‌المللی صنعتی

از آنجایی که دستگاه‌ها و تجهیزات صنعتی بر اساس استانداردهای معتبر بین‌المللی ساخته می‌شوند، بهترین راه برای دستیابی به یک الگوی مناسب جهت تعیین میزان کارایی دستگاه‌های صنعتی، مراجعه به استانداردهای موجود است. با توجه به اینکه یکی از پارامترهای اصلی در تعیین کارایی یک دستگاه، میزان انرژی بری آن، نحوه مصرف انرژی، ضایعات مربوطه و روش‌های کاهش این ضایعات می‌باشد، استفاده از استانداردهای تعیین میزان کارایی دستگاه‌های صنعتی جهت استنتاج روش انجام آزمایش‌های انرژی‌بری امکان‌پذیر می‌باشد [۱ و ۲]. استفاده از استانداردهای بین‌المللی

صنعتی به عنوان مرجع اطلاعات فنی، علاوه بر تامین دقت، ضامن عملیاتی بودن روابط مورد استفاده در محاسبات ذیربط نیز می باشد.

با توجه به اینکه دستگاه‌های صنعتی بر اساس استانداردهای متفاوتی تولید می شوند، تا حد امکان تمام استانداردهای مربوطه باید در نظر گرفته شود. از جمله استانداردهای مورد استفاده می توان به استانداردهای ذیل اشاره نمود:

ASME	<i>American Society of Mechanical Engineers</i>
API	<i>American Petroleum Institute</i>
ISO	<i>International Standard Organization</i>
BS	<i>British Standards</i>
DIN	<i>German Standard</i>
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i>

با توجه به جدید بودن موضوع ممیزی انرژی، استانداردهای صنعتی شبیه استانداردهای طراحی، تعمیر و نگهداری، مواد و قطعات دستگاه‌ها موجود نمی باشد و استانداردهای موجود روش‌های تست دستگاه‌های صنعتی را در محیط کارخانه سازنده و در خارج از شرایط عملیاتی تدوین نموده‌اند. با توجه به اینکه ممیزی مصرف انرژی دستگاه‌های صنعتی نیازمند اطلاعات واقعی دستگاه‌های صنعتی در شرایط عملیاتی است، لذا امکان استفاده مستقیم از روش‌های مدون در این استانداردها برای انجام ممیزی مصرف انرژی دستگاه‌ها صحیح نمی باشد. در نتیجه روش‌های انجام تست‌های مورد نیاز با تطابق شرایط عملیاتی از استانداردهای موجود، بررسی عملکرد و تست دستگاه‌ها بر اساس متدولوژی مربوطه استنتاج، جمع آوری و تدوین گردیده‌اند (نمودار شماره ۱).

شناسایی تعاریف کارایی

کارایی یک دستگاه عبارت است از مجموعه عملکرد دستگاه که در روش مورد نظر پیشنهادی، با توجه به استانداردهای بین‌المللی در مورد هر دستگاه تعریف می گردد. از اساسی‌ترین شاخص‌های کارایی، وضعیت مصرف انرژی توسط دستگاه می باشد. در ارزیابی میزان مصرف انرژی یک دستگاه، شاخص‌های گوناگونی نقش دارند که در انواع دستگاه‌ها با هم متفاوت هستند. لذا در مقاله‌های بعدی، با توجه به استانداردهای بین‌المللی، این شاخص‌ها برای همه تجهیزات صنعتی مورد نظر مشخص می شوند [۱ و ۲].

بدست آوردن میزان بازده

مقدار بازده دستگاه یکی از مهمترین شاخص‌های کارایی و مصرف انرژی هر دستگاه است که نقش بسیار مهمی را در ارزیابی کارایی دستگاه و میزان انرژی بری آن ایفا می‌نماید [۱ و ۲]. در بررسی عملکرد یک دستگاه یک یا چند بازده می‌توان تعریف نمود که در مقاله‌های بعدی با توجه به استاندارد مربوط به هر دستگاه، روابط (معادلات) بدست آوردن بازده (های) دستگاه‌های مختلف در واحدهای صنعتی ارائه خواهد شد.

سایر شاخص‌های مصرف انرژی

علاوه بر بازده، شاخص‌های دیگری نیز در مصرف انرژی دستگاه‌ها حائز اهمیت هستند که باید در ممیزی مصرف انرژی دستگاه‌ها بررسی گردند. از جمله این شاخص‌ها می‌توان به توان ترمزی دستگاه‌های چرخنده، میزان بازیافت حرارتی از دودکش‌ها و ظرفیت کاری دستگاه‌ها اشاره نمود [۱ و ۲]. شاخص‌های مورد نظر برای دستگاه‌های مختلف که از استانداردهای مربوطه استنتاج گردیده‌اند، در مقاله‌های بعدی ارائه خواهند شد.

تهیه فهرست پارامترهای لازم جهت ارزیابی کارایی

بعد از مراجعه به استانداردهای موجود و استخراج شاخص‌های مصرف انرژی دستگاه مورد نظر، خصوصاً مقدار بازده دستگاه، پارامترهای مؤثر در کارایی و میزان انرژی‌بری با استفاده از روش مهندسی معکوس مشخص می‌شوند، بدین صورت که ابتدا روابط (فرمول‌های) بازده و دیگر شاخص‌های مؤثر استخراج شده و سپس با مهندسی معکوس، پارامترهای مورد نیاز که در محاسبه بازده و دیگر شاخص‌های مؤثر هستند، شناسائی می‌شوند. در مقاله‌های آتی، برای تجهیزات مورد نظر، روابط و معادلات ذریبط و لیست این مقادیر ارائه می‌گردند.

تقسیم‌بندی اطلاعات مورد نیاز

با توجه به چگونگی بدست آوردن اطلاعات مورد نیاز برای تعیین کارایی یک دستگاه، این مقادیر در یکی از سه گروه ذیل قرار می‌گیرند:

الف) اطلاعات قابل اندازه گیری:

اطلاعات قابل اندازه گیری به مقادیری اطلاق می شود که به وسیله تجهیزات اندازه گیری (ثابت و قابل حمل) قابل سنجش هستند. این دسته از اطلاعات اکثراً شامل کمیت‌هایی نظیر دما، فشار و سرعت سیال می باشند.

ابزارهای اندازه گیری ثابت متعددی بر روی تجهیزات صنعتی نصب می باشد که طبق یک برنامه ریزی خاص، اطلاعات آن‌ها ثبت و ضبط می گردد. یکی از منابع اصلی اطلاعات قابل اندازه گیری مقادیر فوق الذکر می باشند، ولی جهت استفاده از این اطلاعات، ضروری است که از دقت اندازه گیری بوسیله بررسی گزارشات کالیبراسیون ابزار اندازه گیری اطمینان حاصل نمود. در مواردی که این اطلاعات در اتاق کنترل و یا توسط نفرات ذیربط ثبت نمی گردد، این اطلاعات مستقیماً از نشان دهنده‌های موجود یادداشت می شوند.

در صورتیکه پارامترهای مورد نظر جهت اندازه گیری توسط تجهیزات موجود روی دستگاه اندازه گیری نشود، باید با استفاده از دستگاه‌های قابل حمل که اثر مخرب روی کارکرد دستگاه ندارند، این مقادیر اندازه گیری شوند. در مقاله آخر این سلسله مقالات در مورد این دستگاه‌ها و عملکرد آن‌ها توضیح داده خواهد شد. نکته مهم همزمانی جمع آوری کلیه اطلاعات قابل اندازه گیری از روش‌های فوق الذکر می باشد.

ب) اطلاعات محاسباتی:

این مقادیر شامل اطلاعاتی هستند که قابل اندازه گیری نبوده و به وسیله روابط (فرمول‌های) مختلف با توجه به مقادیر پارامترهایی که امکان اندازه گیری آن‌ها وجود دارد محاسبه می شوند. برای نمونه می توان کمیت‌های آنتالپی و بازده را جزو این دسته از اطلاعات دانست. نکته مهم استفاده از روابط مدون در استانداردهای مورد نظر برای تعیین مقادیر پارامترهای محاسباتی می باشد. بدین ترتیب کلیه محاسبات بر اساس روابطی است که از ابتدا جهت ساخت و تست اولیه دستگاه استفاده شده‌اند.

ج) اطلاعات تجربی / اسمی:

این گروه از اطلاعات شامل مقادیری می شوند که قابل اندازه گیری نبوده و همچنین نمی توان آن‌ها را محاسبه نمود. به این دسته از اطلاعات، مقادیر تجربی - اسمی اطلاق می شود. مقادیر تجربی - اسمی با توجه به تجربه موجود در زمینه دستگاه و یا با توجه به مشخصات فنی دستگاه (کاتالوگ دستگاه) مشخص می شود.

در مقالات بعدی با استفاده از روش فوق الذکر کلیه پارامترهای لازم در مورد تجهیزات عمده انرژی بر از جمله پمپ، کمپرسور و موتورهای برقی، دیگ بخار، توربین‌های بخار و گاز و کوره استخراج و ارائه می شوند.

ممیزی مصرف انرژی دستگاهها

با جمع آوری کلیه اطلاعات مورد نیاز به شرح فوق الذکر، شاخص‌های ممیزی مصرف انرژی در دستگاه‌های مختلف با استفاده از روابط موجود در استانداردها محاسبه می‌گردند [۲]. با مقایسه مقادیر واقعی این شاخص‌ها با مقادیر طراحی (اسمی) نحوه عملکرد دستگاه از دیدگاه مصرف انرژی (ممیزی انرژی) مشخص می‌شود. با توجه به مدت زمان کارکرد دستگاه، اختلافات کم بین این دو گروه مقادیر قابل قبول است. در غیر اینصورت باید موارد اشکال بررسی و راهکارهایی جهت ارتقای کارکرد دستگاه به شرایط طراحی ارائه نمود (بهینه سازی مصرف انرژی).

جمع بندی

در اولین مقاله از سلسله مقالات پارامترهای موثر در ممیزی انرژی دستگاه‌های صنعتی، متدولوژی تعیین این پارامترها که در شرکت صنعت آموزش پیشرو تدوین شده است، ارائه گردید. با پیاده سازی این متدولوژی با استفاده از استانداردهای صنعتی، و انجام مهندسی معکوس در روابط تعیین شاخص‌های کارکرد دستگاه‌های مورد نظر، پارامترهای ضروری جهت ممیزی مصرف انرژی دستگاه‌ها مشخص می‌گردند.

تقدیر و تشکر

این مجموعه مقالات در راستای پروژه‌های در دست اقدام واحد مدیریت انرژی شرکت صنعت آموزش پیشرو تدوین گشته‌اند، که بدین وسیله از همکاری مشاوران و کارشناسان این پروژه‌ها تشکر می‌شود. همچنین از حمایت‌های معنوی و مالی غیرمستقیم موسسه بین‌المللی مطالعات انرژی و وزارت صنایع، طرح اعطای کمک‌های فنی و تکنولوژی به صنایع در تهیه این مقالات تقدیر و تشکر می‌شود.

مراجع

- ۱- افشار، م - افشار، "انجام آزمایشات انرژی بری"، گزارش شماره ۱، جلد شماره ۳، موسسه مطالعات بین‌المللی انرژی، طرح صرفه جویی انرژی در سطح کلان، تهران، آذر ۱۳۸۰.
- ۲- شرکت صنعت آموزش پیشرو، "ساخت نرم افزار چند رسانه‌ای ممیزی و بهینه سازی مصرف انرژی در صنایع"، گزارش مرحله ۳، وزارت صنایع، طرح اعطای کمک‌های فنی و تکنولوژی به صنایع، تهران، دی ۱۳۷۹.