

بهینه سازی مصرف انرژی در صنایع نفت و گاز

مهدی عسکری - مدیریت برنامه ریزی تلفیقی

mehdi_askari@yahoo.com

چکیده: در این مقاله در ابتدا به انواع روشهای بهینه سازی انرژی اشاره گردیده است. در ادامه روشهای کاهش مصرف انرژی به صورت طبقه بندی شده ارائه گردیده و برای هر یک از موارد مثالهایی در صنعت نفت و گاز آورده شده است. در انتها به منظور درک بهتر و عملیاتی موضوع، چگونگی بهینه سازی مصرف انرژی چند نمونه تجهیزاتی که در صنعت کاربرد زیادی دارند و انرژی زیادی مصرف می کنند مطرح گردیده است.

کلمات کلیدی: بهینه سازی، صرفه جویی، انرژی، پالایشگاه، صنایع، کوره، سیستم بخار

مقدمه: هیچ یک از اعمال انسان ، بازدهی صد درصد ندارد از این رو استفاده بهینه و ممانعت از هدر رفتن امکانات امری اساسی است این نکته هنگامی اهمیت بیشتری پیدا می کند که موضوع انرژی مطرح شود. منظور از بهینه سازی مصرف انرژی، انتخاب الگوها و اتخاذ و بکارگیری روشها و سیاستهایی در مصرف درست انرژی است که از نقطه نظر اقتصاد ملی مطلوب باشد و استمرار وجود و دوام انرژی و ادامه حیات و حرکت را تضمین کند. در این چارچوب تعیین سهم صورت های مختلف انرژی در سبد انرژی هر جامعه با توجه به امکانات دراز مدت آن جامعه، همچنین بکارگیری پربازده ترین شیوه استفاده از آنها که متضمن کاهش تخریب منابع انرژی و نیز کاهش تأثیرات سوء ناشی از استفاده ناصحیح از انرژی، بر عوامل دیگر حیات و محیط زیست مدنظر است. این استفاده درست و به جا از انرژی، نه تنها متضمن استمرار حیات و توسعه پایدار جامعه است بلکه منجر به بقاء انرژی برای همگان و نسل های آتی و مانعی برای تولید و گسترش آلودگی های زیست محیطی ناشی از مصرف نادرست انرژی خواهد بود. در این مقاله سعی شده است که موضوع بهینه سازی مصرف انرژی در صنایع نفت و گاز مورد بررسی قرار گیرد و راهکارهای عملیاتی و مناسبی جهت کاهش مصرف انرژی ارائه گردد.

انواع روشهای بهینه سازی

واژه بهینه سازی ترجمه کلمه *Optimization* است که در ریاضیات مفهوم خاص خود را دارد و در کشور ما نیز در زمینه های مختلف از جمله انرژی مورد استفاده قرار گرفته است. بهینه سازی مصرف انرژی برای یک فرایند می تواند به صورت موضعی و یا بصورت جامع برای یک سیستم که متشکل از چندین فرایند است، انجام شود. بر اساس تئوری بهینه سازی، نتیجه بهینه سازی برای چندین فرایند به صورت جداگانه الزاما برابر با نتیجه بهینه سازی به صورت جامع نیست و بنابر تعریف، بهینه سازی به صورت جامع می تواند در برگیرنده ترکیبی از دو فرآیند و یا چندین فرآیند باشد. اعمال بهینه سازی بصورت جامع نیاز به درک صحیح دینامیک انرژی بری تجهیزات هر یک از فرایندها دارد و به مراتب پیچیده تر از به کارگیری روش بهینه سازی موضعی می باشد. روشهای کنترل که بر اساس دینامیک انرژی بری و نظارت بر تمامی فرایندها کار می کنند و با تکنولوژی *Pinch* که مبتنی بر اصل کاهش مصرف انرژی از طریق ترکیب فرآیندها و یا *Process Integration* است، از جمله روشهای بهینه سازی به صورت جامع است.

به غیر از تقسیم بندی روشهای بهینه سازی به موضعی و جامع، تقسیم بندی دیگری نیز وجود دارد که بر اساس هزینه های لازم برای انجام بهینه سازی می باشد و عبارتند از روشهای با هزینه پایین یا بدون هزینه (مانند انتخاب سوخت و یا حامل انرژی بهتر، تنظیم ساعات کاری، تنظیم نورپردازی)، روشهای با هزینه متوسط و روشهای با هزینه بالا [۲۱].

روشهای کاهش مصرف انرژی

از جمله کارهای علمی و کاربردی که می توان برای کاهش مصرف انرژی پیشنهاد داد را می توان تحت عناوین زیر دسته بندی نمود.

۱- استفاده از تکنولوژیهای جدید و مواد اولیه بهتر و سازگار با محیط زیست: یکی از مواردی که باعث کاهش مصرف انرژی می شود استفاده از تکنولوژیهای جدید و مواد اولیه باکیفیت بالا می باشد. اکثر واحدهایی که در کشور وجود دارند قدیمی بوده و نشتیهای زیادی در قسمتهای مختلف آنها وجود دارد یا راندمان آنها پایین است و در مواردی کیفیت محصولات تولیدی قابل قیاس با مشابه های خارجی نیست. لذا بایستی واحدهایی که انرژی بالایی مصرف می کنند شناسایی شوند و در راه تغییر فرآیند و کارهای دیگر اقدام شود [۲]. از جمله کارهایی که در این زمینه انجام شده استفاده از *MDEA* در صنایع پالایش گاز و شیرین سازی است. در صورت استفاده از این ماده، ظرفیت واحد بالا، انرژی مورد نیاز کم و در نتیجه سرمایه گذاری کاهش می یابد. این آمین نسبت به *DEA* و *MEA* در غلظتهای بالاتر می تواند مورد استفاده قرار گیرد، در نتیجه به علت کاهش جریان برگشتی، توان کمتری برای کار پمپها لازم است. همچنین در ریویلر به خاطر اینکه انرژی کمتری برای شکستن پیوند بین آمین و گاز اسیدی لازم است، انرژی کمتر مصرف می شود. از طرف دیگر انتخاب پذیری بالای *MDEA* باعث صرفه جویی در مصرف انرژی می شود و نیز به علت خاصیت خوردگی کم آن، طول عمر تجهیزات افزایش می یابد و هزینه های نگهداری نیز کمتر می شود [۳].

۲- استفاده بهینه از مواد و بازیابی آنها در صنایع مختلف: در بیشتر صنایع کشور به خاطر ناقص انجام گرفتن واکنشها، قدیمی بودن دستگاهها، تکنولوژیهای قدیمی و تخصصی نبودن مسئولیتها مواد با ارزش زیادی در پسابهای واحدها وارد شده و دور ریخته میشوند. در این زمینه هم میتوان با انجام تحقیقات لازم اقدام به بازیابی این مواد کرد [۲]. از کارهای انجام گرفته در این زمینه می توان به موارد زیر اشاره کرد:

الف- بازیابی فلزات با ارزش از کاتالیزورهای مستعمل: سالیانه مقدار زیادی از کاتالیزورهای مورد استفاده در صنایع پالایشگاهی و پتروشیمی ها به صورت مستعمل انبار می شوند که دارای فلزات با ارزشی همچون پلاتین، کبالت، مولیبدن و ... می باشند. این فلزات قابل بازیابی بوده و بازیافت آنها از لحاظ اقتصادی نیز مقرون به صرفه است و با احداث واحدهای می توان این کار را انجام داد [۴].

ب- بازیابی و استفاده مجدد متانول مصرفی: در واحد خالص سازی پروکسید هیدروژن *FMC* توانستند با استفاده از روش تقطیر بخار تا ۹۰ درصد متانول را از پساب بازیابی کنند. استفاده از این روش باعث کاهش تولید پسابهای حاوی متانول و کاهش مصرف انرژی می گردد.

۳- بهینه سازی و مدل کردن واحدهای صنعتی و افزودن تجهیزات اضافی: در این زمینه می توان با انجام تغییراتی در واحد و یا اضافه کردن تجهیزاتی و یا انجام کارهایی مثل شبیه سازی، مدل سازی و کنترل واحدها در مصرف کمتر انرژی، کیفیت بالای محصولات و حداقل کردن هزینه ها قدم برداشت. در اغلب واحدهای شیمیایی که واکنشهای شیمیایی صورت می گیرد برای بهینه کردن انرژی باید سعی شود که واکنشها تا حد امکان در جهت کامل شدن پیش بروند و از دیگر پارامترها هم مدیریت انرژی است که با مشاهدات و کنترلهای خود می تواند فرآیندهای پیچیده صنعتی را در جهت بهینه شدن پیش ببرد (مثل انتخاب سیستم، پارامترهای فرایند که باید نشان داده شوند، تجهیزات اندازه گیری که باید استفاده شوند و...) [۲]. نمونه کارهای صورت پذیرفته عبارتند از:

الف- بهینه سازی مصرف انرژی در برجهای تقطیر: در صنعت نفت، برج تقطیر یا واحد تقطیر یکی از کلیدی ترین واحدهای مصرف کننده انرژی است که به وسیله شبیه سازیها و مدلهای کامپیوتری می توان مصرف انرژی را در این بخش به حالت بهینه درآورد. امروزه کاهش مصرف انرژی در عملیات تقطیر در کاهش قیمت تمام شده محصولات بیشتر موثر است [۵]. کلیه فعالیتها در این رابطه را می توان به سه گروه تقسیم بندی کرد.

۱- روشهایی که سرمایه مورد نیاز آنها کم است : تنظیم جریان برگشتی به برج، محل ورودی خوراک، بهبود در تعمیرات و روشهای تعمیراتی، فشار داخل برج

۲- روشهای با سرمایه گذاری متوسط: مثل استفاده از روشهای بازیافت اتلاف حرارتی، عایق کاری، جابجایی سینی ها با تجهیزات موثر مشابه (پرکن ها با کارایی بیشتر، ارتفاع معادل کمتر وافت فشار کمتر)

۳- روشهای با سرمایه گذاری بالا: این روشها منجر به بازیافت انرژی زیادتری نسبت به دو مرحله قبل می شوند که از آن جمله موارد، بهینه سازی یا تعویض سیستم کنترل و ابزار دقیق و همچنین میعان دو مرحله ای در بخش بالا سری است.

ب- اضافه کردن تجهیزاتی برای بازیابی انرژی: در بیشتر صنایع می توان با افزودن تجهیزاتی انرژی قابل ملاحظه ای را بازیابی کرد. به عنوان نمونه با استفاده از توربو اسکرابرها در خروجی دودکشهای صنعتی می توان حرارت گازهای خروجی را بازیابی کرد.

مورد دیگر استفاده از تکنولوژی *HBT* برای مبدلهای لوله- پوسته است. در مبدلهای لوله- پوسته ، در قسمتهای مختلف مقداری انرژی گرمایی به هدر می رود. تحقیقات نشان داده است که هرچه ضخامت لوله ها و درصد مکش بیشتر شود، گرمای بیشتری در این واحدها به هدر می رود. بنابراین باید روی طراحی، استحکام و دوام این قسمتها برای بهینه سازی انرژی دقت بالایی منظور شود. یکی دیگر از موارد، رسوب ناخالصیها درون لوله ها است که سرعت انتقال گرما را کاهش می دهد و علیرغم مصرف بیشتر انرژی، بازده پایین می باشد. در تکنولوژی *HBT* توپهای اسفنجی که در درون لوله های کندانسور نصب می شود تا ناخالصیهای سیال در حال گردش را بگیرد، حکم فیلتر را دارد و از رسوب این مواد در بدنه داخلی لوله جلوگیری می کند. در نتیجه نرخ حرارتی خوبی داشته و انرژی هدر نمی رود.

یکی دیگر از مواردی که کاربرد فراوانی در صنایع دارند و مصرف انرژی آنها بالا است، فن ها و فیلترها هستند. با استفاده از وسایل کمکی که به طور اتوماتیک سرعت فن ها را با توجه به کاری که بایستی توسط آنها انجام پذیرد، تنظیم نماید مصرف انرژی کاهش می یابد [۶].

۴- یافتن کاربردهای جدید برای موادی که فعلا کاربرد خاصی ندارند: مواد اولیه زیادی وجود دارند که فعلا برای آنها کاربرد خاصی وجود ندارد و یا به صورت ناخواسته تولید می گردند. در این زمینه می توان کارهایی انجام داد و کاربردهایی برای آنها پیدا کرد [۲].

۵- استفاده از انرژیهای نو و تجدید پذیر: در این زمینه کارهای زیادی می توان انجام داد که نیازمند این است تا مشخصات جغرافیایی مناطق مختلف از لحاظ مقدار تابش خورشید، بادهای منطقه و ... به خوبی تعیین شود و بر اساس آنها تصمیمات لازم اتخاذ شود. نمونه ای از این موارد استفاده از انرژی خورشیدی مثل سلول خورشیدی و انرژی باد مثل توربینهای بادی است [۲].

۶- آموزش روشهای صرفه جویی در انرژی به کارکنان: یکی از موارد مهم فرهنگ سازی مصرف انرژی در بین کارکنان در صنعت می باشد. این امر از طریق برگزاری کلاسهای آموزشی و یا رسانه های جمعی امکانپذیر می باشد.

نمونه های عملی بهینه سازی مصرف انرژی

در اینجا به منظور درک بهتر امر بهینه سازی مصرف انرژی و روشهای عملی کاهش آن به بررسی چند نمونه عملیاتی می پردازیم.

الف- پروژه های بهینه سازی مصرف انرژی در شرکت پالایشگاه نفت اصفهان [۷] شامل:

- نصب ایستگاه ثانویه کاهش فشار به منظور جایگزینی سوخت مایع با سوخت گاز طبیعی که اثرات آن عبارتند از: کاهش آلودگی هوا، بالا بردن بازدهی کوره ها، حذف مصرف بخار پودرکننده
- نصب مبدل های حرارتی *Packinox* در واحدهای تبدیل کاتالیستی که اثرات آن کاهش مصرف سوخت، افزایش عمر کاتالیست و امکان افزایش خوراک با کاهش بار حرارتی کولرهای هوایی است.

- نصب و راه اندازی واحد جدید تولید ازت مایع نیز کاهش مصرف انرژی (به دلیل افزایش راندمان تولید ازت)، کاهش آلودگی محیط زیست و تولید ازت با خلوص بالاتر را سبب شده است.

- تصفیه آب های آلوده با املاح بالا به روش اسمز معکوس از دیگر فعالیت های در جهت بهینه سازی مصرف انرژی بوده که آب های آلوده با املاح بالا تصفیه و دوباره استفاده می شود.

- پروژه نوسازی واحد تقطیر که باعث کاهش دمای خروجی کوره، کاهش مصرف انرژی، ایجاد پتانسیل افزایش خوراک و تفکیک بهتر محصولات در برج تقطیر در خلا می شود.

- نصب نگارنده های درجه حرارت بر روی دودکش کوره ها به منظور بهبود عملکرد کوره ها، اندازه گیری اکسیژن و منوکسید کربن خروجی از دودکش ها، نصب جریان سنج روی مسیر سوخت مصرفی و ترمیم عایق کاری کوره ها و دیگ های بخار. انجام این عملیات باعث کاهش مصرف سوخت و بهینه شدن عملیات احتراق در کوره ها می شود.

- پروژه جایگزینی آب بند روغنی با آب بند گازی در کمپرسورهای واحد آیزوماکس و تبدیل کاتالیستی که موجب کاهش روغن آب بندی مصرفی، کاهش مصرف انرژی در کمپرسورهای مربوط و کاهش هزینه های تعمیرات و نگهداری می گردد.

ب - پروژه بهینه سازی انرژی کوره ها [۸]

یک نمونه از تجهیزات که در صنایع به خصوص صنعت نفت و گاز دارای اهمیت ویژه ای است کوره می باشد. بیشتر کوره ها تا دهه ۶۰ میلادی فقط دارای بخش تشعشی با راندمان حدود ۵۰ تا ۶۰ درصد بودند ولی با افزایش قیمت سوخت روشهایی برای کاهش انرژی و افزایش راندمان کوره ها ارائه گردید و پس از آن کوره هایی با بخش جا به جایی ساخته شدند. با افزایش بیشتر قیمت سوخت و شدت گرفتن مقررات زیست محیطی تمهیدات بیشتری برای استفاده هر چه بیشتر از انرژی هدر رفتی صورت پذیرفت که با این تغییرات در حال حاضر راندمان کوره ها به ۹۲ درصد نیز رسیده است.

روشهایی که برای کاهش مصرف انرژی در کوره ها ارائه گردیده عبارتند از:

- کاهش افت از بدنه: دو عامل قابل بررسی است، یکی کاهش دمای جداره که با بهبود کیفیت و همچنین ترمیم قسمتهای آسیب دیده عایق و نسوز کوره حاصل می گردد و دیگری ضریب تشعشع کوره است که با جلوگیری از زنگ زدگی سطح کوره که سبب افزایش ضریب صدور سطح می شود می توان آن را کاهش داد و این امر باعث کاهش افت بدنه می گردد.

- کاهش هوای اضافی: در محدوده دمای کوره حدودا افزایش هر ۱۰ درصدی هوای اضافی باعث کاهش راندمان در حدود ۱.۵ درصد خواهد شد. از طرفی مقدار هوای اضافی برای گاز طبیعی کمتر از سوخت مایع است. با توجه به این موضوع برای یک ماده یکسان محفظه احتراق، گازی کردن کوره از هوای اضافی کاسته و مصرف انرژی را کاهش می دهد.

- کاهش دمای گازهای خروجی از دودکش: کاهش هر ۲۰ درجه دمای دودکش یک درصد راندمان کوره را افزایش می دهد. لیکن در کاهش دمای دودکش بایستی به نقطه شبنم اسید سولفوریک موجود در گازهای خروجی نیز توجه شود.

- استفاده از انرژی گازهای داغ خروجی از کوره: بهترین و ساده ترین راه، استفاده از انرژی گازهای داغ خروجی جهت پیش گرمایش هوای احتراق است. مورد دیگر کاربرد آن تولید بخار است.
ج: کاهش مصرف انرژی در سیستم بخار [۹]

در بسیاری از تاسیسات صنعتی، سیستم بخار بزرگترین مصرف کننده انرژی میباشد. برنامه های مدیریت انرژی در سیستم های بخار با ارزیابی بازدهی سیستم بخار فعلی شروع شده و با اجرای راهکارهای صرفه جویی انرژی ادامه می یابد. راهکارهای صرفه جویی انرژی در سیستم بخار عبارتند از:

- کار کردن در پایینترین فشار یا دمای عملکردی بویلر بر اساس تقاضای مورد نیاز
- کارکردن در حداکثر بار سیستم جهت رسیدن به ماکزیمم بازدهی بویلر
- تنظیم صحیح مشعل بویلر و تنظیم نسبت سوخت به هوا و کنترل درصد هوای اضافه
- عایقکاری سطوح بدون عایق
- تنظیم فشار بهینه داخل بویلر
- نصب اکونومایزر
- تمیز کردن سطوح کثیف در بویلر جهت بهبود انتقال حرارت
- بازیافت حرارت اتلافی گازهای داغ خروجی جهت پیشگرم کردن هوای احتراق
- راه حل نهایی در سیستم بویلر، جایگزینی سیستم فعلی ناکارا با بویلر با بازدهی انرژی بالا می باشد.
- در سیستم انتقال و توزیع بخار راهکارهای مهم صرفه جویی انرژی عبارتند از:
 - استقرار سیستم تعمیرات و نگهداری تله های بخار
 - شناسایی و برطرف نمودن نشتی های بخار و میعانات
 - عایقکاری سطوح
 - بهبود سیستم بازیافت میعانات
 - کاهش فشار و دمای سیستم انتقال و توزیع بخار در صورت امکان
 - کاهش طول سیستم لوله کشی
 - نصب سیستمهای شبیه سازی و کنترلی
 - انتخاب اندازه مناسب لوله ها در سیستم
 - تخلیه هوای موجود در سیستم بخار

بررسیها نشان می دهد، افزایش بازدهی بویلر، فلش میعانات به بخار LP ، بازیافت میعانات و افزایش عایقکاری سیستم لوله کشی و تجهیزات بیشترین تاثیر مثبت را در کاهش هزینه های انرژی دارند. تغییر شرایط بخار سوپرهمیت منجر به افزایش هزینه های انرژی و به تبع آن سایر پارامترها می شود که دلیل آن افزایش سوخت مصرفی در بویلر جهت تامین بخار مورد نیاز می باشد. همچنین فلش میعانات به بخار LP بیشترین تاثیر را در کاهش نرخ بخار بویلر و بازیافت میعانات بیشترین تاثیر را در کاهش نرخ آب ورودی به سیستم دارد.

نتیجه گیری: بهینه سازی مصرف انرژی در تمامی صنایع نفت و گاز بایستی صورت پذیرد، زیرا اکثر تجهیزات در صنایع نفت و گاز با انرژی فسیلی که برگشت ناپذیر است کار می کنند. بهینه سازی مصرف انرژی علاوه بر تضمین وجود انرژی برای آینده، باعث کاهش هزینه ها شده و به محیط زیست نیز کمک شایانی می کند. از طرفی هنگام انتخاب تجهیزات بایستی به راندمان آنها توجه ویژه ای گردد، زیرا قیمت اولیه تجهیزات با راندمانهای مختلف تفاوت چندانی ندارند اما در درازمدت از هدررفت انرژی به میزان زیادی جلوگیری می شود.

مراجع

- ۱- محمدی اردهالی مرتضی، مفاهیم بهینه سازی مصرف انرژی، مجله اقتصاد انرژی، آبان ۱۳۸۱
- ۲- فاتحی فر اسماعیل، پاک نیا سعید، کشاورز پیمان، ارائه راهکارهایی برای صرفه جویی در مصرف انرژی، دانشگاه شیراز دانشکده مهندسی شیمی
- ۳- <http://www.amines.com>
- ۴- سلطان محمد زاده جعفر صادق، فاتحی فر اسماعیل، بازیابی فلزات با ارزش از کاتالیزورهای مستعمل پالایشگاهی، دانشگاه صنعتی سهند، تبریز ۱۳۸۰
- ۵- شهری صمد، روشهای بازیافت انرژی در فرایند تقطیر، مجله مهندسی شیمی ایران، آبان ۱۳۸۱
- ۶- <http://www.nederman.com>
- ۷- <http://www.shana.ir>
- ۸- کیوانی سعید، هراتیان مجتبی، ارسلان صدری ملک و پسندیده فرد احمد، ممیزی و ارائه راهکارهایی برای کاهش مصرف بازیافت انرژی در کوره ۱۰۱ پالایشگاه اصفهان، سومین همایش بین المللی انرژی
- ۹- عرب قاسم و براتی عقیل، بهینه سازی مصرف انرژی در سیستم بخار یک پالایشگاه نفت