

تعمیر و نگهداری تله‌های بخار راهکاری مؤثر جهت صرفه‌جویی انرژی

آرش اژدری

دفتر بهینه‌سازی مصرف انرژی، شرکت توسعه صنایع بهشهر

چکیده

یکی از راهکارهای نسبتاً ساده و مؤثر برای صرفه‌جویی انرژی در سیستم‌های بخار که در کشور ما کمتر به آن توجه می‌شود، بازرسی تله‌های بخار است. تله‌های بخار با این که وسائل نسبتاً ساده و ارزانی هستند، اما در صورت درست عمل نکردن به وظیفه‌شان، باعث بروز مشکلات برای فرآیندها و یا اتلاف بخار به قیمت گزاف می‌شوند. ایجاد یک برنامه منظم برای بازرسی تله‌های بخار موجود و بررسی کارکرد درست و صحت انتخاب تله‌های بخار نصب شده، می‌تواند عامل مؤثری برای صرفه‌جویی مصرف انرژی در سیستم تولید و توزیع و مصرف بخار باشد.

برای دستیابی به این منظور، تدوین یک برنامه جامع تعمیر و نگهداری برای تله‌های بخار بسیار ضروری است. برای تدوین این برنامه نیاز به داشتن اطلاعاتی در مورد تله‌های بخار، علل خرابی و روش‌های بازرسی آن است. در واقع اجرای یک برنامه تعمیر و نگهداری مناسب برای بهره‌برداری خوب از تله‌های بخار یک واحد، باعث صرفه‌جویی در مصرف انرژی می‌شود.

در این مقاله سعی در معرفی عوامل و پارامترهای مؤثر در تدوین چنین برنامه تعمیر و نگهداری شده است.

واژه‌های کلیدی: تله بخار، کندانس، تله بخار مکانیکی، تله بخار ترموستاتیک، تله بخار ترمودینامیک

مقدمه

تجهیزات بسیار متفاوتی در زندگی روزمره ما وجود دارد که با بخار کار می‌کنند. این حوزه از یک خشک‌شویی فقط با ه تله بخار تا یک پالایشگاه با تعداد هزاران تله را شامل شود. متناسب با اندازه تأسیسات، اثر تله‌های بخار خراب بر فرآیند می‌تواند خطرناک و زیان‌آور باشد. تله‌های بخاری که پس از خراب شدن بسته مانده‌اند، مبدل حرارتی را دچار آب گرفتگی نموده و فرآیند را به حال توقف در می‌آورند. تله‌های بخاری که پس از خراب شدن باز مانده‌اند نه تنها باعث اتلاف بخار پر فشار به قیمت گزافی می‌شوند بلکه بیشتر اوقات فشار موثر بخار را در دستگاه‌های مصرف‌کننده کاهش می‌دهد و ضمن پایین آوردن دمای فرآیند، نتایج زیان‌آوری را به بار می‌آورند. بنابراین، تله‌های بخاری که درست کار نمی‌کنند کارایی فرآیند را کاهش می‌دهند و هزینه تولید را بالا می‌برند. برای جلوگیری از این اتلاف و کارکرد مناسب دستگاه‌های مصرف‌کننده بخار لازم است که تله‌های بخار در بهترین شرایط از نظر کارکرد باشند و بازرسی تله‌های بخار برای دستیابی به این امر ضروری است. در ضمن تعمیر و نگهداری تله‌های بخار یکی از راه‌های ارزان و ساده صرفه‌جویی در مصرف انرژی است. نتایج یک مطالعه در ۹۳ شرکت صنعتی عمده ژاپن شامل پالایشگاه، صنایع شیمیایی، تولید نیرو و فولاد نشان می‌دهد که قریب ۳۰ درصد تله‌های بخار در حال کار خراب هستند.

وظایف تله‌های بخار به طور کلی عبارتند از:

- تخلیه کندانس به محض شکل‌گیری
 - ممانعت از خروج بخار
 - تخلیه هوا و سایر گازهای غیرقابل چگالش
- برای انجام وظایف فوق از تله‌های بخار که در واقع نوعی شیر اتوماتیک می‌باشند استفاده می‌شود. تله‌های بخار را از نظر نوع، کلاً به سه دسته تقسیم می‌کنند:
- تله‌های بخار مکانیکی
 - تله‌های بخار ترموستاتیک
 - تله‌های بخار ترمودینامیک

خرابی تله‌های بخار

تله‌هایی که پس از نصب صحیح نتوانند وظایفی را که در بالا بدان اشاره شد به‌درستی انجام دهند، خراب هستند و خرابی این تله‌ها به شرح زیر است:

- باز بودن تله‌های بخار
 - ۱- نشستی تله بخار^۱
 - ۲- خروج بخار از تله بخار^۲ (تله بخار کاملاً باز است)
 - بسته بودن تله‌های بخار^۳

1- Leaking
2- Blowing
3- Blocking

دلایل کارکرد نامناسب تله‌های بخار

عواملی که باعث کارکرد نامناسب تله‌های بخار می‌شوند متنوع بوده و همچنین بستگی به نوع تله بخار نیز دارند. برخی به علت خرابی خود تله می‌باشند و برخی به علت نصب نوع نامناسبی از تله یا وضعیت نامناسب نصب آن است. عواملی که باعث کارکرد نامناسب تله‌های بخار می‌شوند عبارتند از:

- سایش سطح آب‌بندی‌کننده تله به وسیله بخار، آب و ذرات موجود در کندانس و همچنین به خاطر کارکرد؛
- محدودیت حرکت اجزای شیر به واسطه خوردگی یا جرم‌گرفتگی؛
- بسته‌نشدن کامل شیر به خاطر آشغال یا جرم‌هایی که در اثر خوردگی بین شیر و نشیمنگاه آن قرار گرفته‌اند؛
- نامیزانی سطوح آب‌بندی (شیر و نشیمنگاه) به خاطر ضربه قوچ، انجماد یا نصب نامناسب قطعات تعویض شده؛
- پارگی یا تغییر شکل شناور یا فانوسی تله ترموستاتیک به وسیله انجماد، ضربه قوچ یا خوردگی، یا در تله‌های سطلی معکوس، نبود آب در داخل تله باعث می‌شود تا تله کاملاً باز باشد؛
- در تله‌های ترمودینامیک دیسکی، کمبود آب به منظور آب‌بندی ورودی تله بخار، باعث می‌شود که دیسک تله پی در پی نوسان کند.

دو عامل اول اغلب در مورد هر تله‌ای که زمان زیادی از کارکرد آن می‌گذرد اتفاق می‌افتد عامل سوم در برخی از انواع تله‌ها محتمل است، به خصوص هنگامی که تصفیه آب ناقص، باعث خوردگی در سیستم شود. چهار عامل آخر اغلب به واسطه نصب نادرست یا انتخاب نوع نامناسبی از تله رخ می‌دهد.

بازرسی تله‌های بخار

برای بازرسی تله‌های بخار لازم است تا مقدماتی برای این کار مهیا شود این عوامل عبارتند از:

- ۱- افرادی که به بررسی تله‌های بخار خواهند پرداخت، لازم است که کاملاً در مورد انواع مختلف تله‌های بخار و اصول عملکرد و ویژگی‌های هر یک از انواع تله‌های بخار و دستگاه‌های که به منظور بررسی تله‌های بخار به کار گرفته می‌شوند، به طور کامل آموزش دیده باشند و در ضمن به این کار علاقه‌مند باشند.
- ۲- قبل از انجام هر کاری، لازم است تا نقشه آن موقعیت همراه با مناطق مختلف کارخانه با یک کد مشخصه تهیه شود، این کار به منظور کمک به بازرس در تعیین مکان تله‌های بخار است.
- ۳- برای هر منطقه یک سری کد تعریف شود. بازرس باید محل تمام تله‌های بخار را در نقشه محوطه تعیین کند و به هر تله برچسب با شماره مخصوص تله را بزند که پیشوند این شماره کد منطقه تعیین شده باشد.
- ۴- پیشنهاد می‌شود برنامه منظم بازرسی به طور مرتب انجام شود. برای مثال جدول زیر با توجه به فشار کاری تله بخار و کاربرد آن دفعات بازرسی در سال را پیشنهاد می‌دهد. البته این جدول به عنوان یک پیشنهاد اولیه می‌باشد تا با توجه به آمار و اطلاعات از خرابی تله‌های بخار و نوع، مکان و سازنده آنها درباره تهیه برنامه‌ای زمان‌بندی شده متناسب با واحد مورد نظر برای بازرسی تله‌های بخار اقدام شود.

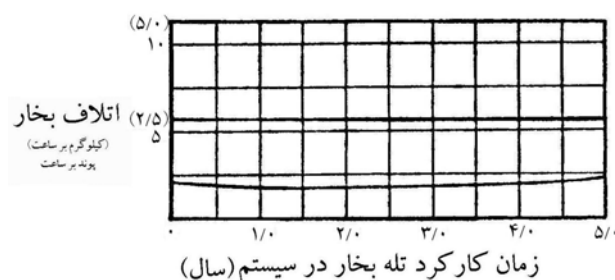
جدول ۱- پیشنهاد برای تعداد دفعات بازرسی تله‌های بخار در سال

فشارکاری (بارنسبی)	کاربرد			
	خط اصلی	گرمایش لایه‌ای ^۴	کویل	فرایند
۰-۷	۱	۱	۲	۳
۷-۱۷	۲	۲	۲	۳
۱۷-۳۰	۲	۲	۳	۴
بیش از ۳۰	۳	۳	۴	۱۲

عوامل مؤثر در تعیین تعداد دفعات بازرسی سالیانه عبارتند از:

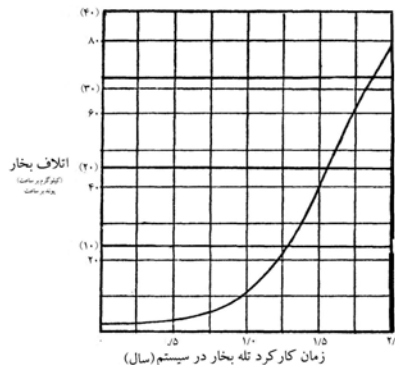
الف- نوع تله نصب شده

تله‌های سطلی معکوس و تله‌های شناور تله‌هایی قابل اعتماد هستند. در حالت کارکرد عادی، این تله‌ها ممکن است بدون مشکل، چندین سال متوالی کار کنند. شکل زیر اتلاف بخار توسط تله‌های بخار سطلی معکوس را با توجه به سال کارکرد نشان می‌دهد.



نمودار ۱- اتلاف بخار تله‌های بخار سطلی معکوس با توجه به زمان کارکرد

تله‌های دیسکی ترمودینامیکی کمتر از سایر انواع تله‌ها قابل اعتماد هستند و ممکن است تنها ظرف چند ماه مصرف بخار این تله‌ها افزایش یابند. شکل زیر اتلاف بخار توسط تله‌های ترمودینامیکی را نسبت به زمان کارکرد نشان می‌دهد.



نمودار ۲- اتلاف تله‌های بخار ترمودینامیکی با توجه به زمان کارکرد

ب- تعداد تله‌های سیستم

هر چه تعداد تله‌ها در سیستم بیشتر باشد، این احتمال که تعداد بیشتری تله‌های بخار در یک دوره زمانی معین دچار نشتی شوند، افزایش می‌یابد.

ج- ظرفیت تله

ظرفیت تله بستگی به سایز اورفیس و اختلاف فشار دو طرف آن دارد. هر دوی این عوامل تعیین‌کننده مقدار اتلاف بخار در زمان خرابی تله است. از این رو به بازرسی تله‌های بزرگتر باید اهمیت بیشتری داده شود. زیرا در صورت خرابی این نوع تله‌ها، مقادیر زیادی انرژی تلف می‌شود.

د- در دسترس بودن کارکنان

بررسی بین هزینه بخار اتلافی و هزینه کارکنان برای بازرسی تله‌های بخار، یکی از عوامل تعیین‌کننده می‌باشد.

ه- در دسترس بودن تله‌های بخار

یکی از عوامل مؤثر در هزینه کارکنان موقعیت و وضعیتی است که تله بخار در آن محل نصب شده است. برای مثال تله در مکان‌های مرتفع یا پر خطری نصب شده است.

و- فشار بخار

فشار بخار یکی از عوامل تعیین‌کننده در تعداد دفعات بازرسی است؛ زیرا با افزایش فشار بخار اتلاف از تله‌های خراب و احتمال خرابی آنها افزایش می‌یابد.

ز- کاربرد تله بخار

وظیفه تله بخار نیز به عنوان یک عامل تعیین‌کننده در تعداد دفعات بازرسی در سال است. در یک برنامه جامع تعمیر و نگهداری باید کاربرد و وظیفه تله بخار دقیقاً مشخص شود و تعیین گردد که خرابی این

تله‌ها چه پیامدهایی را خواهد داشت و سپس با توجه به اهمیت آن تعداد دفعات بازرسی در سال مشخص شود.

۵- برای بررسی کارکرد تله‌ها نیاز به یک لیست بازرسی است تا فرد را در انجام این کار کمک نماید. این لیست باید شامل موارد زیر باشد:

- ۱- شماره منطقه؛
- ۲- شماره تله؛
- ۳- نام سازنده؛
- ۴- شماره مدل (فنی)؛
- ۵- نوع تله بخار: (مکانیکی، ترموستاتیکی، ترمودینامیکی)؛
- ۶- مکان تله نسبت دستگاه: (بالا، پایین)؛
- ۷- کاربرد: (تخلیه خط اصلی بخار، تخلیه دستگاه فرآیند، تخلیه خط Tracing، تخلیه دستگاه گرمایش)؛
- ۸- اولویت: (بسیار مهم، مهم، عادی، فرعی)؛
- ۹- مکان تله از لحاظ ارتفاعی: (بالا، پایین)؛
- ۱۰- مکان تله نسبت به واحد: (داخل، خارج)؛
- ۱۱- وضعیت کندانس از لحاظ بازیابی: (دارد، ندارد)؛
- ۱۲- حالت کارکرد تله بخار: (پیوسته، ناپیوسته)؛
- ۱۳- فشار خط ورودی؛
- ۱۴- فشار خط برگشت کندانس؛
- ۱۵- دمای کارکرد تله؛
- ۱۶- نوع و اندازه اتصال؛
- ۱۷- زمان نصب؛
- ۱۸- وجود صافی در ورودی تله بخار؛
- ۱۹- تاریخ بازرسی بعدی؛
- ۲۰- ملاحظات

۶- مدارک سازنده تله‌های بخار موجود در واحد صنعتی و سایر مدارک لازم تهیه شود.
۷- با توجه به مدارک سازنده تله بخار، بررسی شود که آیا از لحاظ نوع و اندازه، تله مناسبی انتخاب شده و همچنین توصیه‌های لازم در مورد نصب صحیح تله در نظر گرفته شده است. چه بسا، تله بخار از لحاظ نوع، اندازه و سایر عوامل به درستی انتخاب شده باشد، اما نصب به طریق نادرست، باعث شود که یک تله سالم کارکرد نامناسب پیدا کند.

روش‌های بررسی کارکرد تله‌های بخار

بررسی کارکرد تله‌های بخار در حال کار به‌طور عمده به چهار طریق زیر صورت می‌پذیرد:

۱- روش‌های بصری

در این روش شخص با مشاهده تخلیه تله بخار، صحت کارکرد تله بخار را ارزیابی می‌نماید. برای این منظور اگر مشاهده کندانس خروجی به علت متصل بودن خروجی تله به خط کندانس میسر نباشد، ممکن است یک شیر بلافاصله بعد از تله قبل از شیر قطع خروجی نصب شود که شخص با باز کردن آن و مشاهده چگونگی تخلیه کندانس، کارکرد تله را بررسی نماید. روش دیگر این است که در خروجی تله، یک شیشه رؤیت^۵ نصب شود تا خروجی تله بخار قابل رؤیت باشد. این روش برای بررسی تله‌های بخاری که کارکرد سیکی باز و بسته دارند مانند تله‌های سطلی معکوس و تله‌های ترمودینامیک مناسب می‌باشد.

۲- روش‌های حرارتی

این روش‌ها عموماً بر اساس اختلاف درجه حرارت در بالا دست و پایین دست تله‌های بخار کار می‌کنند. این روش‌ها عبارتند از روش‌های پایرومتری، ابزارهای نشانگر مادون قرمز، نوارهای حرارتی (که به دور تله پیچیده می‌شوند و در صورت افزایش دما رنگشان تغییر می‌کند) و چسب‌های حرارتی که در دماهای خاصی ذوب می‌شوند. عیب این روش این است که یافتن تله‌های بخاری که به صورت باز خراب شده‌اند با این روش مشکل است.

۳- روش‌های اکوستیک

در این روش شخص با گوش کردن صدای تله بخار پی به وضعیت کارکرد تله می‌برد. این کار به روش‌های مختلفی از جمله توسط گوشی‌های پزشکی، پیچ‌گوشتی، گوشی‌های مکانیکی و دستگاه‌های اولتراسونیک صورت می‌گیرد. گذر بخار از لوله‌ها تولید صدایی شبیه به "هیس" می‌کند، اما گذر کندانس از لوله، صدای شبیه به شرشر دارد. دستگاه‌های اولتراسونیک برای اینکار بهترین انتخاب می‌باشند زیرا قابلیت حذف سایر سر و صداهای محیط را دارند. این روش برای بررسی کارکرد تله‌های بخاری که کارکرد سیکی باز و بسته دارند مناسب است و برای بررسی کارکرد تله‌های بخاری که به طور پیوسته کار می‌کنند، مانند تله‌های شناور، لازم است دستگاه اولتراسونیک طوری کالیبره شود تا صداهای مزاحم حذف شوند و اگر در کنار این تله بخار، تله های دیگری نیز موجود است، لازم است حین بررسی کارکرد آنها به طور موقت متوقف شود.

۴- روش هدایت حرارتی

جدیدترین تکنولوژی در بازرسی تله‌های بخار، روش هدایت الکتریکی است. از آنجا که آب ماده هادی الکتریسیته است و بخار ضریب هدایت الکتریکی بالایی ندارد، با توجه به این اختلاف، در مورد حضور یا عدم حضور کندانس، با توجه به مقاومت حاصل می‌توان اظهار نظر نمود. برای این منظور از یک سنسور استفاده می‌شود. این سنسور در محفظه‌ای قبل از تله بخار نصب شده است و در هنگام کارکرد عادی تله بخار پر از کندانس است. هنگامی که تله بخار نشستی دارد یا کاملاً باز است، سطح کندانس درون محفظه

افت می‌کند و سنسور در معرض بخار قرار می‌گیرد و سیگنال الکتریکی از دستگاه اندازه‌گیری قطع می‌شود و خرابی تله نشان داده می‌شود. این سیستم با هر نوع تله‌ای و ساخت هر نوع سازنده‌ای کار می‌کند. در مدل‌های جدید این سنسور، از یک المان اندازه‌گیر دما استفاده شده است تا خرابی تله را در مواقعی که به صورت بسته خراب شده است، نشان دهد.

تجهیزات بازرسی تله‌های بخار و نرم‌افزارها

از میان سازندگان تله‌های بخار برخی شرکت‌ها اقدام به ساخت تجهیزات بازرسی تله‌های بخار کرده‌اند تا به بازرسان تله‌ها کمک کنند.

شرکت Spirax Sarco برای بررسی تله‌های بخار دستگاه Spiratec را ارائه نموده است که دو مدل قابل حمل و ثابت دارد. البته برای استفاده از آن لازم است در جلوی تله بخار یک سنسور نصب شود. شرکت Gestra دستگاه VKP-30 را برای کنترل و ارزیابی و ثبت داده‌های مربوط به تله‌های بخار ارائه کرده است. دستگاه قابل حمل است و پس از بازرسی، گزارشی در مورد تله‌های نیازمند به تعمیر و همین‌طور تاریخچه‌ای از بازرسی‌های گذشته را ارائه می‌نماید. شرکت TLV دستگاه Trapman را برای آنالیز و بررسی تله‌های بخار ارائه کرده است. اطلاعات بیش از ۳۰۰۰ تله بخار مختلف برای آنالیز در حافظه دستگاه وجود دارد.

نرم افزار Steam Work Pro محصول شرکت Conserve-It Software یک برنامه مناسب برای حفظ و نگهداری اطلاعات تله‌های بخار است که از سایت شرکت قابل دریافت است. نرم‌افزار Trap Base XP محصول شرکت Field Data Specialists یک نرم‌افزار جامع و کامل برای ثبت و ضبط و آنالیز داده‌ها است. نرم‌افزار Trap Master محصول شرکت Yarway نیز یک نرم افزار مناسب برای این منظور است.

نتیجه‌گیری

ایجاد یک برنامه مدون و جامع برای تعمیر و نگهداری تله‌های بخار امکان صرفه‌جویی و استفاده مؤثر از شبکه بخار را برای صنایع مختلف فراهم می‌آورد. با رشد تکنولوژی امکان استفاده از روش‌ها یا دستگاه‌های ویژه برای این کار فراهم شده است و همچنین امکانات و نرم‌افزارهای ویژه برای ثبت و نگهداری و آنالیز اطلاعات تله‌های بخار شبکه، این امکان را به واحدهای مسئول می‌دهد تا با آنالیز آماری این اطلاعات، گزارش‌ها و هزینه‌های اتلاف بخار، اقدام به برنامه‌ریزی‌های تعمیر و نگهداری کنند و راندمان بخش انتقال و مصرف بخار را در حد مطلوبی حفظ نماید.

منابع

۱- سیدحسین علوی‌زاده، آرش اژدری، سپهر صدیقی، "استفاده مؤثر از سیستم‌های بخار"، دفتر بهینه‌سازی مصرف انرژی شرکت توسعه صنایع بهشهر، ۱۳۸۱.

- 2- Armstrong Co., Making Your Steam System More Efficient.
- 3- Armstrong Co., Efficient Steam Traps for Energy Conservation, Donald R. Wulfinghoff.
- 4- "Energy Efficiency Manual", Energy Institute Press, Maryland, 1999.
- 5- Spirax Sarco Inc., Design of Fluid Systems, Twelfth Edition, 2000.