

ارائه روشی پیشرفته در ممیزی تلفات حرارتی در ساختمانهای بزرگ و صنایع

هاشم مرتضوی، سینا کاظمیان

عضو هیات عملی گروه برق و عمران دانشگاه آزاد اسلامی - واحد بجنورد

چکیده:

بکارگیری روشهای مختلف مدیریت انرژی در صنعت و پایه ریزی اصول ممیزی انرژی اکنون قدمتی بیش از ربع قرن دارد. در این ارتباط روش های گوناگون برای ممیزی انرژی در زمینه های مدیریت مصرف برق، سیستم های تهویه مطبوع، گرمایش و سرمایش و ... تدوین شده و در حال گسترش روزافزون می باشد. هدف این مقاله معرفی مختصر تکنولوژی ترموویژن و بیان کاربردهای عملی منحصر به فرد این دستگاه در ممیزی انرژی تاسیسات صنعتی بزرگ و ساختمان ها است. واژه های کلیدی: ترموویژن، ممیزی انرژی، تلفات حرارتی

۱- مقدمه

ممیزی انرژی، مانند بسیاری از فعالیت های مهندسی از قضاوت ها و تجارب حرفه ای بهره مند می شود. ممیزها می توانند دستورالعمل هایی را به مدیران ارائه نمایند و در صورتی که این دستورالعمل ها بطور صحیح اجرا گردند، بینشی از بخش های اساسی مدیریت مصرف انرژی را ایجاد می کنند. در بعضی از موارد حتی یک ممیزی، فقط با آگاه سازی مردم از چگونگی مصرف انرژی می تواند منجر به صرفه جویی آنی انرژی شود. با این وجود، مهمتر آن بینشی است که یک ممیزی در چگونگی و محل مصرف مقادیر عظیم انرژی فراهم می آورد. اولین قدم در ارائه یک برنامه ممیزی از انرژی انجام یک بررسی اجمالی در سیستم مورد مطالعه می باشد.

معمولاً در بررسی های اجمالی موارد ذیل مورد دقت قرار می گیرند:

۱. سیستم روشنایی (یافتن روشنایی های غیرضروری و قابل حذف بطور موقت یا دائم).

۲. سیستم تهویه مطبوع (تنظیم مجدد ترموستات ها، تعمیر و نگهداری فیلتر و ...)
۳. کوره ها و اجاق ها (درجه حرارت های بیهوده، تلفات گرمایی و ...).
۴. خطوط بخار و بویلرها (تنظیمات مشعل ها، نشتی های بخار، فقدان عایق بندی و ...).
۵. تجهیزات برقی و سایر وسایل ویژه (کنترل تقاضا، ضریب قدرت و ...).
۶. آب (ظرفیت پمپاژ آب، کارایی پمپ، میزان هد رفتن آب و ...).

و ...

در انجام ممیزی انرژی به این روش، قدم اول شناسایی کلیه اشکال انرژی در محل و جمع آوری کلیه اطلاعات مرتبط با آنها می باشد. قدم دوم نیز به دست آوردن نقشه های ساده ای از محل می باشد که موقعیت هر ساختمان، ایستگاه زیرزمینی، خطوط انتقال، خطوط بخار و ... را نشان بدهد. سپس می توان با استفاده از ابزار آلات اندازه گیری کمیت های فیزیکی (مانند ولتاژ، جریان، توان اکتیو، توان راکتیو، دما، جریان سیالات و ...) مصرف انرژی محل را مشخص و با ارائه برنامه مناسب برای کاهش تلفات سیستم و یا افزایش بهره وری، برنامه ممیزی انرژی آن را به اتمام رساند. یکی از ابزارآلاتی که با توجه به قابلیت های گسترده آن در اندازه گیری دما بصورت نقطه ای و همچنین گستره دما بصورت ناحیه ای دقت بالایی دارد. دستگاه ترموویژن است که در ذیل به معرفی آن و ارائه کاربردهای منحصر به فرد آن در ممیزی انرژی اشاره می نمایم.

۲- روش های اندازه گیری درجه حرارت

از آنجاییکه یکی از روش های مهم در بهینه سازی مصرف انرژی کاهش تلفات حرارتی المان های سیستم می باشد. بنابراین اندازه گیری درجه حرارت تجهیزات و بخش های مختلف سیستم از اهمیت ویژه ای در ممیزی انرژی تاسیسات صنعتی و ساختمانی دارد. از این رو برای اندازه گیری دما از روش های مختلفی استفاده می گردد که عبارتند از:

۲-۱- مقاومت های حرارتی و یا ترمورزیستورها

اساس کار دماسنج های مقاومتی این است که مقاومت الکتریکی اکثر مواد در اثر تغییر درجه حرارت تغییر می نماید. با توجه به این مسئله در ساخت این مقاومت های حرارتی معمولاً از فلزات که دارای ضریب حرارتی مثبت هستند (ترموریزستور) و یا از نیمه هادی ها که دارای ضریب حرارتی منفی هستند (ترمیستورها) استفاده می شود.

۲-۲- ترمومترهای انبساطی

اساس کار دماسنج های مایع اینستکه سیالات در اثر گرم شدن منبسط و منقبض می گردند. معمولاً برای اندازه گیری درجه حرارت روغن، یاتاقان ها و هوای خنک کننده و ... از ترمومترهای انبساطی که در بدنه دستگاه ها جاسازی شده اند استفاده می شود.

۲-۳- استفاده از ترموکوپل

در اثر حرارت دیدن نقطه اتصال دو فلز غیرهمجنس یک ولتاژ ترمو الکتریک بوجود می آید که اساس اندازه گیری بوسیله ترموکوپل ها می باشد.

۲-۴- استفاده از فیلم های حساس

در این روش قطعاتی از فیلم های حساس بصورت حلقه ای به عرض ۱۵-۱۰ میلیمتر روی اتصال چسبانیده می شود، محل هایی را که برای الصاق فیلم در نظر گرفته می شود، ابتدا با پارچه تمیز آغشته به بنزین تمیز نموده و سپس بلافاصله بعد از مالیدن سلولز بنزین در محل، نوار فیلم را روی آن قرار داد. روی فیلم نیز مجدداً با محلولی چسبنده و شفاف پوشانده می شود. ضمناً نوارهای فیلم باید در جاهایی گذارده شوند که از فاصله ۶-۷ متری براحتی قابل رویت باشند. با تغییر دمای جسم این فیلم ها تغییر رنگ داده و از روی آن می توان دمای جسم را تعیین نمود.

۲-۵- پیرومترهای نوری

اجسام داغ بر اساس قوانین فیزیک از خود تشعشع حرارتی ساطع می نمایند که طول موج این تشعشعات از معادله پلانک پیروی می نماید. بنابراین برای هر دما یک طول موج و رنگ مشخص وجود دارد. پیرومتر نوری از یک سیستم عدسی و یک منبع حرارتی مخصوص تشکیل شده است. شخص عامل با این دستگاه به سطح مورد اندازه گیری نگاه می نماید و سپس دمای منبع حرارتی داخلی دستگاه را به گونه ای تنظیم می نماید تا هم رنگ محیط تشعشع انرژی شود.

۲-۶- ترموویژن

دماسنج های مادون قرمز نیز تشعشع حرارتی اجسام را تشخیص می دهند با این تفاوت که این وسایل کل انرژی (تمام طول موج ها) را جذب و دمای جسم را معین می نماید. انرژی ورودی بر روی یک سنسور تشخیص دهنده مادون قرمز متمرکز شده و دستگاه دمای جسم را نشان می دهد.

۲-۶- مقایسه روش های فوق

اکثر وسایل اندازه گیری فوق قادر به اندازه گیری دما با دقت 0.2% می باشند، ترمیستورها و ترمورزیستورها دارای دقت بهتری هستند در حالیکه پیرو مترهای نوری و دماسنج های مادون قرمز از دقت بیشتری در مقایسه با دیگر وسایل مخصوصاً در اندازه گیری دماهای بالا برخوردار هستند. مهمترین مشکل کاربرد دستگاه های فوق در ممیزی انرژی نقطه ای بودن اندازه گیری آنها می باشد. به عبارت بهتر این دستگاه ها قادر به اندازه گیری دمای تنها یک نقطه از سطح هستند و تنها دستگاه ترموویژن قادر به تهیه یک عکس حرارتی از کل سطح جسم و مشخص نمودن دمای تک تک نقاط با سرعت بالا است. به همین دلیل دستگاه ترموویژن علیرغم قیمت نسبتاً زیاد آن نسبت به دیگر روش های اندازه گیری دما از مزیت های فوق العاده ای در ممیزی انرژی تاسیسات صنعتی برخوردار است.

۳- تاریخچه فن آوری عکس برداری حرارتی

در نیمه اول قرن نوزدهم ویلیام هرشل (Sir William Herschel) برای اولین بار موفق به تهیه ترموگرام یا عکس حرارتی گردید. لیکن این پدیده تا مدتها بدون پیشرفت قابل توجهی باقی ماند. تا اینکه در سال ۱۸۸۰ و متعاقباً در سال ۱۸۹۲ پیشرفتهای قابل توجهی در اندازه گیری درجه حرارت توسط عکسبرداری حرارتی پدید آمد. بطوریکه در این زمان امکان اندازه گیری درجه حرارت یک موجود زنده از فاصله ۴۰۰ متری با دقت قابل قبول میسر گشت.

در طی دو جنگ جهانی استفاده از دانش ترموگرافیک بیشتر منحصر به کاربردهای نظامی و تسلیحاتی گردید بطوریکه در طی جنگ جهانی دوم بوسیله دوربینهای ترموویژن امکان ردیابی هواپیما در فاصله ۱/۵ کیلومتری مقدور گشت.

در سال ۱۹۶۰ پس از دو دهه تحقیق و بررسی مداوم سرانجام کاربرد عملی و اقتصادی پدیده ترموگرام ظاهر گشت. در این زمان برای تهیه یک عکس حرارتی بیش از ۱۰ دقیقه مورد نیاز بود و بعلاوه تصاویر حاصل از دقت عمل کافی برخوردار نبودند که این امر خود تجزیه و تحلیل عکسها را دشوار و در بعضی موارد غیرممکن می ساخت و باعث محدودیت در کاربرد آنها می گردید.

پس از گذشت ۱۰ سال عکسبرداری ترموگرافیک که از نیتروژن مایع جهت خنک کردن سنسورهای آن استفاده می شد ابداع گردید. این سیستم که بصورت دوربین نسبتاً بزرگی ساخته می شد در حدود ۴۰ تا ۵۰ کیلوگرم وزن داشت. وزن زیاد دستگاه عملاً حمل و نقل و استفاده از آنها را در محل های موردنیاز محدود می ساخت و بعلاوه اینگونه دوربین ها نیاز به برق شهر داشتند که این خود در کاربرد آنها اشکال می نمود.

در سال ۱۹۷۵ عکسبرداری ترموگرافیک از نظر تکنولوژی ساخت و تکنیک کاربرد وارد مرحله جدیدی گردید. در این زمان وزن دوربین و ملحقات آن به حدود ۱۵ کیلوگرم کاهش یافت و بجای استفاده از

برق شهر از باتریهای نیکل - کادمیوم استفاده شد. در این نسل از دوربینها اگرچه حرارت بخوبی و با دقت اندازه گیری می شد معذالک برای اندازه گیری درجه حرارت مطلق نیاز به یک منبع مقایسه خارجی غیرقابل اجتناب بود.

طی چند سال اخیر بکارگیری دتکتورها و سنسورهای بسیار حساس که از ترکیبات جیوه و کادمیوم ساخته می شوند و نیز استفاده از کامپیوتر و قدرت ضبط تصاویر روی نوارهای ویدئو باعث پیشرفت فوق العاده در تکنولوژی ساخت و کاربرد دستگاههای ترموگرام گردیدند. هم اکنون علاوه بر سیستم خنک کننده نیتروژن مایع که در ساخت آن نسبت به طرحهای اولیه تغییرات کلی حاصل گردیده از سیستم ترموالکتریک (Thermoelectric) نیز جهت خنک کردن دتکتورها استفاده می شود و مضافاً منبع مقایسه درجه حرارت نیز بصورت Built-in Blackbody در داخل دوربینهای ترموویژن تعبیه می گردد. (۳-۵).

۳- کاربردهای ترموویژن در صنعت

با توجه به قابلیت های گسترده ترموویژن در اندازه گیری سریع دما و مشخص نمودن گستره دمایی سطح اجسام این دستگاه امروزه کاربردهای بسیار مهمی در زمینه های مختلف دارد که از آن جمله می توان به کاربردهای: نظامی (دوربین های دید در شب و ...)، پزشکی (تشخیص سرطان های مختلف)، صنعتی، دریانوردی، جنگلانی و ... اشاره نمود.

در میان کاربردهای فوق و جد از کاربردهای نظامی این دستگاه، استفاده از این دستگاه در اعمال مراقبت وضعیت تجهیزات در صنایع بزرگ بسیار مورد توجه می باشد [۱ و ۲]. در ذیل بطور خلاصه به کاربردهای فعلی این دستگاه در صنایع بطور خلاصه اشاره می شود:

۳-۱- کاربرد ترموویژن در عیب یابی پست های فشار قوی و خطوط انتقال

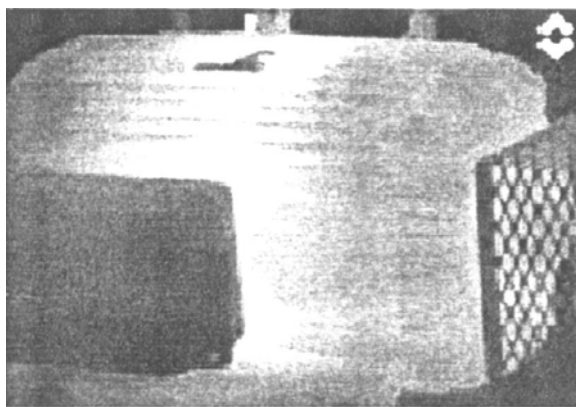
استفاده از دستگاه ترموویژن هیچ پیش داوری در ارتباط با وضعیت قطعات انجام نمی دهد. عیب یابی با این دستگاه در صورتیکه هیچ استاندارد معتبر و دستورالعملی از طرف سازنده در ارتباط با دمای مجاز تجهیز ارائه نشده باشد، بر اساس مقایسه وضعیت تجهیزات مشابه استوار است.

معمولاً اکثر تجهیزات خارجی^۱ نظیر سرکابل، بریکر، سکسیونر و ترانسهای ولتاژ و جریان و ترانسفورماتور قدرت پست توسط این دستگاه مورد بازرسی حرارتی قرار می گیرند. هدف این بازرسی مشخص نمودن نقاط ضعف عایقی تجهیزات، اتصالات نامطمئن و شل و گرماهای غیرمجاز و یا مشکوک در نقاط مختلف تجهیزات است. پس از مشخص شدن ظاهری این نقاط ضعف توسط اپراتور دستگاه ترموویژن، بررسی علت بروز حرارت غیرمجاز توسط گروه تعمیراتی مربوطه مورد بررسی قرار گرفته تا از گسترش

عیب و از بین رفتن تجهیز مربوطه جلوگیری به عمل آید. برای اطلاعات بیشتر به مرجع [۱] مراجعه نمائید.

۳-۲- کاربرد دستگاه ترموویژن در صنایع بزرگ

از مهمترین کاربردهای آن می توان اندازه گیری دمای موتورهای الکتریکی فشار قوی، اندازه گیری دمای یاتاقان ها، بررسی وضعیت مدارات برق صنعتی (رله های کمکی، ترمینال ها، مسیر کابل های جریان و ...)، بررسی وضعیت مدارات الکترونیکی، تعیین دمای بدنه اگزوز واحد و گاز خروجی از آن، کنترل درجه حرارت محفظه احتراق و تشخیص نشتی های آن و ... اشاره نمود.



شکل-۱- گسترش دما در بدنه موتور الکتریکی

۴- کاربرد ترموویژن در ممیزی انرژی

تاسیسات صنعتی

۴-۱- آشنایی با مدیریت انرژی حرارتی

با بررسی آمارهای موجود در میابیم که در کشورهای صنعتی، مصارف صنعتی یک سوم تا نیمی از مصرف ملی انرژی را تشکیل می دهد. در حدود ۳۳٪ انرژی

صنعتی بصورت حرارت فرایند (تقریباً نیمی بصورت بخار و بقیه بصورت حرارت مستقیم)، ۲۵٪ بصورت انرژی الکتریکی، و بقیه انرژی صنعتی، مصارف متفرقه انرژی و سوخت تغذیه را شامل می گردد. از این اطلاعات آشکار می شود که حرارت فرایند و بخار، ملاحظات مهمی در مدیریت انرژی صنعتی هستند. بنابراین تمرکز بخش مهمی از روش های ممیزی انرژی بر روی مبحث حرارت و ارائه روش های جدید برای کاهش تلفات حرارتی سیستم ها، استفاده از روش های عایقی جدید، افزایش راندمان سیستم های حرارتی (عمدتاً با استفاده از روش های بازیابی حرارت مانند نیروگاه های سیکل ترکیبی) متمرکز شده است.

از بعد دیگر می توان فعالیت های ممیزی انرژی را به سه دسته تقسیم بندی نمود:

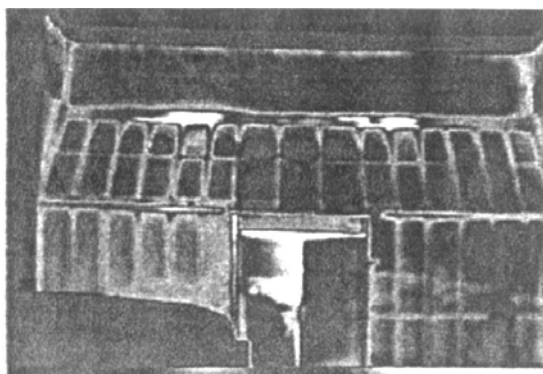
- الف - سیاست های نگهداری و عملیاتی (بیشتر متمرکز بر نگهداری بهینه سیستم موجود هستند).
- ب - سیاست های تغییر یا بهینه سازی (ایجاد تغییرات در سیستم موجود، استفاده از تجهیزات با راندمان بالاتر، استفاده از مواد عایقی جدید و ...).
- ج - سیاست های طراحی جدید (بیشتر ناظر به اعمال سیاست های ممیزی انرژی در طراحی سیستم های جدید است تا بهینه کردن سیستم موجود)

بیشترین هدف این مقاله ارائه کاربردهای ممیزی انرژی به کمک دستگاه ترموویژن در راستای سیاست های نگهداری و بهینه سازی (موارد الف و ب) می باشد. به این منظور می توان کاربردهای ذیل را مطرح نمود:

۴-۲- عوامل اتلاف حرارت در تاسیسات صنعتی و ساختمانی

۴-۲-۱- نشتی هوای گرم (یا سرد) در ساختمان ها و تاسیسات

اجزای پوشش ساختمان ها تعیین کننده میزان دفع و جذب حرارت از آن هستند. این اجزا عبارتند از: دیوارها، سقف، کف، درها و پنجره ها.

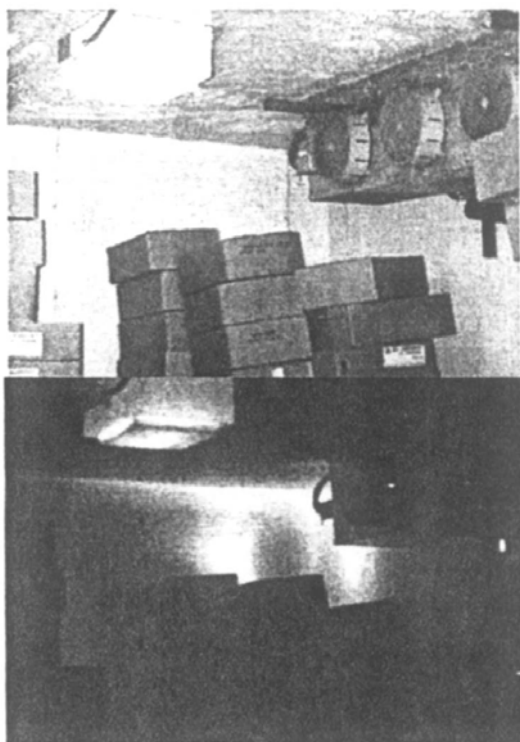


شکل ۲- اتلاف حرارت در ساختمان از طریق در و پنجره

تاثیر عوامل فوق در اتلاف حرارتی ساختمان ها یکسان نبوده بگونه ای که در یک ساختمان معمولی اتلاف حرارت از طریق پنجره ها می تواند معادل نصف اتلاف حرارت از دیوارها باشد. اتلاف حرارت در پنجره ها نیز خود تابعی از نوع قاب پنجره (فلزی، چوبی، آلومینیومی و ...)، تعداد جداره شیشه ها و ... می باشد [۳].

از دیگر عوامل مهم جذب و اتلاف حرارت از ساختمان ها از طریق نفوذ هوا است. بدین صورت که هوای گرم

یا سرد از طریق درها یا پنجره های باز، از میان ترک ها و یا از شکاف اطراف درها یا پنجره هایی که درزبندی نشده اند، بداخل نفوذ می نمایند. علت نفوذ هوا ممکن است اختلاف فشار در داخل ساختمان باشد.



شکل ۳- نشتی هوای سرد از طریق دیوار سردخانه

در شکل ۲ عکس حرارتی در ورودی یک ساختمان نشان داده شده است. همانگونه که مشاهده می شود بخشی از اتلاف حرارتی از طریق درها و اتصالات شیشه های نمای ساختمان است.

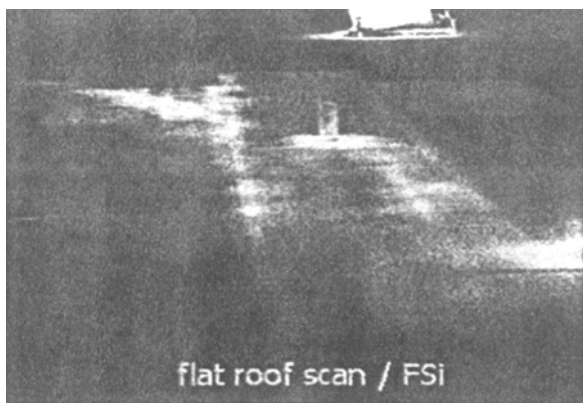
از روش های معمول برای تخمین تلفات حرارتی از روش ترک (تعیین سطح کل ترک ها) و روش تعویض هوا (میزان کل انرژی تلف شده در تعداد دفعات تعویض هوای محیط در زمانی خاص) بیشتر مورد استفاده قرار می گیرند. همانگونه که در شکل ۳ نمای داخلی یک سردخانه نشان داده می شود، وجود

ترک در دیواره سردخانه سبب بروز اتلاف حرارتی خواهد شد که احتمالاً از بین رفتن و یا فاسد شدن محصولات داخل سردخانه را بدنبال خواهد داشت.

با عایق بندی و درزبندی مناسب، بسته نگه داشتن درها و پنجره ها تلفات حرارتی ساختمان را می توان کاهش داد. اتلاف حرارتی از طریق کف ساختمان و بدنه ساختمان نیز بایستی مورد توجه قرار گیرد.

در شکل ۴ عکس حرارتی سقف یک ساختمان نشان داده شده است. همانطور که در عکس دیده می شود، بخشی از سقف ساختمان به علت بروز ترک در عایق بام دارای اتلاف حرارتی می باشد.

بنابراین می توان با تهیه عکس حرارتی از بخش های مختلف ساختمان، قسمت هایی که علیرغم تمهیدات اولیه دارای نشتی هوای گرم در زمستان (یا سرد در تابستان ها) می باشند را شناسایی نمود (و همچنین مکان های نفوذ آب و ...).

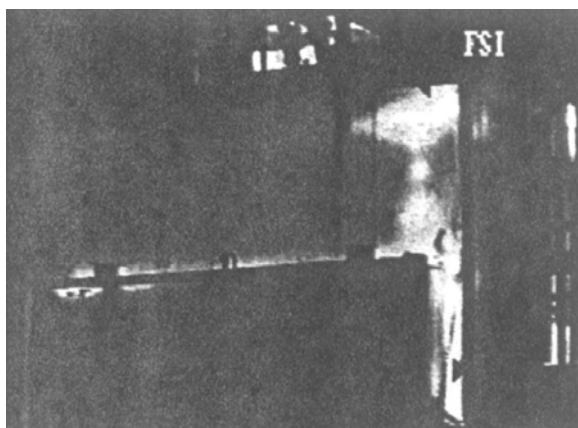


شکل-۴- وجود نشتی و ترک در سقف

۴-۲-۲- نشتی کوره ها

کوره ها و اجاق های آتش مستقیم بر گرمایش مستقیم توسط محصولات احتراق و یا به المنت های حرارتی برقی تکیه دارند. بیشترین حرارت اتلافی در کوره ها در اثر ضعف عایقی بدنه کوره، حرارت اتلافی در دودکش ها، درهای خروجی، ضعف مشعل ها و سوختن ناقص سوخت می باشد. به غیر از دو عامل آخر می توان بقیه موارد را به کمک دستگاه ترموویژن آشکار نمود.

در شکل ۵ نیز نمای در یک کوره صنعتی نشان داده شده است. در این شکل بوضوح نشتی هوای گرم بدلیل ضعف پوشش در و اتلاف حرارتی بدنه به علت ضعف عایقی بخش نسوز بدنه کاملاً مشهود می باشد.



شکل - ۵- ضعف عایقی بدنه و نشتی در کوره

۴-۲-۲- نشتی خطوط تغذیه بخار، آب گرم

در تاسیسات ساختمانی و صنعتی از آنجائیکه بین مکان تولید آب گرم و بخار و تاسیسات مصرف کننده، فاصله طولانی موجود می باشد، عوامل اتلاف کننده بسیاری وجود دارند که بایستی مورد توجه قرار گیرند، که عبارتند از: نشت بخار از خطوط و شیرها، غیرموثر بودن تله های بخار (Steam Trap شکل ۶)، نامناسب

بودن اندازه لوله ها، تغییر مقادیر بهینه طراحی شده برای سیستم به مقادیر کمتر یا بیشتر، مقاومت خطوط لوله در برابر جریان مایع.

از مهمترین روش های تعمیرات اصلاحی تقویت سیستم عایق بندی مسیر تغذیه بخار و مشخص نمودن نشتی در بخش های مختلف سیستم است، که با توجه به قابلیت های دستگاه ترموویژن اینکار به سادگی انجام می شود.



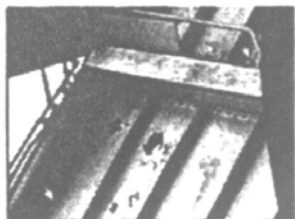
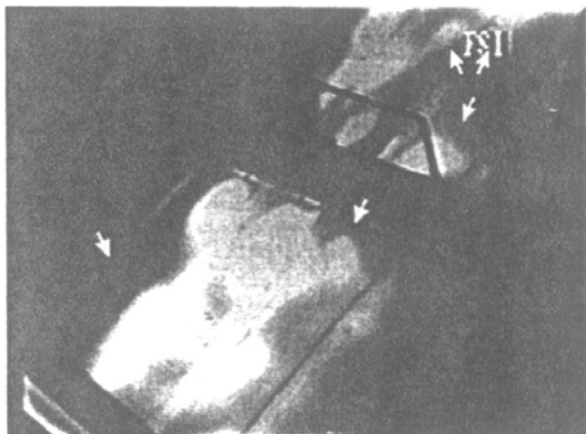
شکل ۶- نشتی Steam Trap

۴-۳-۳- نشتی حرارت بخاطر ضعف عایقی

در تاسیسات صنایع بزرگ مانند نیروگاهها و صنایع پتروشیمی نشتی ها به دو دسته داخلی و خارجی تقسیم بندی می شوند. گرچه نشتی های خارجی

بعضاً از طریق صدای محل خروج سیال قابل تشخیص است (البته خروج بخار سوپر هیت به کمک چشم غیرمسلح قابل تشخیص نمی باشد)، ولی بروز نشتی لوله ها در داخل محفظه، بویلر، راکتور و ... به علت چند لایه بودن و استفاده از مواد نسوز در بدنه به راحتی قابل تشخیص نیست. یکی از بهترین راههای پیدا کردن نشتی داخلی تجهیزات بررسی گسترش دمای بدنه تجهیزات است، که با دستگاه ترموویژن به راحتی قابل انجام است. همچنین به کمک این فن آوری می توان پس از انجام تعمیرات اساسی و نیمه اساسی قطعات، چک نشتی ها را انجام داد.

همانگونه که در شکل ۷ مشاهده می شود به علت نشتی در داخل بدنه بویلر و از بین رفتن بخشی از ماده نسوز بدنه، تفاوت حرارتی نزدیک به ۲۷۰ درجه بر روی بدنه بویلر مشاهده می شود (عکس بالایی گسترش دما را نشان می دهد) که در صورت ترمیم نشدن کاهش سریع عمر بدنه بویلر را به همراه خواهد داشت.



شکل ۷- نشتی داخلی بویلر و تخریب ماده نسوز بدنه

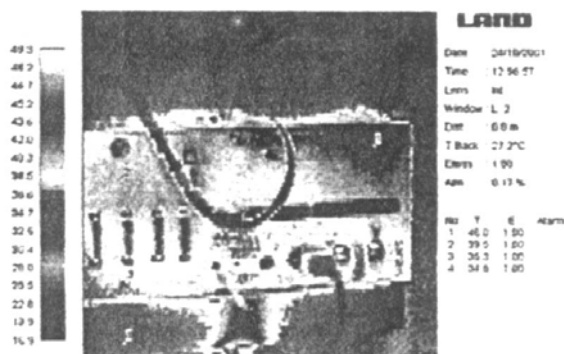
۴-۲-۴- اندازه گیری دما و گسترش دامنه

حرارتی تاسیسات

اندازه گیری دمای بعضی از نقاط و یا سطحی از تجهیز در صنایع بزرگ مانند واحدهای نیروگاهی (گازی و یا بخاری و ...) از اهمیت خاصی برخوردار است. بدین منظور از تعدادی ترموکوپل برای سنجش دما در نقاطی خاص مانند بخش های مختلف بویلر، اتاق احتراق، اگزوز واحد، یاتاقان ها و ... استفاده می شود. علاوه بر آن گاهی پراکندگی درجه

حرارت اطراف یک نقطه مطرح است و به سبب آنکه ترموکوپل تنها قادر به اندازه گیری دمای نقطه اتصال است، نمی توان گسترش و پراکندگی حرارتی را تشخیص داد، در این صورت استفاده از ترموویشن نه تنها کارگشا بوده بلکه به درک بهتر عیب و نحوه گسترش آن کمک خواهد نمود.

به عنوان مثال شکل ۸ نمای حرارتی پشت دستگاه T1000 را در نیروگاه نیشابور نشان می دهد. پس از ۵ سال بهره برداری از نیروگاه از ۶ واحد حداقل ۵ واحد آن دچار نقص دستگاه T1000 شدند. همانگونه که در شکل نشان داده می شود گسترش دمای روی بدنه دستگاه یک گرمای غیرعادی را در گوشه سمت چپ دستگاه نشان می دهد و با توجه به اختلاف دمای ظاهری بدنه (اختلاف دمای داخلی خیلی بیشتر خواهد بود) حدود ۱۰ درجه بایستی توجه بیشتری به نصب خنک کننده در این سیستم شود.



۵- نتیجه گیری

دستگاه ترموویشن علاوه بر انجام تست های دوره ای تجهیزات بخش تولید، انتقال و توزیع صنعت برق دارای کاربردهای بالقوه ای در اعمال تعمیرات پیشگیرانه، Condition Monitoring و عیب یابی

تجهیزات صنعتی دارا می باشد.

شکل ۸- نمای پشت دستگاه T1000

با این وجود علیرغم قابلیت های این دستگاه در ممیزی انرژی تاسیسات صنعتی و ساختمانی، هنوز به عنوان یک ابزار پیشرفته اندازه گیری دما مورد توجه متخصصین مدیریت انرژی قرار ندارد. متخصصین مدیریت انرژی به کمک روش های محاسباتی (اختلاف بین انرژی ورودی و خروجی سیستم) و ابزار ساده اندازه گیری دما که در ابتدای مقاله شرح داده شد کارهای موثری را انجام می دهند که امید می رود با استفاده از این دستگاه بتوان نقاط عیوب، و دلایل اتلاف حرارتی سیستم را راحت تر و مطمئن تر تشخیص داد.

۶- مراجع

- [۱]. هاشم مرتضوی، مصطفی رجبی مشهدی، "عیب یابی پیشرفته تجهیزات نیروگاهی با استفاده از فن آوری ترموویشن - مطالعه موردی"، هجدهمین کنفرانس بین المللی توانیر، مهر ۱۳۸۲.
- [۲]. هاشم مرتضوی، مصطفی رجبی مشهدی، علیرضا رشتی. "کاربرد ترموویشن در تعمیر و نگهداری با تاکید بر دیدگاه Condition Monitoring". سومین همایش مهندسی مدیریت نگهداری در صنعت، دانشکده صنعت آب و برق، اسفند ۱۳۸۱.
- [۳]. شهناز صادقی و ...، "اصول مدیریت انرژی" کرگ بی. اسمیت، چاپ سازمان بهره وری انرژی ایران.

[4]- www.Predictive-maintenance.com

[5]- www.Flir.com/thermography for [Predictive-maintenance.com](http://www.Predictive-maintenance.com)

[6]- www.Coxmoor.com/infrared in [Predictive-maintenance.com](http://www.Predictive-maintenance.com)