

بررسی پدیده انعکاس در تصاویر ترموگرافی با ذکر نمونه‌های مطالعه شده در نیروگاه شهید رجائی

حمیدرضا منجم^۱، بهروز کشاورز رضائی^۲

چکیده

انعکاس‌های دمایی یکی از مشکلات معمول در تفسیر تصاویر ترموگرافی می‌باشد. در سطوح با صافی سطح بالا مانند شیشه، فلزات و سطوح خیس، مقدار زیادی انعکاس از سوی منابعی وجود دارد که به آن توجه نمی‌گردد. اگر از این منابع انعکاس آگاه نباشیم، تفسیری غلط از وضعیت دمایی جسم خواهیم داشت. در این مقاله بعد از اینکه امکان حذف این انعکاس‌ها مورد بررسی قرار گرفت، به ارائه موارد واقعی مواجه شده با پدیده انعکاس در تصاویر ترموگرافی شده در نیروگاه شهید رجائی پرداخته می‌شود.

واژه‌های کلیدی: ترموگرافی، انعکاس، پایش وضعیت

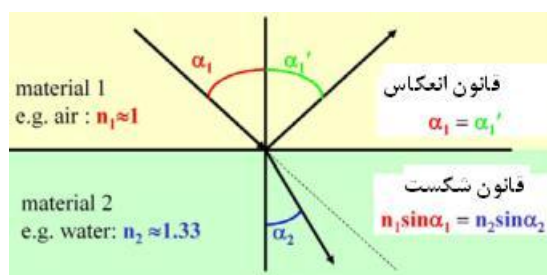
مقدمه

تصویربرداری حرارتی (ترموگرافی یا ترمو ویژن) یکی از تکنیک‌های رایج پایش وضعیت (condition monitoring) می‌باشد. در این روش با استفاده از تصاویر تهیه شده توسط دوربین‌های ترموویژن از تجهیزات مختلف و تجزیه و تحلیل با نرم‌افزارهای ویژه می‌توان عیوب حرارتی را پیدا کرده و تحلیل حرارتی براساس شرایط کارکرد تجهیزات، استانداردها و دمای مجاز تجهیز در حین کار ارائه نمود. از مزایای استفاده از تکنیک ترموگرافی می‌توان به افزایش قابلیت اطمینان در بازرسی فنی تجهیزات، امکان بازرسی در حین کار، کاهش زمان توقف تجهیزات، افزایش سرعت بازرسی، کاهش هزینه تعمیرات و نگهداری، بازرسی تجهیزات پس از تعمیر و ... اشاره کرد.

به‌طور معمول در سطوحی با صافی سطح بالا، بخشی از نور تابیده شده منعکس می‌شود و بخشی از آن در داخل جسم دچار شکست می‌گردند. انعکاس به‌صورت قانون انعکاس به‌شکل زیر تعریف می‌گردد:

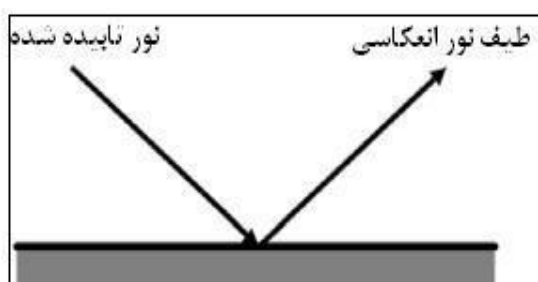
$$\alpha_1 = \alpha'_1 \quad (1)$$

α_1, α'_1 در شکل ۱ نمایش داده شده‌اند:

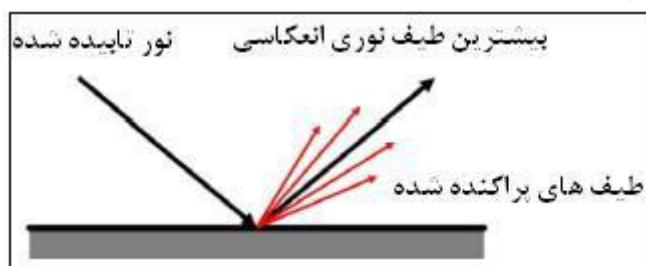


شکل ۱: قانون انعکاس و قانون شکست

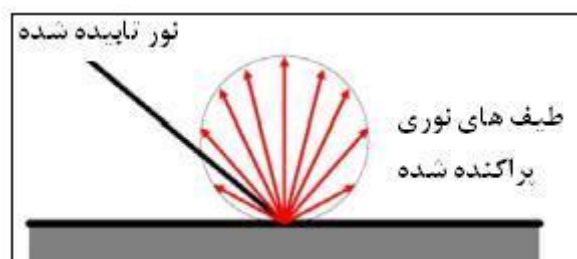
در شکل ۲ انعکاس در شرایط مختلف سطح، در شرایط کاملاً صاف و سطوح زیر نمایش داده شده است.



(الف)



(ب)



(ج)

شکل ۲: الف) انعکاس از سطوح صاف ب) انعکاس از سطوح با زبری کم ج) انعکاس از سطوح با زبری زیاد

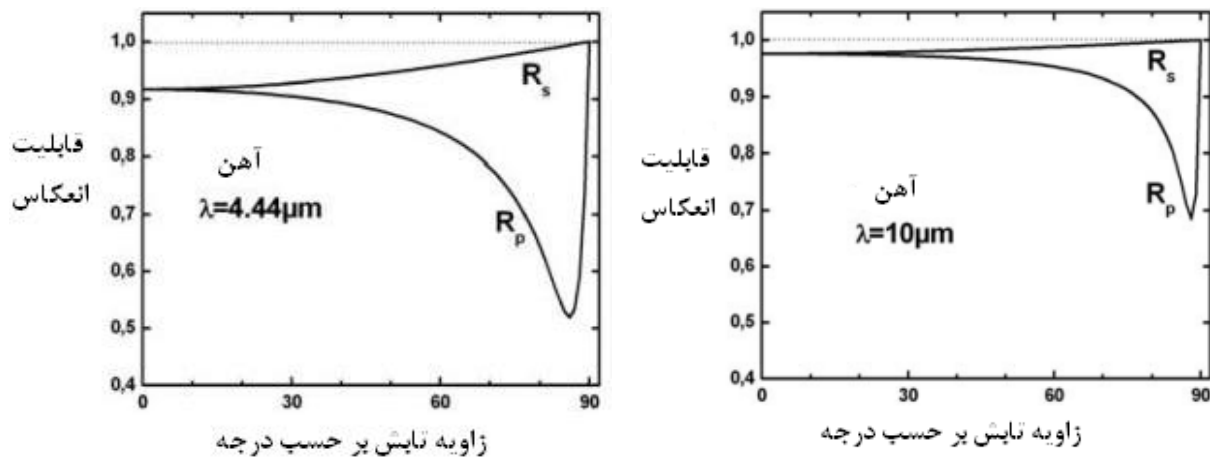
البته در این مقاله به بررسی سطوحی با وضعیت انعکاسی و پراکندگی متوسط پرداخته می‌شود. بر طبق میزان نور منعکس شده از سطح، ضریبی به‌عنوان قابلیت انعکاس (R) تعریف می‌گردد. برای آینه‌ها این ضریب نزدیک به ۱۰۰٪ ($R=1$) و برای سطوحی با انعکاس کمتر این مقدار، کمتر ($R < 1$) در نظر گرفته می‌شود. مقدار R از یافتن زاویه به‌کمک قانون انعکاس و در نهایت به‌کارگیری قانون فرسnel (Fresnel) [1] بدست می‌آید. اگر طول موج (λ) طیف نور ارسالی از دوربین بزرگ‌تر از ابعاد زبری سطح باشد، انعکاس زیادی در سطح مورد نظر به‌وجود خواهد آمد. بنابراین در طول موج‌های فرسرخ ($8-14 \mu\text{m}$) انعکاس در سطوح با صافی سطح بالا به‌ویژه در فلزات می‌تواند به‌وجود بیاید که خارج از محدوده بینایی انسان می‌باشد لذا در تمامی تصاویر حاصل از ترموگرافی می‌بایست احتمال وجود انعکاس‌های گرمایی را در نظر گرفت. چنان‌چه انعکاس‌ها بر روی سطوح، تشخیص داده نشود، خود می‌تواند به‌عنوان منبع گرمایی در نظر گرفته شده و در تحلیل تصاویر عامل بروز اشتباه گردد. منابع گرمایی زیادی وجود دارد که می‌تواند باعث انعکاس گردد از جمله آن‌ها می‌توان به نور خورشید در ترموگرافی در محیط‌های بیرونی و وجود منابع گرمایی متحرک (انسان و ..) در محیط داخل اشاره کرد.

یکی از راه‌های جلوگیری از این پدیده انعکاس استفاده از پلاریزور (polarizer) می‌باشد. پلاریزور باید از جنسی باشد که برای طول موج‌های فروسرخ شفاف باشد.

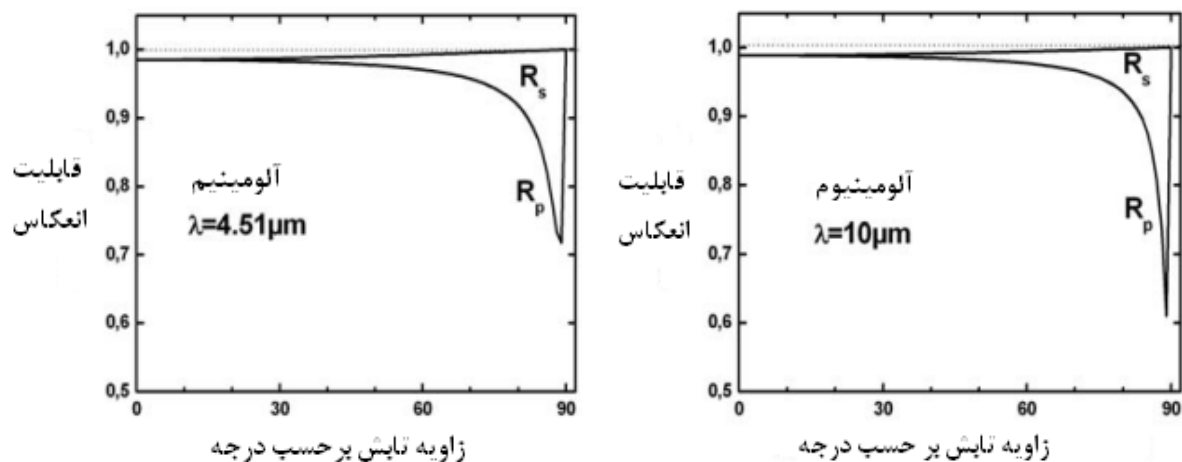
میزان اثر پلاریزور در از بین بردن انعکاس با یک ضریبی مشخص می‌گردد که از رابطه ۲ بدست می‌آید [2].

$$z = \frac{R_s(\varphi \text{ min}) - R_p(\varphi \text{ min})}{R_s(\varphi \text{ min})} \quad (2)$$

R_p و R_s ضرایب انعکاسی بدون پلاریزور و با پلاریزور می‌باشد. φ_{min} زاویه تابشی است که در آن R_p حداقل می‌گردد. اگر مقدار Z به یک نزدیک شود، این معنی را می‌دهد که می‌توان به شکل کامل اثر انعکاس را با استفاده از پلاریزور از بین برد اما اگر این مقدار هر چه به صفر نزدیک گردد، شانس کمی برای از بین بردن انعکاس با این روش وجود دارد. نمودار میزان قابلیت انعکاس بر حسب زاویه تابش دوربین ترموگرافی، برای آهن و آلومینیم به صورت نمونه در شکل ۳ و شکل ۴ آورده شده است.



شکل 3: نمودار قابلیت انعکاس بر حسب زاویه تابش آهن [2]



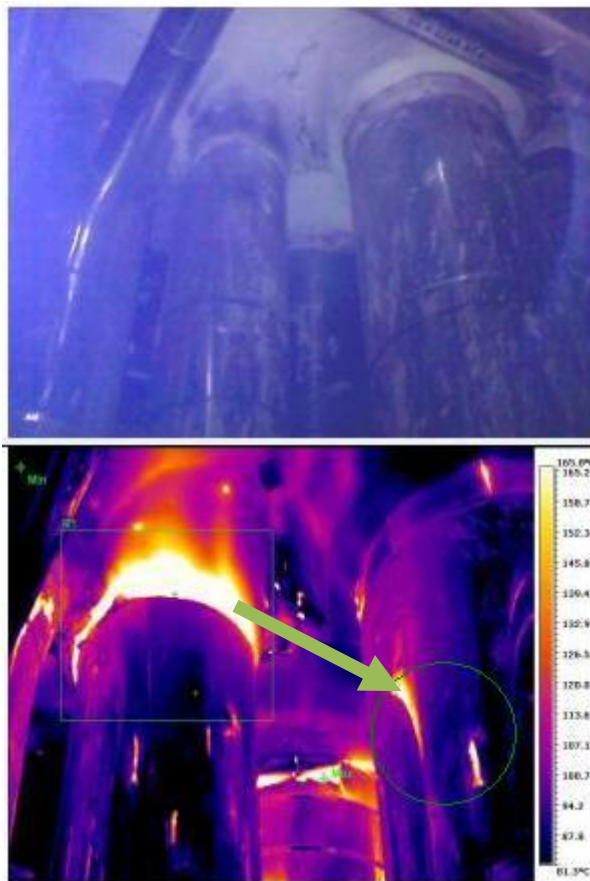
شکل 4: نمودار قابلیت انعکاس بر حسب زاویه تابش آلومینوم [2]

برای آهن با طول موج کوتاه‌تر مقدار Z در زاویه مینیمم انعکاس با پلاریزور، که در زاویه ۸۶ درجه اتفاق می‌افتد برابر ۰/۴۷ و در طول موج بلندتر برابر ۰/۳۲ می‌باشد. برای آلومینیم هم این مقادیر در زاویه ۸۹ درجه به ترتیب برابر با ۰/۲۸ و ۰/۴ می‌باشد.

بنابراین به نظر می‌آید استفاده از فیلترهای پلارایزر راهکار مناسبی برای از بین بردن انعکاس در سطوح فلزی نمی‌باشد، هر چند که این روش در سطوح غیر فلزی روشی کارآمد است. با توجه به نتایج بالا و توجه به این که در صنعت بیشتر با سطوح فلزی سر و کار داریم و از بین بردن این انعکاس‌ها دشوار به نظر می‌رسد، توجه به شناسایی موارد انعکاسی در تحلیل تصاویر ترموگرافی بسیار حائز اهمیت است. در ادامه به ذکر چند نمونه از مشاهدات این پدیده در تصاویر ترموگرافی شده از نیروگاه شهید رجائی پرداخته می‌شود.

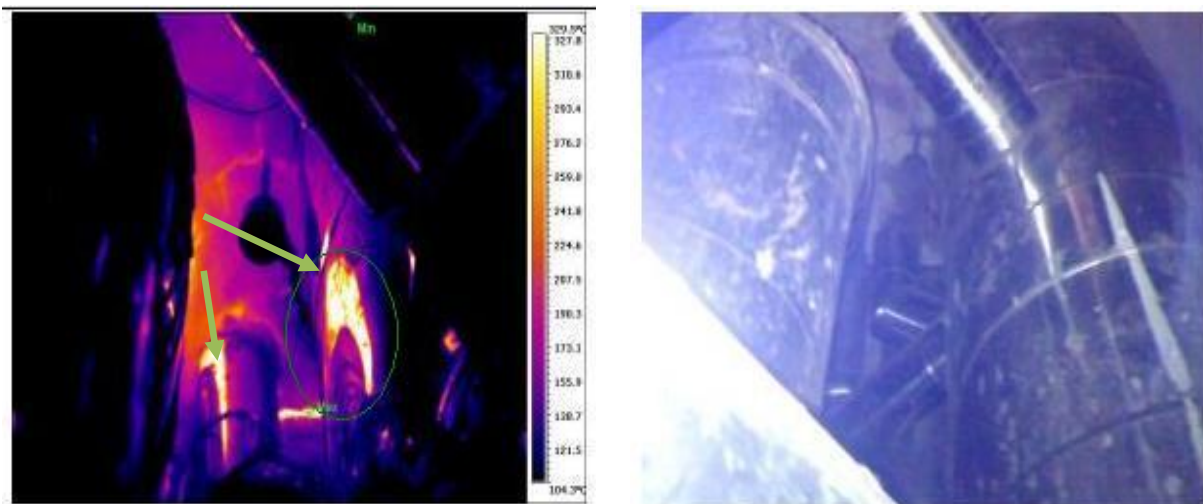
مطالعات موردی در خصوص انعکاس

در ادامه به بررسی مواردی که در تحلیل‌های تصاویر ترموگرافی در نیروگاه شهید رجائی با پدیده انعکاس مواجه شده‌ایم پرداخته می‌شود.



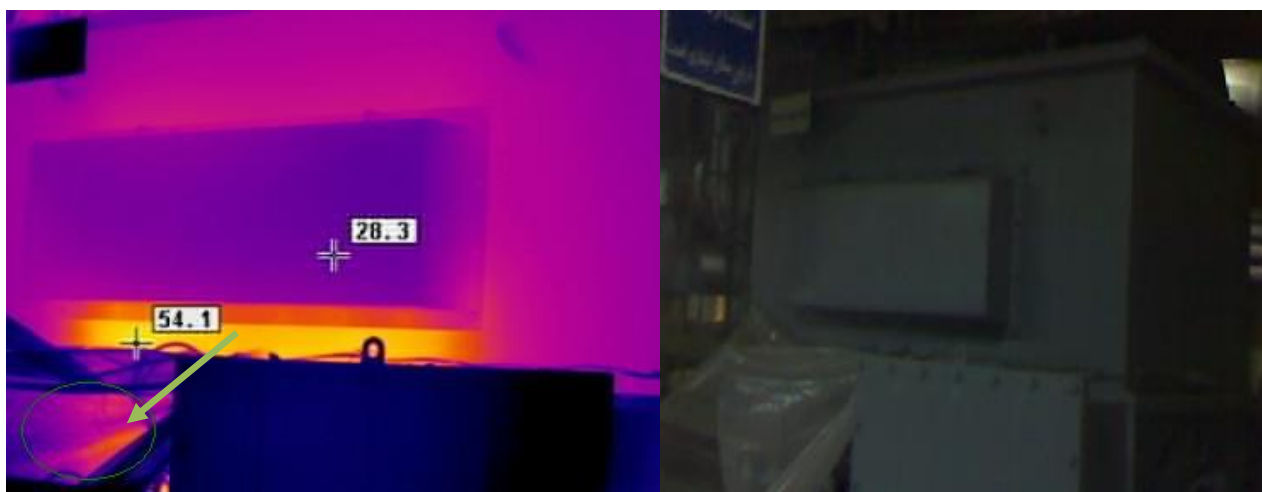
شکل ۳: تصویر ترموگرافی شده از مسیر اکستراکشن (extraction) زیر توربین (سمت راست تصویر معمولی، دست چپ تصویر ترموویژن)

همانطور که از شکل ۳ مشخص است ضعف عایق در مسیر اکستراکشن (extraction) توربین سبب اتلاف حرارتی زیادی در انتهای آن شده است، با توجه به صافی سطح لوله‌ها انعکاس حرارتی بر روی لوله صورت گرفته است در حالی که هیچ منبع تولید این حرارت بر روی لوله موجود یافت نشد. نمونه‌ای مشابه نیز در شکل ۴ نمایش داده شده است، با وجود مشخص نبودن منبع گرمایی، انعکاس حرارتی باعث ایجاد خطا در تحلیل حرارتی گردیده است.



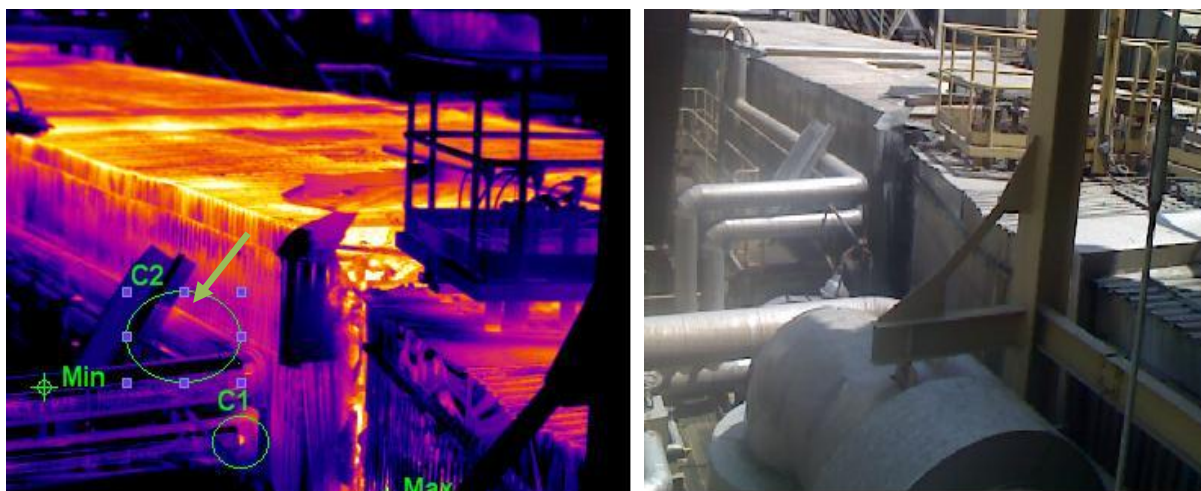
شکل ۴: عایق‌های اولین مرحله درین زیر توربین (سمت راست تصویر معمولی، دست چپ تصویر ترموویژن)

در شکل ۵ نمونه واضح‌تری از انعکاس را بر روی پوشش پلاستیکی که بر روی پمپ تغذیه بویلر وجود دارد را نشان می‌دهد.



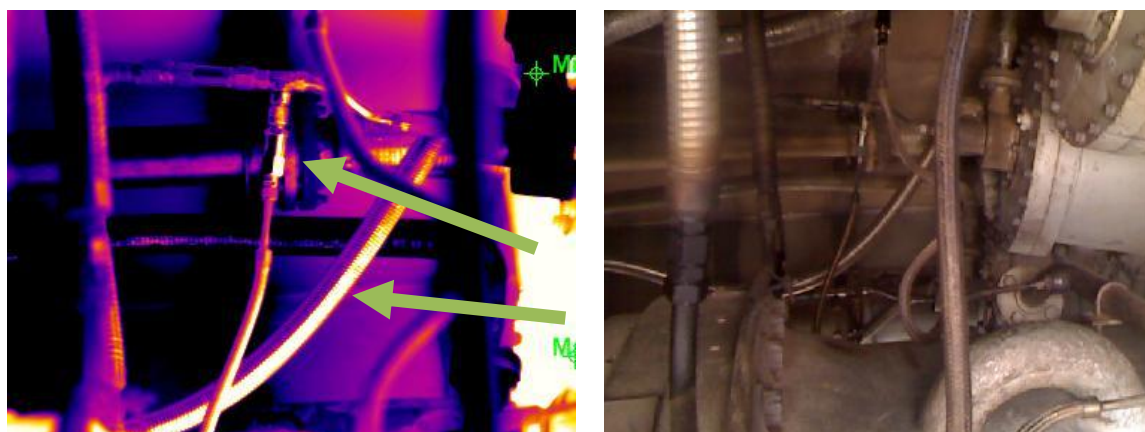
شکل ۵: انعکاس بر روی پوشش پلاستیکی پمپ آب تغذیه بویلر (سمت راست تصویر معمولی، دست چپ تصویر ترموویژن)

در شکل ۶ تصویر ترموگرافی شده داکت خروجی دود نمایش داده شده است که به واسطه نشستی از دیواره دود و دمای سطح دیواره، بر روی لوله‌های اطراف داکت، انعکاس دمایی وجود دارد که بعد از بررسی‌های انجام گرفته تنها عامل دمایی انعکاس تشخیص داده شد.



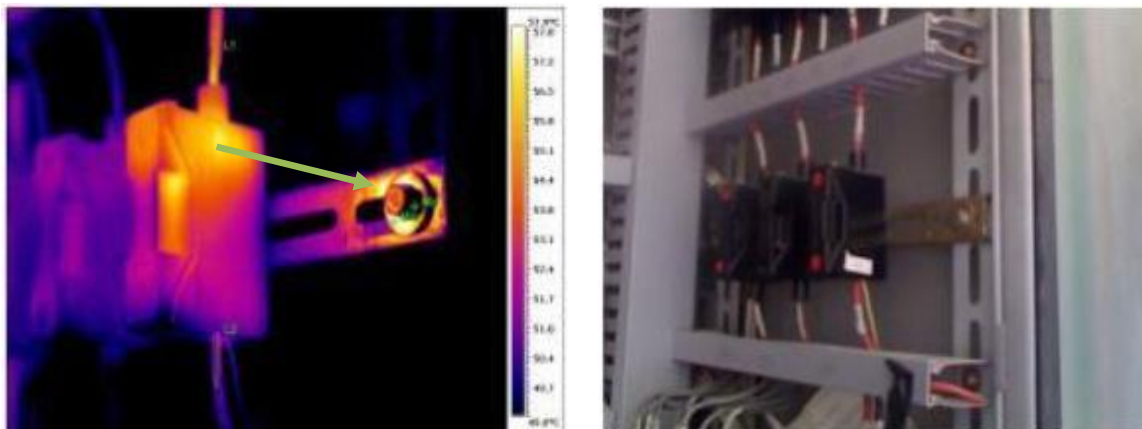
شکل ۶: انعکاس بر روی لوله‌های اطراف داکت خروجی دود (سمت راست تصویر معمولی، دست چپ تصویر ترموویژن)

در شکل ۷ بخشی از محفظه احتراق توربین گاز مشاهده می‌شود که به دلیل نشتی از محفظه احتراق، انعکاسی بر روی چک والوهای سوخت و لوله‌های پرژ (purge) ایجاد می‌گردد. همان‌طور که در تصویر واضح است، تنها یک سمت از این لوله‌ها دمای بالایی را نشان می‌دهد که این خود نشان دهنده‌ی انعکاس از محفظه احتراق بر روی این لوله‌ها می‌باشد.

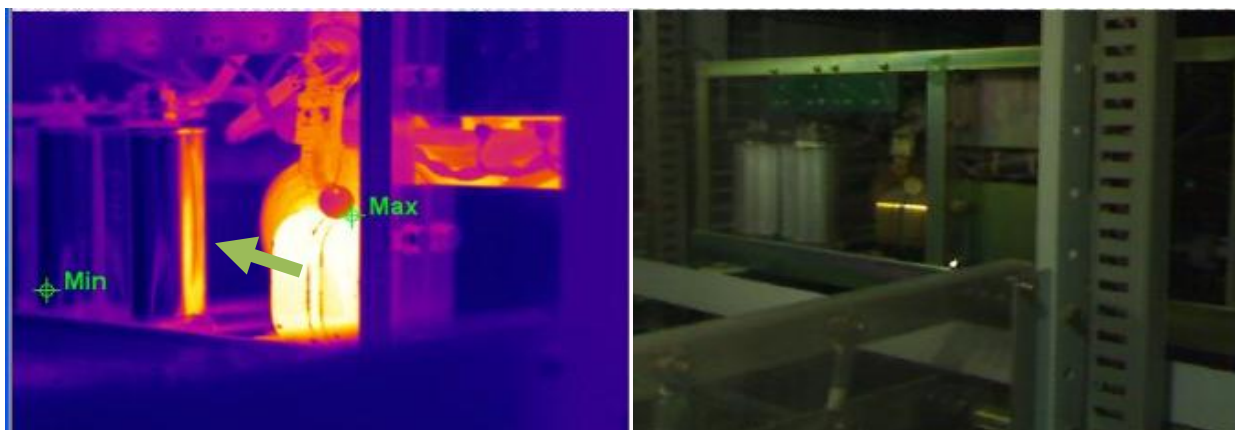


شکل ۷: انعکاس حرارتی از محفظه احتراق بر روی لوله‌های پرژ و چک والو (سمت راست تصویر معمولی، دست چپ تصویر ترموویژن)

در شکل‌های ۸ و ۹ برخی از تصاویر شامل انعکاس را در تجهیزات الکتریکی نمایش می‌دهد.



شکل ۸: انعکاس حرارتی فیوز FH (سمت راست تصویر معمولی، دست چپ تصویر ترموویژن)



شکل ۹: (سمت راست تصویر معمولی، دست چپ تصویر ترموویژن)

جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

در این مقاله به معرفی پدیده انعکاس در ترموگرافی پرداخته شد و ضعف بر طرف کردن این پدیده با استفاده از پلاریزرها مورد بررسی قرار گرفت و لزوم شناسایی این پدیده در تصاویر ترموگرافی شده و ارائه تحلیل درست از تصاویر با ذکر چند نمونه در نیروگاه شهید رجائی بررسی گردید.

مراجع

- [1] E. Hecht, Addison Wesley, optics, 3rd ed, 1998.
 [2] S. Henke, D. karstadt K.P. Mollmann, F. Pinno, M.Volmer, ‘ Identificatin and suppression of thermal reflections in infrared thermal imaging’, the thermographer conference,2004.
 [۳] م.بهباد، ع.مسعودی، پایش وضعیت، انتشارات ترمه، ۱۳۹۱