عیب یابی و اصلاح مشکل دما و ارتعاشات بالای کمپرسورهای هوای فشرده نیروگاه سیکل ترکیبی کرمان

علی سیستانی نیا[۱]، فوق لیسانس مهندسی مکانیک، افشین عبد الهیان[۲]، فوق لیسانس مهندسی مکانیک
۱- معاون نگهداری و تعمیرات شرکت مدیریت تولید برق کرمان
a.sistaninia@gmail.com –
۲- مدیر امور تعمیرات مکانیک شرکت مدیریت تولید برق کرمان
abdollahian.afshin@gmail.com –

چکیده: تلاش برای بهبود و استفاده موثر و کارآمد از منابع گوناگون هدف تمامی مدیران در سازمان های اقتصادی می باشد. در این میان وجود ساختار سازمانی مناسب، بکارگیری تکنولوژی و البته نیروی انسانی شایسته از ضروریات می باشد. فراهم آوردن مشارکت کارکنان و استفاده از تلاشهای هوشیارانه و آگاهانه آنان می تواند بر میزان بهره وری تاثیرگذار باشد. روح فرهنگ بهبود بهره وری باید در کالبد سازمان دمیده شود که در این میان نیروی انسانی هسته مرکزی را تشکیل می دهد. در این مقاله قصد بر آن نموده ایم که با مطرح کردن مشکل سیستم هوای فشرده نیروگاه کرمان و چگونگی رفع عیب که یک نمونه عملی مفهوم بهره وری در یک نیروگاه و یک صنعت کلیدی می باشد، نشان دهیم که ایجاد روح بهره وری در یک سیستم می تواند به عنوان ابزاری کارآمد و مناسب باشد.
با بکارگیری و استفاده از تکنولوژی پایش وضعیت، خرد جمعی، ارتباط نزدیک و تنگاتنگ واحدهای تعمیراتی با پایش وضعیت و همچنین وجود روحیه خودباوری در مجموعه اصلاح عیب شامل تغییر نوع روغن روانکاری، شناسایی و رفع عیب از محل نفوذ هوا به سیکل آب با کمترین هزینه و در کوتاهترین زمان ممکن انجام و همراه با پیشنهاد اصلاح و بهینه سازی منطق بهره برداری از این سیستم، مشکل کاملا بر طرف گردید. با حل این موضوع ضمن کاهش نگرانی عدم تولید، بالا رفتن دانش مجموعه را نیز به دنبال داشت.

۱- مقدمه

تلاش برای بهبود و استفاده موثر و کارآمد از منابع گوناگون چون نیروی انسانی، مواد، انرژی و اطلاعات هدف تمامی مدیران در سازمان های اقتصادی، تولیدی و صنعتی می باشد. در این میان وجود ساختار سازمانی مناسب، بکارگیری تکنولوژی ها و البته نیروی انسانی شایسته از ضروریات می باشد. با پیشرفت روز افزون دانش، تکنولوژی و گستردگی اطلاعات، جامعه نیازمند پرورش انسان هایی کارآمد است تا بتوانند بخوبی با یکدیگر ارتباط برقرار کرده و با بهره گیری از دانش جمعی و تولید افکار نو مشکلات را از میان بردارند. ویژگی بارز دنیای کنونی شتاب تغییرات در آن است به گونه ای که فرصت هرگونه سکون را از همگان گرفته و سازمان ها را به شکل بنیادین تغییر داده است. قطعا سرعت این تغییرات در سازمان ها و صنایع کلیدی و مادر به واسطه تجهیزات نصب شده بیشتر می باشد. از جمله این تجهیزات کمپرسورها می باشند که در پتروشیمی، پالایشگاهها و نیروگاهها مورد استفاده قرار گرفته اند. انتخاب یک کمپرسور متناسب با شرایط طرح و به نوع کار بستگی دارد که اهم آن به شرح زیر می باشد:

- فشار و دبی مورد نیاز
- حساسیت به حضور روغن
- خواص فیزیکی و شیمیایی گاز مورد تراکم
- بهای انرژی
- قابلیت اعتماد
- هزینه های تعمیر و نگهداری و قطعات یدکی
- قیمت اولیه
- حداکثر درجه حرارت قابل قبول

بر همین اساس جهت سیستم کمپرسورخانه نیروگاه، کمپرسور نوع مارپیچی[۱] دو المنتی انتخاب شده است. بنابراین هوای

[۱] Screw

[Downloaded from nqpc.ir on 2024-04-26]

فشرده مورد نیاز بخش بخار نیروگاه سیکل ترکیبی کرمان شامل دو بخش هوای فشرده ابزار دقیق و هوای فشرده سرویس به ترتیب مربوط به عملگرهای پنوماتیک نصب شده و هوای سرویس، توسط سامانه مجتمع تولید هوای فشرده مشتمل بر سه دستگاه کمپرسور مذکور ساخت شرکت اطلس کوپکو به صورت دو از سه تامین می گردد. ارسال هوای فشرده از دو مخزن ذخیره هوای متصل به کمپرسورها که جهت ذخیره و نگهداری هوای مورد نیاز پیش بینی گردیده اند، از طریق دو شبکه لوله کشی جداگانه که در مجموعه بخش بخار نیروگاه در دسترس می باشد، انجام می گیرد. هوای مورد نیاز خط سرویس مستقیماً از این مخازن تامین می گردد. هوای فشرده مورد نیاز خط ابزاردقیق پس از عبور از پیش فیلترها، مجموعه رطوبت گیر که به صورت دوتایی در نظر گرفته شده و عبور از پس فیلترها در مخزن سوم ذخیره شده و وارد خط هوای فشرده ابزار دقیق می شود.

۲- ساختار سیستم تامین هوای فشرده

اساس این سیستم کمپرسورهای فشرده سازی هوا می باشند. در این نوع کمپرسور، هوا درون مارپیچ ها فشرده می شود و در دو نوع روغنی و بدون روغن[۱] موجودند که بسته به نوع کاربرد هوا در صنایع، از هر کدام استفاده می شود. سیستم خنک کاری آنها نیز در دو نوع آب خنک و هوا خنک ساخته می شود. در کمپرسورهایی که هوای فشرده در تماس با روغن می باشد، گرمای حاصل از عملیات فشرده سازی هوا باعث کربنیزه شدن روغن شده و این روغن طی واکنشهای شیمیایی با ذرات بسیار ریز معلق در هوا تولید ماده ای بنام وارنیش[۲] می نماید، که این ماده در تماس با هوای عبوری از کمپرسور در طول مسیر بر روی شیرآلات و تجهیزات رسوب نموده و باعث عدم کارکرد صحیح تجهیزات می شود. همچنین رطوبت موجود در هوا تا حدی می تواند در روغن حل شده و ایجاد لجن نماید که با انتقال آن به داخل خط شاهد چسبندگی و خوردگی در تجهیزات و شیرآلات مسیر هوای فشرده خواهیم بود. بدین سبب جهت تولید هوای فشرده برای سامانه های کنترلی حساس یا می توان از کمپرسورهای معمولی به همراه سامانه های جداکننده روغن و آب از هوا استفاده کرد و یا از کمپرسورهای بدون تماس با روغن استفاده نمود. در کمپرسورهای بدون روغن، اسکروها مانند کمپرسورهای روغنی با هم درگیر نبوده و با فاصله بسیار کمی در کنار یکدیگر قرار گرفته اند. این کمپرسورها به جای یک المنت از دو عدد المنت فشار پایین[۳] و فشار بالا[۴] استفاده می کنند. هوا در المنت اول (LP) تا فشار ۲/۵ بار فشرده شده و سپس در کولر داخلی خنک می شود. با خروج از این مرحله وارد المنت دوم (HP) شده و تا فشار ۱۰ بار فشرده می شود و در کولر خارجی خنک و از آن خارج می گردد. که در نیروگاه سیکل ترکیبی کرمان از روش دوم استفاده شده است.

این سامانه به طور کلی شامل بخشهای زیر می باشد:

- ✓ سه دستگاه ٪۵۰*۳ کمپرسور نوع مارپیچی دو المنتی بدون تماس با روغن، کوپل مستقیم با الکتروموتور، دارای کولر داخلی و خارجی آب خنک[۵] (یک کولر بین دو مرحله کمپرسور و یک کولر در خروجی کمپرسور)، صدا خفه کن، سامانه تخلیه اتوماتیک آب کندانس شده در کولرها که منجر به جداسازی و خروج آب موجود در هوای خروجی می گردد و نیز کولر روغن (روغن صرفا جهت روانکاری بیرینگها و چرخدنده ها مورد استفاده قرار می گیرد) با ظرفیت ۳۰۰Nm^3/h در فشار ۹bar(a).
- ✓ سه مخزن ذخیره هوا (اینسترومنت و سرویس)، هر کدام با ظرفیت۸m^3 و توانایی تامین ۵ دقیقه کل مصرف ابزار دقیق بخش بخار.
- ✓ دو مجموعه دو تایی خشک کن جذبی هوا به صورت ٪۱۰۰*۲ با ظرفیت ۴۰۰Nm^3/h.
- ✓ فیلترهای هوای ابزار دقیق شامل دو ست پیش فیلتر به صورت ٪۱۰۰*۲ دو ست پس فیلتر به صورت ٪۱۰۰*۲.
- ✓ لوله ها و شیرآلات.
- ✓ تجهیزات الکتریکی، ابزار دقیق و کنترلی.

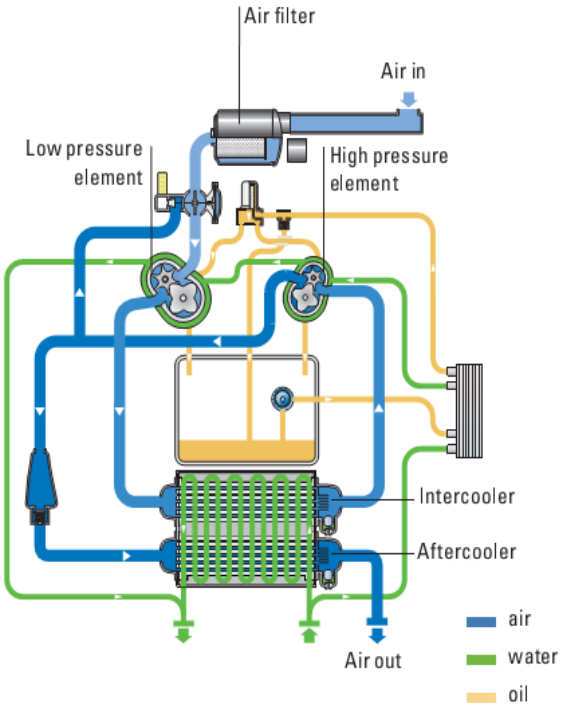
مدل کمپرسورهای بکار رفته جهت تامین هوای فشرده نیروگاه سیکل ترکیبی کرمان ZR55-10bar-50Hz ساخت شرکت اطلس

[۱] Oil free
[۲] Varnish
[۳] Low pressure(LP)
[۴] High pressure(HP)
[۵] Inter & after cooler

[Downloaded from nqpc.ir on 2024-04-26]

کوپکو است که هر کدام از این سه دستگاه می تواند ۵۰٪ کل مصرف مورد نیاز سایت بخار را تامین نماید.

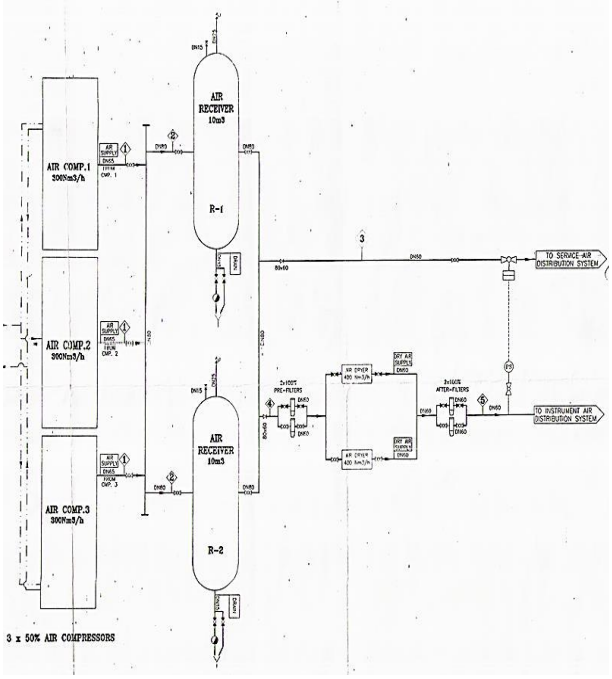
مراحل تولید هوای فشرده دراین کمپرسورها به این شکل است که هوای محیط پس از عبور از فیلتر هوای ورودی وارد مرحله فشار پایین کمپرسور شده پس از افزایش نسبی فشار و دما وارد کولر داخلی شده و پس از انتقال دمای هوا به جریان آب خنک کاری وارد مرحله فشار بالای کمپرسور شده که در این مرحله به فشار نهایی خود رسیده و پس از عبور از صدا خفه کن و کولر آب خنک کن دوم از کمپرسور خارج می گردد (تصویر شماره ۲-۱).



تصویر شماره ۲-۱: شماتیک کمپرسور مارپیچی دو المنتی بدون روغن آب خنک

هوای خارج شده وارد مخازن ذخیره شده که در این مخازن پدیده میعان به دلیل بالا بودن فشار تسریع می گردد. هنگامی که گازی مانند هوا توسط کمپرسور متراکم می شود، ضمن افزایش فشار، حجم گاز کاهش یافته در عوض دمای آن افزایش می یابد. رطوبت موجود در گاز بعلت بالا بودن دمای گاز خروجی از کمپرسور بصورت بخارخواهد بود. ولی بعلت سرد شدن گاز و کاهش دمای آن تا دمای محیط، بعلت کاهش حجم گاز، میزان رطوبت موجود در واحد حجم گاز از میزان اشباع بیشتر بوده و به همین خاطر بخش زیادی از رطوبت موجود در گاز بصورت مایع درآمده توسط تله های رطوبت گیر[۱] از گاز ورودی جدا شده و توسط شیرهای شناوری به بیرون تخلیه می شود و کمک شایانی به خشک شدن هوای ذخیره شده می کند. جهت خشک کردن کامل به منظور استفاده جهت خط هوای ابزاردقیق یا اینسترومنت، هوا وارد سامانه خشک کن و فیلترینگ جهت خارج کردن رطوبت هوای فشرده می شود. این سامانه شامل دو مجموعه دوتایی ستون خشک کن جذبی بوده که یک مجموعه آن در حال کار و مجموعه دیگر آماده به کار می باشد. در مجموعه در حال کار نیز یک ستون درحال خشک کردن هوا (جذب رطوبت) و ستون دیگر در حال احیا (دفع رطوبت) می باشد که این عملیات به صورت خودکار و به طور پیوسته در حال انجام می باشد. حاصل کار مجموعه، هوای مورد استفاده در شبکه ابزاردقیق نیروگاه می باشد که رطوبت آن تا فشار نقطه شبنم دمای $41C^{o}$ (۱۰درجه پایین تر از کمترین درجه برای سایت در مدارک طراحی) کاهش یافته است که آب باقیمانده در آن $0/117g/m^3$ می باشد.

در این سامانه دو سری فیلتر نیز در نظر گرفته شده که به سبب قرار گرفتن قبل و بعد از سامانه رطوبتگیر، پیش فیلتر[۲] و پس فیلتر[۳] نامیده می شوند (تصویر شماره ۲-۲).



تصویرشماره۲-۲: شماتیک خشک کن

[۱] Condensate Trap
[۲] Pre-filter
[۳] After-filter

[Downloaded from nqpc.ir on 2024-04-26]

نقش پیش فیلتر قبل از ورود هوا به سامانه رطوبت گیر جداسازی و جذب قطرات ریز آب و ذرات بوده که این فیلتر قادر است روغن مخلوط با هوا را تا ۰/۱ppm و ذرات بزرگتر از ۱µm را جذب نماید. پس از عبور هوا از رطوبت گیر، پس فیلتر غبار و ذرات بسیار ریز را جذب می نماید که این فیلتر توان جذب ذرات روغن تا ۰/۰۱ppm و ذرات بزرگتر از ۰/۰۱µm را دارد. که در کل هوای ابزار دقیق عبور کرده از این مجموعه با کیفیتی شامل حداکثر روغن $0/1mg/m^3$ و ذرات $1mg/m^3$ در مخزن هوای ابزار دقیق جهت استفاده در شبکه ذخیره می گردد.

۳- ویژگیهای مورد نیاز روغن مصرفی درکمپرسورها

انتخاب روغن مناسب برای هر کمپرسور یکی از عوامل بسیار مهم و مؤثر در افزایش کیفیت روانکاری روغن مورد استفاده در کمپرسور می باشد. نوع کمپرسور، خواص فیزیکی و شیمیائی گاز مورد تراکم، نسبت تراکم، حداکثر دمای مجاز، سیستم خنک کاری، تعداد مراحل، روش روانکاری و... مهمترین عوامل مؤثر در انتخاب روغن مناسب برای سیستم روانکاری کمپرسور می باشد. بر اساس ویژگی های ذکر شده در بالا شرکتهای سازنده کمپرسور طی آزمایشهای مختلف روغن مناسب را برای کمپرسور انتخاب کرده و به خریداران توصیه می نمایند. روغن مورد استفاده در کمپرسور باید دارای مقاومت لازم در مقابل شکسته شدن مولکولی، اکسیداسیون وکربونیزاسیون بوده و خواص اصلی آن در طول مصرف تغییر چندانی ننماید. لازم به ذکر است که بعضی از افراد برای کمپرسورهای مختلف روغن مشابهی را توصیه می کنند درحالی که هر کمپرسور دارای ویژگیهای خاص خود بوده و لازم است که روغن مناسب برای آن مورد استفاده قرار گیرد. در اینجا با توجه به اهمیتی که کمپرسورهای هوا در صنعت دارند به نکات زیر که باید مورد توجه قرارگیرند، اشاره می گردد. دمای هوای ورودی، میزان آلودگی هوا، دمای بهره برداری ازکمپرسور، دمای گاز خروجی از کمپرسور، نوع کمپرسور و فشار دهش گاز، مهمترین عوامل در انتخاب روغن مناسب برای روانکاری کمپرسور می باشد.

وجود آلودگی در هوای ورودی کمپرسور بیشترین تأثیر را برروی سایش قطعات، اکسیداسیون روغن و تشکیل رسوب دوده ای شکل بر روی سوپاپهای دهش و لوله خروجی می گذارد. به همین خاطر امروزه سازندگان کمپرسورها مسئله فیلتراسیون هوای ورودی به درون کمپرسور را شدیدا مورد توجه قرارداده و سیستم فیلتراسیون هوای ورودی به کمپرسور را طوری طراحی می کنند که هوای ورودی به درون کمپرسور حاوی حداقل ذرات معلق و نامطلوب باشد.

۴- مشکلات، علل ایجاد و راهکارها

طبق پایش وضعیت و بررسی های انجام شده بر روی کمپرسور C مشخص گردید که ارتعاشات المنت HP دارای روند افزایشی، همراه با صدای غیر عادی می باشد و مقدار لرزش ماکزیمم آن به ۷/۴۵mm/s رسیده است. بلافاصله جهت رسیدگی بیشتر توصیه گردید ماشین تا حد امکان در سرویس قرار نگیرد. زیرا با توجه به بالا رفتن ارتعاش المنت HP کمپرسور A در چند ماه گذشته و رسیدن به عدد ۱۴/۶۸mm/s بصورت مشابه، احتمال وجود عیب یا عامل بروز اشکال مشترک در هر دوی آنها منطقی به نظر می رسید. هر چند تهیه قطعات مورد نیاز و جذب پیمانکار ذیصلاح جهت دمونتاژ و رفع عیب کمپرسور A در دستور کار قرار داشت. به دلیل نزدیک بودن پیک تابستان و نگرانی های مدیریت، به مانند کمپرسور A توسط بخش مربوطه در خواست انجام کار جهت دعوت از نمایندگی به منظور عیب یابی و تعمیر صادر گردید.

مشکل دیگری که علاوه بر خطر جدی که خارج شدن سیستم هوای فشرده و بدنبال آن بخش بخار نیروگاه را خصوصا با نزدیک شدن به پیک تابستان تهدید می کرد، موضوع عدم امکان تعمیر این المنتها طبق دستورالعمل سازنده بود. با توجه به این موضوع ناچارا نسبت به سفارش گذاری المنت های کامل اقدام گردید که خود مستلزم پرداخت هزینه گزاف و طی شدن زمان سفارش گذاری و دریافت قطعه بود. به دلیل عدم تعریف بیرینگ ها در نقشه انفجاری به دلایل فوق در نتیجه مشخصات فنی آنها نیز جهت سفارش و خرید وجود نداشت. در هر صورت با برقراری ارتباط با شرکت های همکار تا حد امکان مشخصاتی استخراج و جهت تامین لوازم یدکی و تعمیر احتمالی المنتها با این دید که به سادگی در بازار نمی توان خریداری نمود، نیز اقدام شد.

با درک مشکلات و عواقب ناشی از موضوعات مطرح شده فوق بصورت موازی داده برداریها و تحلیل عیب در خود مجموعه آغاز گردید.

[Downloaded from nqpc.ir on 2024-04-26]

با دست یابی به مشخصات بیرینگهای نصب شده مطابق جدول شماره۴-۱ با تحلیل رفتار ارتعاشی، عدم وجود مشکل در قطعات دوار استفاده شده در کمپرسور وجود داشت.

جدول شماره۴-۱: مشخصات بیرینگها

المنتHP	2NU05 EC/VA016 Roller bearing
	Skf (292B) special angular contact ball bearing
	Qj205 MA/special 4point contact ball bearing
المنتLP	2NU08 EC/VA016 Roller bearing
	Skf (272B) special angular contact ball bearing
	Qj208 MA/special 4point contact ball bearing

عامل دیگری که احتمال بروز مشکل داده شد کیفیت روغن کمپرسورها بود. پس از بررسی نتایج چند دوره متوالی آنالیز روغن مشخص گردید که وضعیت پرامترهای روغن ایده ال می باشد. پیگیری ها به همین جا ختم نشد در قدم بعدی مجددا مناسب بودن روغن جایگزین شده در سنوات گذشته مورد رسیدگی قرار گرفت. روغن استفاده شده در کمپرسورها در حال حاضر بهران کمپرسور ps68 می باشد که جایگزین نمونه اصلی Atlas Copco RotoZ شده است.

با علم به این موضوع که روانسازها برای اینکه بتوانند وظایف مورد اشاره را به درستی انجام دهند، باید دارای خواص معینی باشند، نسبت به بررسی بیشتر موضوع اقدام شد. مهمترین خواص روغن مورد استفاده در کمپرسور به شرح زیر است:

۱) دارای گرانروی[۱] مناسب به منظور تشکیل مطلوب لایه روغن، کاهش اصطکاک و ... باشد.
۲) دارای شاخص گرانروی[۲] مناسبی باشند. تا گرانروی آنها با تغییر دما تغییرات زیادی نکند.
۳) در مقابل حرارت و اکسیژن هوا (تجزیه حرارتی و اکسیداسیون) از مقاومت کافی برخوردار باشند.
۴) از زنگ زدن[۳]، خوردگی توسط مواد شیمیائی[۴] و سایش[۵] بیش از حد قطعات جلوگیری کنند.
۵) دارای مواد پاک کننده[۶] و معلق نگهدارنده بوده تا از ته نشین شدن رسوبات در لابه لای قطعات جلوگیری نمایند.
۶) در هوای سرد به اندازه کافی روان بوده تا راه اندازی و ادامه حرکت قطعات به آسانی صورت پذیرد.
۷) با قطعات لاستیکی آببند کننده سازگاری لازم را داشته باشند.
۸) از نظر فراریت و آتشگیری دارای وضعیت مناسبی باشند.
۹) در هنگام کار کف نکنند.

به منظور بررسی وضعیت و شرایط پارامترهای فوق در روغن بهران ps68، نسبت به ارسال یک نمونه روغن نو به آزمایشگاه آنالیز روغن اقدام گردید. با انجام آزمایش و مقایسه آن با اطلاعات روغن اصلی مشخص شد که مطابق نتایج، مشخصه کف و اسیدیته روغن با مشخصات ارایه شده توسط سازنده روغن کمپرسور Atlas Copco RotoZ هم خوانی کاملی نداشته، ضمن آنکه این روغن قابلیت حفظ خواص در دماهای بالای کاری یک کمپرسور بدون روغن را نیز ندارد. لذا تعویض روغن و استفاده از روغن اصلی جهت انجام صحیح فرایند روانکاری تجویز و اعلام شد بایستی از همان روغن پیشنهادی شرکت سازنده کمپرسور خریداری و جهت کمپرسورها استفاده گردد تا احتمال خرابی ماشین بواسطه روغن حذف گردد. در نتیجه روغن اصلی با ذکر فوریت خرید سفارش گذاری شد.

با اعلام بهره بردار مبنی بر بالا رفتن دمای المنت شماره دو و دمای روغن کمپرسور شماره B و تریپ آن و همچنین آلارمی شدن دمای روغن کمپرسور A و تریپ کمپرسور مذکور، با توجه به قرار داشتن در پیک بار تابستان و وابستگی در مدار بودن واحدهای بخار به تامین هوای فشرده حساسیت ها دو چندان شد. این در حالیست که اقدامات تعریف شده با توجه به زمان سپری شده هنوز نتیجه ای در بر نداشته است. جهت کاهش دما، کولر کمپرسور B سرویس و تمیز کاری گردید و جهت اطمینان از باز بودن مسیر، آب خنک کاری به صورت معکوس فلاشینگ گردید و کمپرسور در سرویس قرار گرفت و پس از گذشت زمان کوتاهی مجدداً کمپرسور با دمای روغن ۷۰c° و دمای المنت دو ۲۳۷c° آلارمی و با دمای روغن تریپ کرد. با توجه به اینکه

[۱] Viscosity
[۲] Viscosity Index
[۳] Rust
[۴] Corrosion
[۵] Wear
[۶] Detergent

[Downloaded from nqpc.ir on 2024-04-26]

کمپرسور B تعمیری می باشد و توانایی فشار سازی در مدت زمان معین توسط المنت HP را ندارد و این عامل می تواند دمای المنت و در ادامه روغن را بالا ببرد، با این نظریه کولر کمپرسور شماره B روی کمپرسور A نصب گردید و کمپرسور در سرویس قرار گرفت که این کمپرسور نیز با دمای روغن از مدار خارج گردید. ضمنا جهت کمپرسور A با شرح عیب بالا رفتن دمای روغن، کولر روغن جهت خرید سفارش گذاری شده بود.

۵- شرح کار

از آنجا که با فرا رسیدن پیک بار تابستان لزوم استفاده از توان حداکثری کمپرسورها غیر قابل اجتناب بوده، روند افزایش تعداد مجوزهای صادر شده وجود داشت. در تمامی کمپرسورها عیوب مشابه ای ظاهر که حتی با شستشو و سرویس کولر روغن در کمتر از ۲۴ ساعت با آلارم بالا بودن دما کمپرسور تریپ می کرد. از آنجاییکه این عیب در همه کمپرسورها ظاهر شده بود، عملا امکان خارج کردن هر کدام از کمپرسورها به مدت طولانی به دلیل نگرانی عدم تامین فشار لازم نیز وجود نداشت. لذا به منظور کم کردن ریسک عوارض ناشی از دسترس نبودن کمپرسورها اقدام به اخذ مشاوره از یکی از نمایندگی های سازنده شد. با حضور کارشناس اعزامی نماینده در نیروگاه و پس از بازدید، تحلیل و بررسی شرایط کارکرد کمپرسور ضمن تایید تعویض روغن کنونی اعلام داشتند: "در اسرع وقت کمپرسورها بایستی اورهال شوند تا عیب مشترک ارتعاشات و همچنین افزایش دمای روغن مشخص گردد که با توجه به تخصصی بودن تعمیرات آنها بایستی کمپرسورها به تهران انتقال یابند. ضمناً ایشان تاکید داشتند که این نوع کمپرسورها با توجه به بدون روغن بودن بیشتر در صنایع غذایی و دارویی کاربرد دارند و برای تامین فشار ابزار دقیق چندان مناسب نیستند".

با توجه به غیر سازگار بودن اظهار نظرکارشناس اعزامی با شرایط پیک تابستان و همچنین تحمیل هزینه های گزاف قابل ملاحظه خصوصا در بخش لوازم یدکی، با استناد به سوابق پایش وضعیت و اطمینان نسبی از عدم وجود عیب در قطعات دوار و بیرینگها و امکان رفع عیب ارتعاشی با تعویض روغن، علت بالا رفتن دما نیز بصورت دقیق تر با فراهم آوردن شرایط مشارکت کارکنان و استفاده از خلاقیت، تلاشهای هوشیارانه و آگاهانه همکاران علاقه مندتر و با تکیه بر دانش خود مجموعه جهت عبور از پیک تابستان و خرید زمان در دستور کار قرار گرفت.

قبل از انجام هر گونه اقدام جهت کاهش ریسک از دست دادن هوای فشرده در زمان انجام تعمیرات بر روی کمپرسور با توجه به شرایط بحرانی دو کمپرسور دیگر از یک عدد کمپرسور پرتابل موجود با در نظر گرفتن تمهیدات و لاجیک لازم به صورت موازی با سایر کمپرسورها استفاده گردید.

در ادامه بررسی و ریشه یابی علل و عوامل افزایش دمای روغن کمپرسور A، عامل گردش مناسب سیال خنک کن در کل مجموعه کمپرسور از دیدگاه پر بودن مسیرها از آب و عدم وجود خلاء محلی خنک کن مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور تست ها و آزمونهای متعددی جهت بررسی شرایط حاکم بر گردش سیال انجام گردید. در طی آزمایشات مختلف وجود مقادیر زیادی هوا در هر مرحله از بی فشار کردن مسیر خنک کاری اثبات شد که بنظر می رسید از طریق مسیرهای در تماس با سیال خنک کن به جریال آب گردشی تزریق و موجب خلل در امر گردش سیال خنک کن، به خصوص کولر روغن شده و موجب عدم انجام کامل انتقال حرارت و افزایش دمای روغن می-شود. به منظور حذف آزمایشی هوا از سیستم و اثبات نظریه فوق، مسیر تخلیه‌ای از کولر روغن تهیه و کمپرسور وارد مدار گردید. به صورت منظم و دوره‌ای و در بازه های زمانی ۳۰ دقیقه هوای مسیر تخلیه شد که در مدت زمان حدود ۱۸ساعت، کمپرسور با دمای نرمال روغن در مدار بود و وظیفه تامین هوای فشرده سایت را برعهده داشت. به منظور قطعیت بیشتر در نتیجه گیری نظریه فوق پس از خاموش کردن ماشین، مسیرهای ورودی و خروجی آب خنک کاری ایزوله و با اطمینان از عدم وجود نشت داخلی والوها، گیج فشاری بر روی یکی از محل های عبور خنک کن نصب شد. سپس مسیر هوای خروجی کمپرسور باز شد تا فشار هوای خط اصلی در بخشهای مورد نظر آن اعمال گردد. در این شرایط به وضوح مشاهده گردید که عدد نشان داده شده توسط گیج در طی مدت زمانی شروع به بالا رفتن نموده که خود دلیلی بر نشت هوای به مسیر سیال است. که در این بررسی ها پدیده قفل بخار در کولر روغن مشاهده گردید که پس از تحلیل و بررسی جوانب امر و انجام آزمایشات و طراحی و نصب تجهیزات اندازه گیری فشار و دما در جاهای مختلف سیکل، محتمل ترین عامل ایجاد پدیده قفل بخار با توجه به نتایج اندازه گیری ها،

[Downloaded from nqpc.ir on 2024-04-26]

نفوذ هوای فشرده به آب خنک کاری تشخیص داده شد به طوریکه جریان آب در کولر روغن به طور کامل قطع می شود که این امر می توانست در کولرهای خنک کن داخلی و خارجی که در معرض هوای فشرده قرار دارند، اتفاق بیفتد. نظر به اینکه با آزمونهای فوق از عیب نشت هوا به داخل سیال اطمینان حاصل شده است نسبت به تعریف فرایند تعمیراتی به صورت بازرسی گام به گام تجهیزات دارای احتمال بالاتر عیب و تعمیر آنها اقدام گردید.

در مرحله بعد با توجه به نبود هر گونه تجربه دمونتاژ این قسمت از کمپرسورها تا کنون و علیرغم نبود دستورالعمل با تکیه به تجارب و نقشه های مشابه که در اینترنت وجود داشت نسبت به دمونتاژ کولرهای کمپرسور اقدام که خوشبختانه با موفقیت انجام شد. با دمونتاژ و بازدید از مسیر ورودی هوا به کولرهای خنک کاری داخلی و خارجی مقادیری مخلوط آب و زنگ آهن مطابق شکل زیر در کولر خارجی مطابق شکل زیر مشاهده گردید.

تصویر شماره ۵-۱: وجود آثار زنگ خوردگی در کولر کمپرسور

لذا جهت اطمینان از سوراخ نبودن آنها تست نشتی لوله های هوا و همچنین تست نشتی سیل های بین مسیر هوا و آب در کولرهای هوا به منظور صحت عملکرد آببندها انجام شد که در نهایت محرز گردید که خوشبختانه لوله ها سالم هستند و فقط تغییر رنگهایی ناشی از زنگ خوردگی بر روی لوله ها وجود دارد.

تصویر شماره ۵-۲: وجود آثار زنگ خوردگی در کولر کمپرسور

در طول تست مشخص گردید آب بندی بین آب و هوا در کولر به درستی انجام نمی شود. در گام بعدی سیل های مذکور با نمونه های ساخت داخل کشور معادل سازی و پس از تهیه تعویض گردیدند. خوردگی هایی نیز در پوسته کولر هوا مشاهده که با استفاده از جوشکاری سرد ترمیم و پس از سپری شدن مدت زمان ۴۸ ساعته مورد نیاز، عملیات پرداخت سطح انجام و در نهایت پس از سرویس کامل کولر هوا و تعویض سیل ها و آببندهای مربوطه، مونتاژ کولر داخلی و خارجی انجام شد. با تخلیه کامل روغن روانکاری و فلاشینگ مسیرها، روغن اصلی تهیه شده به سیستم تزریق گردید و کمپرسور آماده استارت و بهره برداری شد. پس از استارت و پایش ۲۸ ساعته میزان ارتعاش حدود ۳ mm/s و حداکثر دمای روغن با کاهشی معادل ۱۸ درجه از دمای تریپ $52C^{\circ}$ بود. با مطلوب بودن تمامی شرایط بهره برداری و عدم مشاهده هیچ اثری از وجود هوا در آب خنک کاری کمپرسور در مدار قرار گرفت.

با پایش وضعیت عملکرد کمپرسور مذکور پس از اقدامات انجام شده و مثمر ثمر بودن فعالیت های تعمیراتی صورت پذیرفته، جهت کمپرسورهای دیگر نیز بصورت مشابه اقدام گردید. با عیب یابی و تعمیر تمامی کمپرسور ها و اعمال تغییرات در نحوه بهره برداری از سیستم هوای فشرده ضمن رفع عیب، از تکرار این مشکلات نیز جلوگیری بعمل آمد.

۶- نتیجه گیری

گسترش و سرعت تغییرات در جهان باعث شده کشورها فقط با ابتکار و نوآوری خود را با شرایط جدید وفق دهند. سازمان های موفق تر با افزایش خلاقیت می توانند از فرصت ها بهتر استفاده کنند. روح فرهنگ بهبود بهره وری باید در کالبد سازمان دمیده شود که در این میان نیروی انسانی هسته مرکزی را تشکیل می دهد. افزایش خلاقیت در سازمانها می تواند به ارتقای کمیت و کیفیت فعالیتها، کاهش هزینه ها، جلوگیری از اتلاف منابع، بالندگی بیشتر و استقلال سازمان ها را به دنبال داشته باشد. تهدیدی که در تولید برق و در پیک بار تابستان به دلیل اشکال در سیستم هوای فشرده وجود داشت، با بهره گیری و پیاده سازی تکنولوژی پایش وضعیت، خود باوری و استفاده مفید از فرصت ها با اقدامات تعمیراتی شایسته از میان برداشته شد.

انتخاب روغن مناسب برای هر کمپرسور یکی از عوامل بسیار مهم و مؤثر در افزایش کیفیت روانکاری کمپرسور می باشد. نوع

[Downloaded from nqpc.ir on 2024-04-26]

کمپرسور، خواص فیزیکی و شیمیائی گاز مورد تراکم، نسبت تراکم، حداکثر دمای مجاز، سیستم خنک کاری، تعداد مراحل، روش روانکاری و..... مهمترین عوامل مؤثر در انتخاب روغن مناسب برای سیستم روانکاری کمپرسور می باشند. براساس ویژگیهای ذکر شده در بالا شرکتهای سازنده کمپرسور طی آزمایشهای مختلف روغن مناسب را برای کمپرسور انتخاب کرده و به خریداران توصیه می نمایند. هر کمپرسور دارای ویژگیهای خاص خود بوده و بایستی روغن مناسب در آن بکار رود. لذا در انتخاب روغن باید از روغن معرفی شده از سوی شرکت سازنده کمپرسور و یا روغنی که مشابهت کامل نسبت به آن را دارا می باشد استفاده شود. موضوع عدم تغییر خواص اصلی روغن در طول مصرف از موارد مهم در زمان انتخاب روغن جایگزین می باشد.

مطابق آنچه بیان شد سیستم هوای فشرده نیروگاه کرمان متشکل از سه دستگاه کمپرسور نوع مارپیچ بدون روغن می باشد که طبق منطق تعریف شده برای این سامانه کمپرسورها به صورت اولویت بندی سه گانه آماده به کار بوده که یکی از معایب این روش کارکرد طولانی مدت کمپرسور اولویت اول و توقف طولانی دو کمپرسور دیگر است که حتی با تصمیم به چنج ماهیانه آنها نیز توقف کمپرسورهای دیگر باز هم طولانی می باشد. هوای فشرده تولید شده در هر کمپرسور از طریق مسیر خروجی به یک هدر مشترک بین سه کمپرسور وارد و به مخزن هوای سرویس و سیکل کاری راهی می شوند. نظر به اینکه مسیر خروجی هر کمپرسور به هدر مشترک هیچ شیر یک طرفه ای در نظر گرفته نشده است بخش کولر خارجی و خروجی کمپرسورهای خاموش همیشه فشار دار می باشد. اگرچه هوای فشرده تولید شده در دو مرحله HP و LP هر کمپرسور در کولرهای داخلی و خارجی خنک کاری می شوند و همزمان با عمل خنک کاری رطوبت موجود در آن تقطیر شده و دفع می گردد؛ ولی باز هم مقادیری رطوبت در این هوا باقیمانده که در سیستم خشک کن توضیح داده شده حذف می شود. بنابراین هوای موجود در هدر مشترک کمپرسورها همیشه قدری مرطوب می باشد که این رطوبت در کمپرسورهای خاموش ولی آماده به کار (اولویتهای ۲و۳) با محیط، مخصوصاً فصل سرد هم دما شده و کندانس می شود که موجب بروز خوردگی و تجمع لایه های اکسید آهن در مسیر هدر آنها می گردد. طی مشاوره های اخذ شده نمایندگان سازنده این ماشین ها توقف طولانی مدت توسط سازنده هم پیشنهاد نگردیده است. بنابراین طی برنامه جدید تعیین شده مقرر گردید برنامه چنج ماهیانه به هفتگی تبدیل شود که در نتیجه مدت زمان توقف از دو ماه به دو هفته کاهش یافته و لذا تخلیه رطوبت موجود در بخشهای مذکور که عامل خورندگی می باشد سریعتر انجام می شود.

موارد عنوان شده نه تنها موجب گذر موفق شرکت از پیک بار تابستان شد بلکه با اقدامات انجام شده ضمن تدوین دانش فنی تعمیرات اساسی ماشینهای فوق در یکی از حیاتی ترین سیستمهای کاری نیروگاه موجب افزایش بهره وری نیز شده است. عوامل موثر در بهره وری یک سازمان متعددند هرچند که تقریبا همه صاحب نظران و مدیران سرشناس صنایع جهان، منابع انسانی را اساسی ترین عامل تلقی کرده اند ولی قطعا موانع متعددی بر سر راه وجود داشته که با غلبه بر آنها علاوه بر ارتقاء و پیشرفت سازمان خود به ترقی جامعه نیز کمک می شود.

۷- مراجع

[۱] مرادی، علی، ۱۳۹۲. تکنولوژی هوای فشرده.
[۲] جمشیدوند، ایرج، ۱۳۸۴. تکنولوژی روغن و روانکاری.
[۳] طاهری، شهنام، ۱۳۷۸. بهره وری و تجزیه و تحلیل آن در سازمان ها.
[4] Operation and maintenance manual for compressed air system. MPKRC BM 16 UAZ004
[5] Paul C. Hanlon, 2001. Compressor hand book. New York: McGraw-Hil.

[Downloaded from nqpc.ir on 2024-04-26]