

افزایش کیفیت گاز سوخت توربینهای گازی پالایشگاه گاز سرخون

ابوالفضل آتش جامه^۱ - صمد رحیمی^۲ - علی ذاکری^۳ غلامرضا بهمن نیا^۴

بندرعباس-بلوار دانشگاه آزاد- شرکت پالایش گاز سرخون و قشم- واحد مهندسی و خدمات فنی
atashjameh@yahoo.com

چکیده

نقص‌های مکانیکی در توربین‌های گازی و کمپرسورهای گاز می‌تواند از طریق آلودگی گاز ورودی به محفظه احتراق که دارای آلاینده‌های مایع (Aerosol) و جامد می‌باشند، منتج شود. محافظت از توربین‌های گازی با نصب فیلتر کوالیسرهای گاز- مایع با بازده زیاد می‌تواند انجام پذیرد که باعث کاهش هزینه‌های تعمیراتی، افزودن مدت زمان بین بازرسی‌ها و تعمیرات اساسی و نداشتن شات دان (Shut down) اضطراری شود. جهت افزودن راندمان توربین‌های گازی پالایشگاه گاز سرخون سه دستگاه فیلتر کوالیسر طراحی و نصب گردید. با انجام اقدام اصلاحی فوق‌الذکر جلوگیری از بروز شات دانهای ناخواسته، باعث پایدار نمودن بهره‌برداری توربین گردید. با توجه به کاهش هزینه‌های تعمیراتی، مقدار ۴۵۵۹۸۰۰۰۰ ریال در پنج سال صرف جویی اقتصادی به همراه داشته است. مضافاً ریسک از کار اندازی کلی پالایشگاه بمیزان ۵۰ درصد از میان دو توربین آماده بکار هنگام قطع برق پالایشگاه در زمان تعمیرات توربین کاهش می‌یابد.

واژه‌های کلیدی: فیلتر کوالیسر- توربین‌های گازی- گاز سوخت.

۱- مقدمه

پالایشگاه گاز سرخون به منظور بهره‌برداری از مخزن گازی سرخون واقع در ۱۰ کیلومتری شمال شرقی شهرستان بندرعباس جهت تامین سوخت گازی مورد نیاز نیروگاه بندرعباس، مجتمع مس سرچشمه و سایر بخش‌های صنعتی، تجاری و خانگی استان کرمان و پالایشگاه نفت بندرعباس و کارخانه آلومینیم المهدی می‌باشد. ظرفیت بهره‌برداری از مخازن گازی سرخون روزانه در حدود ۱۴/۴ میلیون متر مکعب نرمال تخمین زده شده است. پالایشگاه سرخون شامل دو فاز است، سرخون I شامل یک واحد جداسازی اولیه و یک واحد تثبیت مایعات گازی است. سرخون II شامل واحد جداسازی ورودی (واحد ۲۰۰)، واحد تنظیم نقطه شبنم (واحد ۴۰۰)، واحد تثبیت مایعات گازی و تولید LPG (واحد ۷۰۰)، واحد شیرین‌سازی (واحد ۱۰۰۰) و واحدهای سیکل تبرید (واحد ۵۰۰)، واحد بازیابی گلایکول (واحد ۶۰۰)، واحد تولید برق (واحد ۹۰۰)، واحد آب مصرفی و آشامیدنی (واحد ۸۱۰)، واحد هوای فشرده (واحد ۸۲۰)، واحد سوخت (واحد ۸۳۰)، حوضچه سوزان (واحد ۸۴۰) و واحد آب آتش نشانی (واحد ۸۶۰)، واحد تولید گاز نیتروژن و واحد تولید آب صنعتی است.

۱- کارشناس ارشد مهندسی شیمی- مهندس ارشد پروسس پالایشگاه گاز سرخون

۲- کارشناس مهندسی شیمی- رئیس مهندسی و خدمات فنی پالایشگاه گاز سرخون

۳- کارشناس ارشد مهندسی شیمی- مهندس احتراق سوخت و انرژی پالایشگاه گاز سرخون

۴- معاون عملیات- شرکت پالایش گاز سرخون و قشم

بمنظور تأمین احتیاجات انرژی الکتریکی پالایشگاه گاز سرخون و همچنین تأمین نیروی محرکه کمپرسورهای پروپان از ۶ دستگاه توربین گازی استفاده می‌گردد. از میان ۶ توربین گازی ۳ دستگاه از نوع SOLAR (جدول ۱) مربوط به ژنراتورهای تولید برق و مابقی رستون برای کمپرسور پروپان (جدول ۲) در سیکل تبرید تنظیم نقطه شبیم آب و هیدروکربوری هستند.

جدول ۱: مشخصات توربین های گازی سولار T4500 ژنراتورهای برق پالایشگاه گاز سرخون

کمپرسور	۱۱ مرحله ای و تراکم ۱:۹
توربین قدرت	۳ مرحله ای
سوخت	گاز طبیعی با فشار 170-225 Psig & 26 Nm ³ /min
سرعت محور	۱۴۹۵۰ دور در دقیقه
دمای احتراق	۹۴۴ درجه سانتیگراد
محفظه احتراق	Annular با ده عدد انژکتور
دمای گاز اگزوز	۴۹۵ درجه سانتیگراد

جدول ۲: مشخصات توربین های گازی رستون TB-4000 کمپرسورهای پروپان البوت پالایشگاه گاز سرخون

کمپرسور توربین ۱	۲ مرحله
کمپرسورها	۱۲ مرحله
توربین قدرت	۲ مرحله
سرعت محور کمپرسور توربین	۱۰۶۰۰ دور در دقیقه
سرعت محور توربین قدرت	۷۹۰۰ دور در دقیقه
محفظه احتراق	نوع جریان معکوس
دمای گاز اگزوز	۵۶۰ درجه سانتیگراد

۲- تئوری و شرح مسئله

گاز سوخت مورد نیاز توربین از سیستم گاز سوخت، که از طریق استحصال گاز از مایعات گازی پالایشگاه می باشد تأمین می گردد. بدلیل نداشتن فیلتر مناسب در ورودی گاز توربین ها، اکثر مواقع سیستم سوخت رسانی توربین اعم از دستگاه تنظیم گاز سوخت توربین سولار (VGF)، تغییر تنظیم سوخت توربین رستون THROTTLE VALVE دچار اشکال می گردید و هنگام افزودن دور توربین بدلیل عدم کنترل دقیق سوخت و یا کمبود سوخت باعث شات دان توربین می شد. تعمیرات VGF در مدت زمان های دوماهه انجام می گردید. مضافاً براینکه وجود ناخالصی ها ضمن آسیب به تیغه های توربینها باعث ناپایدار نمودن بهره برداری توربین در دورهای بالانیز می شد. جهت تعمیر VGF در هر سیکل کاری حداقل زمان دو روز برای تعمیرات و تست مجدد آن نیاز است. (با عنایت حجم کار انجام شده طبق جدول ۱) بر اساس مطالعات انجام شده عملکرد توربین های پالایشگاه و همچنین مطالعه سایر منابع مشخص گردید که حداقل 30% نقص های مکانیکی ایجاد شده در توربین و کمپرسورهای گاز ناشی از آلاینده های گاز ورودی است [۲]، [۳]. با نصب سیستم های پیشگیرانه نظیر نصب فیلتر کوالیسیز گاز-مایع می توان ضمن افزایش پایداری عملیات راهبری توربین زمان تعمیرات اساسی سیستم سوخت رسانی را ۳۰۰ درصد افزایش داد.



شکل ۱- نمای از سیستم VGF توربین گازی Solar

بمنظور کاهش هزینه های تعمیراتی و راهبری پایدار توربین ها پس از مطالعه منابع دستگاه فیلتر کوالیسی (شکل ۲) و یک دستگاه فیلتر کوالیسی برای توربو کمپرسورهای پروپان (شکل ۳) نصب گردید .
کوالیسی های گاز- مایع با راندمان بالا از جنس فایبر گلاس با ساختمان متخلخل در حد چند میکرون ساخته شده اند. ساختمان متخلخل باعث جذب و جدایش ایرسولها می گردند.

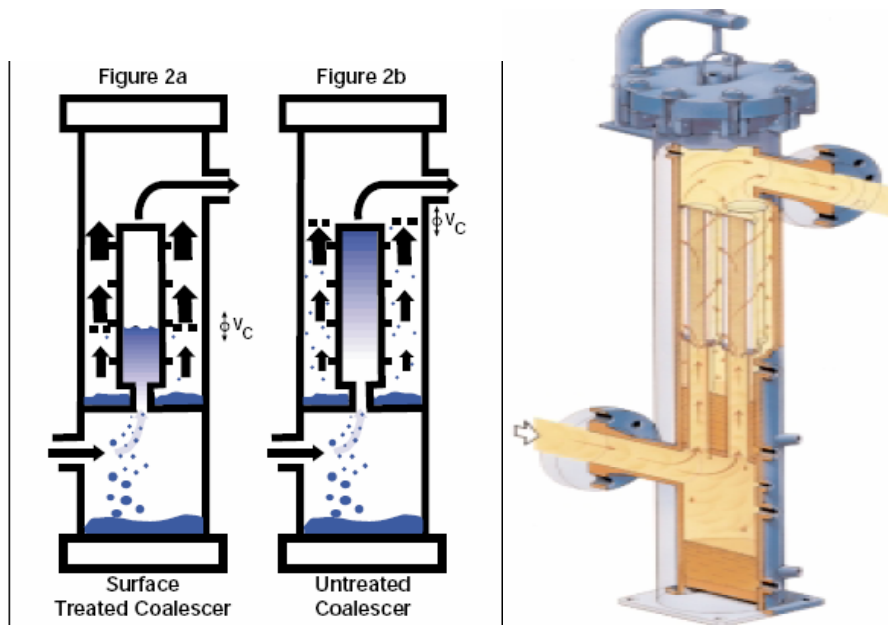


شکل ۲- نمایی از فیلتر کوالیسی توربین های Solar



شکل ۳- نمایی از فیلتر کوالیسی توربین های رستون

اهمیت دیگر کوالیسر گاز-مایع در این است که فیلتر در نسبت های کم جریان گاز (Turn Down Ratio) نیز کارائی دارد . داشتن این مزیت بخاطر این است که فیلتر بر اساس نفوذ و جدایش مستقیم . نظیر صفحات مواج در جدا کننده های معمولی عمل می کند . لذا بخاطر همین موضوع فیلتر از انعطاف پذیری و قابلیت زیادی جهت جدایش ایرسولهای مایع از گاز در شدت جریان کم می باشد.



شکل ۴- نمایی از درون یک فیلتر کوالیسر

فیلتر کوالیسر واحد ۹۰۰ برای جدایش ذرات ایرسول بزرگتر از $0.1 \mu\text{m}$ طراحی شده است و قادر است مقدار آلاینده ها را از 1000ppmv به 0.003ppmv کاهش دهد. از مزایای دیگر فیلتر کوالیسر مدیای اصلاح شده آن می باشد که در نتیجه آن از دستگاه می توان جریان زیادی را عبور داد و یا در مقایسه با سایر فیلتر های معمول از هوزینگ (Housing) کوچکتری استفاده نمود .

همانطور در شکل ۴ مشخص است گاز با آلاینده های ایرسول از قسمت ته فیلتر وارد قسمت قطره گیر دستگاه می شود در این قسمت هرنوع سیلابه و یا قطرات بزرگتر از $300 \mu\text{m}$ میکرون گرفته می شود . گاز پس از عبور از تیوب شیت با جریان شعاعی از میان مدیای المنت عبور کرده و وارد آنالوس (Annulus) می شود . میزان توزیع ذرات ایرورسول در ورودی در حد $0.1-300 \mu\text{m}$ می باشد و پس از عبور از فیلتر سایز قطرات به $0.5-2.2 \mu\text{m}$ کاهش می یابد از مزایای جهت جریان درون به بیرون (In to Out) این است که سرعت گاز را در آنالوس بمنظور جلوگیری از فرار مایع با تغییر اندازه هوزینگ کنترل نمود همچنانکه گاز المنت را ترک می کند قطرات چسبیده که در حین عبور از مدیای فیلتر تشکیل شده اند بلا فاصله پس از رسیدن به سطح فیلتر به قسمت پایین فیلتر سقوط می کنند .

سطح اصلاح شده فیلتر شدت ریزش قطرات را زیاد می نماید . زمانی که قطرات کوالیس شده (Coalesced) از سطح خارج می شوند و با نیروی جریان گاز که رو به بالا می باشد مواجه می گردند . خط سیر قطرات که از طریق تعادل وزن قطره و نیروی دراگ مدل می گردد در تجزیه و تحلیل و محاسبه سرعت بحرانی آنالوس بکار می رود .

چنانچه سطح فیلتر اصلاح نشده باشد بخاطر اینکه سرعت آنالوس در آن گونه فیلترها کمتر از حالتی است که فیلتر اصلاح شده است در نتیجه میزان فرار مایع بیشتر است و ماکزیمم سرعت آنالوس در قسمت بالای کوالیسر سه برابر از سرعت آنالوس در المنت های معمولی بیشتر خواهد بود [۱].

۳- نتیجه گیری

یکی از مشکلات اساسی در واحد ۹۰۰ (نیروگاه) قبل از در سرویس قراردادن کوالیسر بروز می کرد. تعمیرات VGF در مدت زمانهای یکماهه بود. مضافاً براینکه وجود ناخالصی ها ضمن آسیب به آن باعث نا پایدار کردن بهره برداری از توربین در دوره های بالا می گردید، با توجه به افزایش مدت زمان تعمیرات سیستم سوخت رسانی توربین های گازی سولار از دو ماهه به چهار ماهه و افزودن تعمیرات عمده توربین های گازی رستون از ۲۴۰۰۰ ساعت به ۴۸۰۰۰ ساعت مطابق جداول ۳ و ۴ معادل ۴۵۵۹۸۰۰۰ ریال صرفه جویی اقتصادی داشته است. ذکر این نکته ضروری است که این هزینه های بدون احتساب هزینه های تعمیرات اساسی و هزینه های ریسک ناشی از توقف اضطراری کل پالایشگاه می باشد.

جدول ۳: صرفه جویی اقتصادی در مدت زمان ۵ سال

موارد	کارکرد	هزینه	کل هزینه (ریال)
مهندس ابزار دقیق	۳۶۰ (نفر ساعت)	۸۰۰۰۰ (ریال به نفر ساعت)	۲۸۸۰۰۰۰۰
تکنسین	۱۴۴۰ (نفر ساعت)	۴۰۰۰۰ (ریال به نفر ساعت)	۵۷۶۰۰۰۰۰
کارگر	۱۴۴۰ (نفر ساعت)	۲۰۰۰۰ (ریال به نفر ساعت)	۲۸۸۰۰۰۰۰
هدر رفت گاز در زمان تست	۶۰۰۰۰	۵۰ ریال بر مترمکعب استاندارد	۳۰۰۰۰۰۰
قطعات یدکی	تعویض بدفعات ۳۰ بار	۱۰۰۰۰۰	۳۰۰۰۰۰۰
جمع کل			۱۴۵۵۰۰۰۰۰ ریال

جدول ۴: صرفه جویی اقتصادی در مدت زمان ۵ سال

موارد	کارکرد	هزینه	کل هزینه (ریال)
مهندس مکانیک	۲۵۲ (نفر ساعت)	۸۰۰۰۰ (ریال به نفر ساعت)	۲۰۱۶۰۰۰۰
تکنسین	۵۰۴ (نفر ساعت)	۴۰۰۰۰ (ریال به نفر ساعت)	۲۰۱۶۰۰۰۰
کارگر	۱۰۰۸ (نفر ساعت)	۲۰۰۰۰ (ریال به نفر ساعت)	۲۰۱۶۰۰۰۰
قطعات یدکی	یکبار در ۵ سال	۲۵۰۰۰۰۰۰	۲۵۰۰۰۰۰۰۰
جمع کل			۳۱۰۴۸۰۰۰۰ ریال

۴- تشکر و قدردانی

در اینجا بر خود لازم می دانم از همکاری آقایان پروین و جعفری و سایر همکاران در بخش تعمیرات مکانیک، ابزار دقیق و بهره برداری که در تهیه این مقاله اینجانب را یاری نمودند قدردانی نمایم.

مراجع:

- 1 PALL Corporation, PALL Process filtration Department
- 2 Pauly, C.R., Hashemi, R., and Caothien, S., "Analysis of foaming Mechanisms in Amine Plant," Presented at The American Institute of Chemical Engineers Summer Meeting, Denver, Colorado, August 22-24, 1988
- 3 Schlotthauer, M., and Hashemi, R., "Gas Conditioning A Key to Success in Turbine Combustion Systems Using Landfill Gas Fuel," Presented at the 14th Annual Landfill Gas Symposium GRCDA/SWANA, San Diego, California, March 27, 1991