شبیه سازی و تحلیل اکسرژی منابع مصرف کننده ی گازهای بازیابی شده ی از شبکه فلر در پالایشگاه گازی

مهدی عنایتی ، سید محسن حسینی *، فهیمه پرویزیان
گروه مهندسی شیمی ، دانشکده فنی مهندسی ، دانشگاه اراک، کد پستی ۳۸۱۵۶-۸-۸۳۴۹
* S-Hosseini@Araku.ac.ir

Accepted Paper

چکیده

این مقاله به منظور کاهش آلودگی زیست محیطی و بهینه سازی مصرف انرژی، بر روی شبیه سازی و تحلیل اکسرژی سامانه بازیابی گازهای شبکه فلر در یک پالایشگاه گازی و منابع مصرفی آن تمرکز دارد. در فرآیند استخراج و فرآوری نفت و گاز، مقادیر زیادی از گازهای استفاده نشده به سمت شبکه فلر هدایت می‌شوند که این امر باعث آلودگی زیست محیطی و هدر رفت اقتصادی می‌شود. شبیه‌سازی انجام شده فرآیند نشان می دهد که ۲۸۷۰۰ کیلوگرم در ساعت گاز فلر از شبکه فلر پالایشگاه، با فشار ۹ بار و دمای ۲۵ درجه سانتیگراد قابل بازیابی است. یکی از نکات مهم در زمینه سامانه‌های بازیابی فلر، مصرف بهینه گازهای بازیابی شده است که تحلیل اکسرژی برای سناریوهای مختلف این امکان را فراهم می‌نماید. در این مقاله، دو سناریو برای مصرف گازهای فلر ارائه شده است. در سناریو اول، گازهای بازیابی شده تا فشار ۷۰ بار فشرده شده و سپس به واحد شیرین سازی گاز پالایشگاه تزریق می‌شود که بازده اکسرژی محاسبه شده برای این سناریو ۶۹ درصد است. در سناریوی دوم، گازهای بازیابی شده فلر به سمت کمپرسورهای موجود در واحد میعانات گازی هدایت می‌شوند که بازده اکسرژی محاسبه شده برای این سناریو بیش از ۷۸ درصد می‌باشد. بر اساس نتایج شبیه‌سازی و تحلیل اکسرژی، این نتیجه حاصل شد که تزریق گازهای فلر بازیابی شده به کمپرسورهای واحد تثبیت میعانات گازی، بهترین راهکار برای بهره‌وری اقتصادی بیشتر از گازهای بازیابی شده است.

کلمات کلیدی: فلرینگ، بازیابی گازهای فلر، شبیه سازی، اکسرژی، پالایشگاه

۱ مقدمه

در عرصه رقابت جهانی و در راستای تولید بیشتر، هزینه‌ی کمتر، صنایعی موفق خواهند بود که در این رقابت با تحقیقات و مطالعات بیشتر، موفق به یافتن راهکارهایی برای جلوگیری از اتلاف انرژی و جلوگیری از آلودگی محیط زیست گردند. علیرغم تمامی مزایای حاصل از وجود شبکه‌ی فلر[1] خصوصاً در پالایشگاه‌ها و همچنین در مناطق تولید نفت در راستای حفظ امنیت واحدها و کارکنان، مواردی همچون نشر آلاینده‌های زیست‌محیطی و هدررفتن حجم عظیمی از انرژی، لزوم تجدیدنظر در ساختار و عملکرد این شبکه را اجتناب ناپذیر می‌نماید [۱]. به عبارت دیگر از آنجایی که اصلی‌ترین راه اتلاف انرژی در پالایشگاه‌ها، شبکه‌ی فلر بوده و بیشترین میزان آلاینده‌های زیست‌محیطی نیز از همین شبکه متصاعد می‌گردد، توجه به بهینه‌سازی عملکرد و بررسی روش‌هایی در بازیابی گازهای ارسالی به شبکه فلر از اهمیت بسزایی برخوردار می‌باشد. برخی از پیامدهای ناشی از فلرینگ[2] ، مانند احتراق ناقص حاصل از سوختن گاز در فلرها، علاوه بر حرارتی که تولید می‌کند، با تولید گازهای سمی مانند منوکسید کربن، اکسیدگوگرد و اکسیدهای نیتروژن منجر به اثرات مخرب زیست‌محیطی می‌شود. مواد منتشره ناشی از مراحل مختلف فلرینگ عبارتند از: ذرات کربن ،ترکیبات آلی فرار سوخته نشده، منوکسید کربن، گازهای اکسید نیتروژن، سولفید هیدروژن، دی‌اکسید گوگرد، علاوه بر آن، صدای ناشی از فلرینگ، فرایند احتراق ناقص، خطر انفجار و آتش‌سوزی ناشی از برگشت گاز خروجی به سمت دودکش، آسیب به گیاهان و جانوران، تشعشع شدید ناشی از شعله فلر، کاهش ضخامت لایه اوزون، باران‌های اسیدی و گرمایش از دیگر آثار مخرب زیست‌محیطی سوختن گازها در شبکه فلرها می باشد[۲]. سالانه حدود ۱۴۰ میلیارد متر مکعب گاز در شبکه فلر سوزانده می شود که منبع اصلی انتشار گازهای گلخانه‌ای از قبیل منوکسید کربن، متان و دوده سیاه است. در سال ۲۰۲۲، حجم گاز سوزانده شده در شبکه فلر در سراسر جهان به ۱۳۹ میلیارد مترمکعب افزایش یافته است. که این حجم از فلرینگ منجر به انتشار سالانه معادل ۵۰۰ میلیون تن گازهای گلخانه ای گازهای گلخانه ای در سال ۲۰۲۲ شده است[۳]. سهم کشور ایران در انتشار گازهای گلخانه‌ای در جهان، ۲/۱ درصد می‌باشد که باعث شده ایران از نظر تولید گازهای گلخانه‌ای در رتبه‌ی سیزدهم جهان قرار گیرد. بر طبق آمار بانک جهانی در کشور ایران در سال ۲۰۲۱ بیش از ۵۸۸ بیلیون فوت‌مکعب گاز توسط شبکه‌ی فلر سوزانده شده است[۴]. در واقع در سال ۲۰۲۱ روزانه به میزان ۱/۶۱بیلیون فوت‌مکعب گاز سوزانده شده است و در طی سال‌های ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۱ به میزان ۴/۶ درصد سوزانده شدن گاز طبیعی در کشورمان افزایش یافته است. کشور ایران در حدود ۱۳/۶ درصد از کل گازهای سوزانده شده در شبکه‌ی فلر در جهان را دارا می‌باشد که موجب شده کشورمان رتبه اول در منطقه خاورمیانه و رتبه سوم در جهان را در زمینه فلرینگ دارا باشد. بیش از ۳۰ درصد از گازهای سوزانده شده دربرگیرنده‌ی گازهای همراه نفت می باشد که به علت عدم تعریف و اجرای طرح‌های جمع آوری، به هنگام تولید نفت سوزانده می‌شود[۵]. پخش گازهای گلخانه‌ای ایران از سال ۲۰۱۵ تاکنون ۱۸ درصد افزایش داشته در حالی‌که جامعه بین‌المللی از جمله ایران طبق موافقتنامه آب و هوایی پاریس، متعهد به کاهش گازهای گلخانه‌ای هستند[۶].

عدم جمع‌آوری و استفاده از گازهای فلر با فرض صادرات گاز طبیعی، امکان کسب درآمد حدود ۴/۶ میلیارد دلار در سال ۲۰۲۱ و ۳۳/۷۹ میلیارد دلار در دهه گذشته را از کشور سلب کرده است. بنابراین با در نظر گرفتن ابعاد اقتصادی این موضوع، جمع‌آوری گازهای فلر و جلوگیری از سوزاندن آنها بسیار ضروری به نظر می‌رسد. هزینه‌های کاهش فلرینگ در ایران حدود ۶۰ تا ۸۰ هزار دلار به ازای هر یک میلیون متر مکعب برآورد شده، در حالی‌که تزریق دوباره گاز به میادین نفتی، درآمد ۲۰۰ هزار

[1] Flare
[2] Flaring

Accepted Paper

دلاری را دربر خواهد داشت و پتانسیل قابل‌توجهی در این زمینه وجود دارد[۷]. بخش زیادی از گازهای آلاینده تولید شده بر اثر سوزانده شدن گاز در شبکه‌ی فلر مربوط به دی‌اکسید کربن می‌باشد. ضریب انتشار گاز دی‌اکسید کربن در کشور ایران سه برابر قاره‌ی اروپا می‌باشد. در حدود هفت درصد کل گازهای گلخانه‌ای[۳] تولیدی در دنیا مربوط به کشور ایران می‌باشد. عوامل موثری که موجب این مسئله در ایران می‌شود مربوط به قیمت پایین سوخت، استفاده از فناوری‌های قدیمی، هدر رفت بالای انرژی در واحدهای فرایندی و سوزاندن محصولات فرعی و گازهای غیر قابل استفاده در شبکه‌ی فلر واحدهای صنعتی می‌باشد. در سال ۲۰۲۰ میزان گازهای گلخانه‌ای منتشر شده معادل ۴۶۵ میلیون تن دی‌اکسید کربن می‌باشد. میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای ایران در افق سال ۱۴۱۰ انتظار می‌رود معادل ۶۰۰ میلیون تن در سال شود و این در حالی است که طبق پیمان کیوتو کشورهای جهان در جهتی باید پیشرفت نمایند که مقدار انتشار گازهای گلخانه‌ای در آنها روند کاهشی را دارا باشد. [۸]. بزرگترین مجموعه پالایشگاهی کشور که در عسلویه قرار دارد که در حال حاضر هفت پالایشگاه گازی[۴] در حال فعالیت می‌باشند که روزانه بیش از ۳۶۵ میلیون فوت‌مکعب گاز در شبکه‌ی فلر این پالایشگاه‌ها سوزانده می‌شود[۹]، که این مقدار گاز سوزانده شده باعث ایجاد آلودگی توسط گازهای گلخانه‌ای و تاثیر بر محیط زیست منطقه شده است. با توجه به پیمان کیوتو و قوانین بین المللی لازم است در جهت کاهش فلرینگ اقدامات مناسبی انجام شود[۱۰].

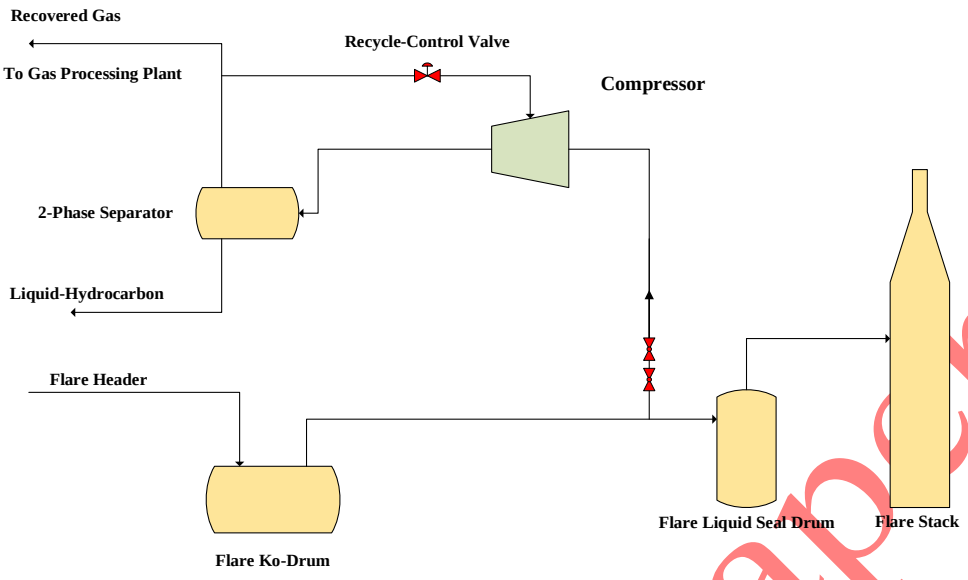
تا به امروز روش‌ها و راهکارهای متعددی برای کاهش یا بازیابی گازهای ارسالی به شبکه‌ی فلر ارائه شده است که فعالیت‌های انجام شده در راستای اصلاح واحدهای تولید کننده‌ی گازهای زائد و بهبود بازده شبکه‌ی فلر موجود در پالایشگاه بوده است. با پیشرفت فناوری در این زمینه، امروزه می‌توان با کمک یک سامانه‌ی فشرده‌سازی و بازیابی گاز، میزان گازهای سوزانده شده در پالایشگاه را به‌طور چشمگیری کاهش داده و از این طریق گازهایی که به سمت شبکه‌ی فلر ارسال می‌شوند را جمع‌آوری و سپس به‌عنوان سوخت[۵] پالایشگاه و توربین‌های گازی[۶] مورد استفاده قرار داد. یکی از منابع مصرف گازهای بازیابی شده در پالایشگاه گازی، استفاده مجدد در واحدهای فرایندی از قبیل واحد شیرین سازی گاز[۷] و تزریق به کمپرسورهای واحد پایدار سازی میعانات گازی[۸] می باشد که نیاز به بررسی و مطالعات کاملی از نظر اقتصاد فرایند و هزینه های عملیاتی و ثابت، ایمنی فرایند، عملکرد و یکپارچه سازی واحدهای فرایندی دارد[۱۱].

۲ سامانه بازیابی گازهای فلر

پس از انجام تلاش‌های گوناگون در جهت کاهش میزان فلرینگ در دنیا، امروزه با استفاده از سامانهٔ بازیابی گازهای ارسالی به شبکه فلر[۹] امکان بازیابی گازهای ارسالی به فلر و استفاده آن به عنوان سوخت بویلرها، فراورده‌های گازی و تولید برق فراهم می‌شود. شکل ۱-۲ نشاندهنده شماتیک فرایند سامانه موردنظر می باشد.

Accepted Paper

[3]-Greenhouse Gas
[4]- Gas process plant
[5]- Fuel Gas
[6]- Gas Turbine
[7] Gas Sweetening Unit
[8] Off Gas Compressor Condensate Stabilization Unit
[9] Flare Gass Recovery System



شکل ۱-۲ شماتیک فرایند سامانه بازیابی گازهای ارسالی به شبکه فلر

سامانهٔ بازیابی گازهای فلر بعد از تفکیک کنندهٔ دوفازی که روی خط اصلی شبکه فلر قرار دارد، نصب می‌شود. تفکیک کنندهٔ دو فازی به منظور حفاظت سامانه در برابر مایعات موجود در جریان گاز ارسالی به فلر مورد استفاده قرار می‌گیرد. بعد از تفکیک کنندهٔ مورد نظر تجهیز آب بند مایع قرار دارد که به منظور حفظ فشار مثبت و جلوگیری از بازگشت شعله به درون خط جریان اصلی فلر طراحی شده و می بایست قبل از مشعل اصلی سامانهٔ فلرینگ نصب می‌شود و لذا سامانهٔ مذکور می‌تواند قبل از آن قرار گیرد. به دلیل وجود کمپرسور توجه به عملکرد و توانایی پاسخ آب بند مایع نسبت به خلاء ایجاد شده در زمان راه‌اندازی و در حین کار کمپرسور بسیار مد نظر قرار می‌گیرد لذا میزان مایع موجود در مخزن آن به گونه‌ای تغییر می‌نماید تا درصورت عملکرد کمپرسور، فشار سامانهٔ فلرینگ همچنان مثبت باقی مانده و مانع ورود هوا از آتشخان فلر به داخل شبکه فلر گردد. زیرا درصورت ورود هوا، اکسیژن وارد خط لوله اصلی فلر می‌شود، با توجه به ترکیبات موجود در گاز که قابلیت انفجار در حضور اکسیژن را دارا می باشند، شرایط انفجار فراهم می‌شود.

جریان خروجی از تفکیک کنندهٔ دو فازی به دو شاخه تقسیم شده که قسمت عمدهٔ بیش از ۹۰ درصد آن به سوی سامانهٔ بازیابی گازهای فلر هدایت می‌گردد و مابقی به سمت فلر هدایت می‌شود[۱۱]. جریان گاز ورودی به سامانهٔ بازیابی گازهای فلر ابتدا وارد کمپرسور رینگ مایع می‌شود و در ادامه گاز متراکم خروجی از کمپرسور بسوی جدا کنندهٔ سه فازی هدایت می‌گردد. جریان گاز خروجی از جدا کننده همان گازهای بازیابی شده می‌باشد که با توجه به نوع مصرف به سمت واحد قابل استفاده ارسال می‌شود. جریان مایع هیدروکربنی با توجه به ترکیب درصد آن می‌تواند به عنوان سوخت یا خوراک یکی از واحدهای پالایشگاه مورد استفاده قرار گیرد. جریان آب جدا شده پس از سرد شدن در مبدل حرارتی دوباره به درون کمپرسور بازگردانده می‌شوند که موجب می‌شود کمپرسور در شرایط دما ثابت گازها را فشرده نماید[۱۲].

با توجه به نوسانات فشار و دما در شبکه فلر، کنترل شرایط عملیاتی به‌صورتی که سامانه بازیابی گازهای فلر همواره در سرویس قرار داشته باشد، امری لازم می‌باشد. برای به‌دست آوردن اطلاعات دقیق در خصوص مقدار گازهای ارسالی به شبکه فلر، نیاز می‌باشد طبق استاندارد به مدت شش ماه ترکیب درصد گازهای ارسالی به شبکه فلر مورد بررسی قرار گیرد تا بتوان سامانه را بر اساس آن طراحی نمود[۱۳]. ظرفیت طراحی سامانه بازیابی فلر به‌طور معمول ۹۰ درصد میزان فلرینگ معمول

Accepted Paper

پالایشگاه درنظرگرفته می‌شود. علت اینکه سامانه بازیابی براساس دریافت کل گازهای ارسالی به فلر طراحی نمی‌شود به‌خاطر حفظ مسایل ایمنی و براساس سناریوهای درنظرگرفته در شرایط اضطراری می‌باشد، لذا همواره مقداری از جریان گازها به‌سمت فلر هدایت می‌شود که این عمل موجب می‌شود که آتشخان فلر[10] همواره روشن باقی بماند تا درصورت از مدار خارج شدن سامانه بتوان گازهای مورد نظر را به سمت فلر هدایت نمود. در طراحی که کمپانی شل برای سامانه‌ی بازیابی فلر در دو پالایشگاه سارینا و مونترال کانادا انجام داده مقدار ظرفیت سامانه بازیابی گازهای فلر را در ۹۰ درصد از فلرینگ عملیات معمول پالایشگاه لحاظ نموده است[۱۳]. با توجه به این نکته، مقدار ظرفیت طراحی درنظرگرفته شده در سامانه پالایشگاه عسلویه برابر با ۹۰ درصد از فلرینگ معمول پالایشگاه می‌باشد.

۳ پالایشگاه گازی مورد مطالعه

در بررسی رحیم پور و همکاران مشخص شده است که در پالایشگاه‌های گازی منطقه عسلویه منابع اصلی گازهای ارسالی به شبکه‌ی فلر شامل واحد شیرین‌سازی گاز ترش، کمپرسورهای واحد تثبیت میعانات گازی و واحد شیرین‌سازی گاز اتان می‌باشد[۱۴]. باتوجه به نوع فرایند و فشار گازهای ارسالی به شبکه فلر، هر پالایشگاه گازی دارای سه شبکه فلر فشار بالا[11]، فشار متوسط[12] و فشار پایین[13] می باشد. به منظور حفظ فشار مثبت در شبکه فلر و جلوگیری از ورود هوا به شبکه، همواره فشار شبکه مثبت نگه داشته می شود که به این منظور از جریان پیوسته گاز به شبکه فلر ارسال می‌شود و همواره سوخته شدن گاز در پالایشگاه گازی مطرح می‌باشد که با استفاده از سامانه بازیابی گازهای فلر امکان استفاده از این گاز فراهم می شود.

جدول ۱-۳ منابع گازهای ارسالی به شبکه فلر و مشخصات فرایندی این جریان را در حالت عملیات معمول پالایشگاه نشان می‌دهد. جدول ۲-۳ همچنین نشاندهنده مشخصات جریان ارسالی به مشعل در حالت شرایط عملیاتی نرمال می باشد.

جدول ۱-۳ : مقادیر گازهای سوزانده در شرایط معمول عملیاتی پالایشگاه سوم براساس طراحی و شرایط واقعی[۱۴]

پالایشگاه	مقادیر نرمال طراحی فلرینگ پیوسته	
	منبع گازها	میلیون استاندارد مترمکعب در روز
پالایشگاه سوم	فلرینگ نرمال واحد شیرین‌سازی گاز	۰.۱۴
	فلرینگ نرمال واحد شیرین‌سازی اتان	۰.۰۱
	فلرینگ CO_2 از واحد شیرین‌سازی اتان	۰.۱۴
	فلرینگ پیوسته (Purge, Assist, Sweeping)	۰.۵۵
	کل فلرینگ پیوسته	۰.۸۴
	دمای شبکه فلر (سانتی گراد)	۲۵
	فشار شبکه فلر (Barg)	۱.۷۱

[10] Flare Tip
[11] High Pressure Flare (HP)
[12] Medium Pressure Flare (MP)
[13] Low Pressure Flare (LP)

Accepted Paper

جدول ۲-۳: مشخصات جریان ارسالی به مشعل در حالت شرایط عملیاتی نرمال[۱۵, ۱۶]

ترکیب درصد	HP-Flare	MP-Flare	LP-Flare
Methane	۸۸.۹۷	۸۶.۶۵	۸۹.۰۳
Ethane	۵.۱۷	۵.۶۰	۴.۹۴
Propane	۱.۷	۲.۰۷	۱.۶۱
i-Butane	۰.۳۲	۰.۴۶	۰.۳۱
n-Butane	۰.۴۹	۰.۷۸	۰.۴۷
i-Pentane	۰.۱۴	۰.۲۷	۰.۲
n-Pentane	۰.۱۳	۰.۱۵	۰.۱
H_2S	۰.۰۱	۰.۰۱	۰.۰۱
H_2O	۰.۱۵	۰.۱۵	۰.۱۵
N_2	۲.۸۶	۳.۸۷	۳.۵۷

باتوجه به شرایط عملیاتی، مقدار جریان و ترکیب درصد گازهای فلر امکان شبیه سازی سامانه بازیابی فلر فراهم می شود. به منظور انجام شبیه‌سازی نیاز می‌باشد که شرایط فرایندی منابع مصرف گازهای بازیابی شده مشخص شود که باتوجه به شرایط مصرف، طراحی و شبیه سازی سامانه بازیابی گازهای فلر انجام شود.

۳-۱ سناریوهای مصرف گازهای فلر

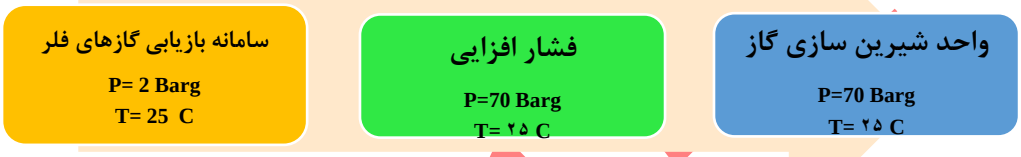
مهمترین موضع در خصوص سامانه های بازیابی گازهای فلر در خصوص نحوه مصرف آن می باشد. منابع مختلفی برای مصرف گازهای بازیابی شده وجود دارد که می‌توان به‌مصرف گازها به‌عنوان سوخت پالایشگاه، تبدیل به فراورده‌های گازی، تولید برق و فشرده سازی مجدد و تزریق در خطوط لوله سراسری را اشاره نمود. مقدار جریان گاز فلر، دما، فشار و ترکیب درصد گاز از پارامترهای مهم در طراحی و انتخاب منابع مصرف گازهای فلر می باشند. باتوجه به بررسی های انجام شده و باتوجه به نرخ بازگشت سرمایه و لحاظ نمودن محدودیت‌های عملیاتی و فرایندی پیش‌رو مناسب‌ترین گزینه برای استفاده مجدد از گازهای بازیابی شده، استفاده از آن به‌عنوان سوخت پالایشگاه می‌باشد. از بررسی‌های که توسط ابراهیم‌پور (۲۰۱۲) در زمینه منابع مصرف گازهای بازیابی شده شبکه‌ی فلر که در منطقه انرژی پارس- عسلویه انجام شده است، مشخص شده یکی بهترین منابع برای مصرف گازهای بازیابی شده استفاده مجدد و تزریق به ابتدای فرایند شیرین سازی گاز ترش پالایشگاه می‌باشد[۱۷].

رحیم پور و همکاران اطلاعات خروجی گاز فلر پالایشگاه های عسلویه را به صورت تجمیعی مورد بررسی قرار دادند و پس از انجام شبیه سازی بر روی سه روش مصرف گازهای بازیابی شده به این نتیجه رسیدند که با توجه به دبی ۳۶۵ میلیون فوت مکعب در روز امکان تولید ۲۱۳۰ مگاوات الکتریسیته وجود دارد و یا میتوان ۴۸ هزار بشکه در روز محصولات فراورش گاز مایع[۱۴] تولید کرد. بررسی های انجام شده مشخص شده است که بیشترین بازگشت سرمایه مربوط به فرایند گاز مایع می باشد است اما بیشترین سرمایه گذاری نیز مربوط به آن می شود در حالیکه فرآیند فشارافزایی، بیشترین بازگشت

[14] GTL

Accepted Paper

سرمایه را دارد و از سوی دیگر کمترین سرمایه گذاری را به خود اختصاص می دهد. در حالیکه تولید برق نسبت به دیگر روش ها، هزینه سرمایه گذاری بیشتری داشته و سود سالانه بیشتری را نیز به خود اختصاص می دهد، لیکن بازگشت سرمایه آن طولانی‌تر است. درنهایت روش فشار افزایی گازهای فلر و بازگشت به ابتدای فرایند پالایشگاه برای پالایشگاه های پارس جنوبی مثبت ارزیابی می شود[۹]. گازهای فلر دارای ترکیبات اسیدی هیدروژن سولفید و مونوکسید کربن می‌باشند و با توجه به منابع مصرف گازهای بازیابی شده، بهترین انتخاب بازگشت این جریان و تزریق به واحد شیرین‌سازی[۱۵] پالایشگاه می‌باشد. شرایط عملیاتی واحد شیرین‌سازی گاز به صورت فشار ۷۰ بار و دمای ۲۵ درجه سانتیگراد می‌باشد به این منظور سامانه فلر ریکاوری پس از دریافت گاز از شبکه فلر، فشار و دمای گازها را به شرایط عملیاتی واحد شیرین‌سازی پالایشگاه میرساند. شکل ۱-۳ نشاندهنده چیدمان کلی فرایند تزریق مجدد گازهای فلر بازیابی شده به ابتدای پالایشگاه می باشد.



شکل ۱-۳: چیدمان کلی فرایند تزریق مجدد گازهای فلر بازیابی شده به ابتدای پالایشگاه

فشار گازها در شبکه فلر در شریط نرمال فلرینگ، به صورت اتمسفریک می‌باشد و به منظور افزایش فشار این گازها تا ۷۰ بار و تزریق مجدد به ابتدای پالایشگاه نیاز می‌باشد از کمپرسورهای رفت و برگشتی[۱۶] استفاده شود. با توجه به شرایط عملیاتی و همچنین امکان استفاده از تجهیزات و کمپرسورهای موجود در پالایشگاه دو سناریو برای فرایند مذکور قابل تعریف می‌باشد.

۳-۱-۱ سناریو یک: افزایش فشار گاز فلر و تزریق به واحد شیرین سازی

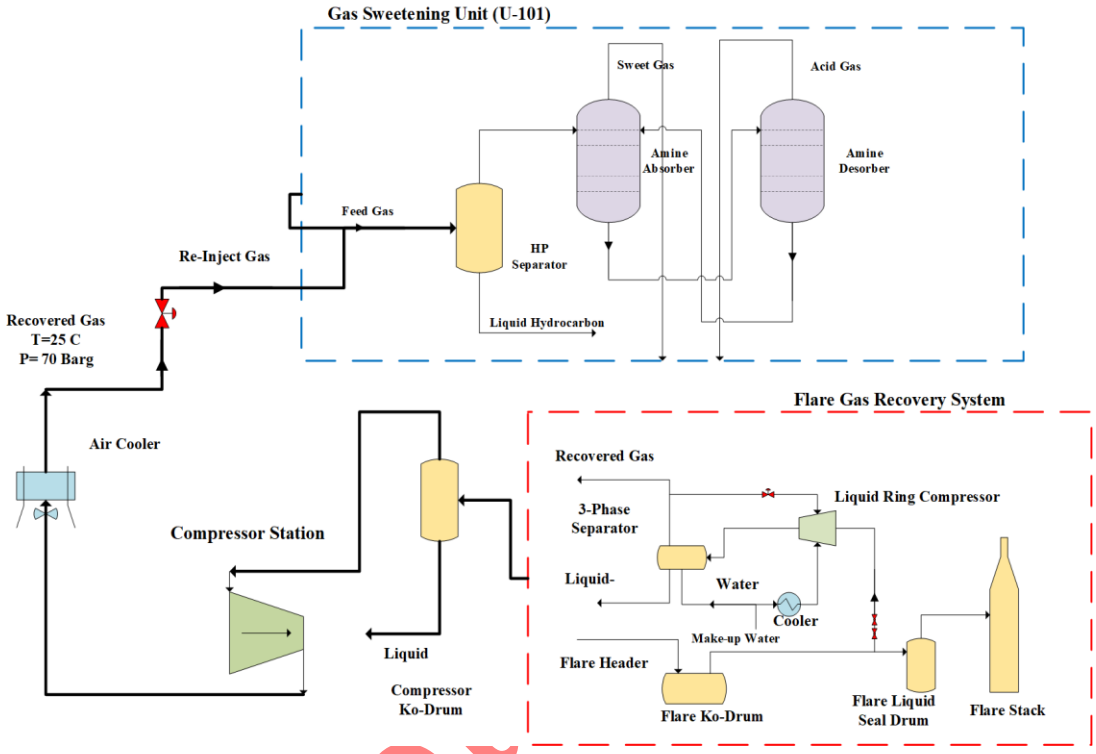
در سناریو یک جریان گازهای فلر ابتدا توسط سامانه بازیابی فشرده شده و در ادامه توسط کمپرسورهای رفت و برگشتی فشار جریان به میزان فشار ورودی واحد شیرین سازی گاز رسانده می شود. شکل ۲-۳ نشاندهنده فرایند مربوط به سناریو یک می باشد. در فرایند فشرده سازی دمای گاز افزایش می یابد و باتوجه به اینکه گازهای فلر قابلیت انفجار را دارند، دمای خروجی کمپرسور دارای محدودیت می باشد و بر اساس استاندارد انستیتو نفت امریکا[۱۷] دمای خروجی کمپرسورها ۱۶۰ درجه سانتی گراد می تواند باشد. به این منظور در سامانه بازیابی گازهای فلر از کمپرسورهای رینگ مایع[۱۸] استفاده میشود که امکان فشرده سازی در شرایط دما ثابت[۱۹] را فراهم می نماید. این نوع کمپرسورها بر اساس طراحی فشار خروجی ۹ بار را در حالت دما ثابت می توانند ایجاد کنند[۱۸]. به منظور افزایش فشار به ۷۰ بار نیاز می باشد که از کمپرسورهای رفت و برگشتی چند مرحله ای استفاده شود تا بتواند فشار گاز را از ۹ به ۷۰ بار افزایش دهد. باتوجه به نسبت تراکم در کمپرسور و افزایش فشار نیاز است از کولرهای میانی به منظور کنترل دما ۱۶۰ درجه سانتی گراد استفاده شود[۱۹]. جریان گاز پس از ازدیاد فشار به واحد شیرین

---

[15] Gas Sweetening Unit
[16] Reciprocating Compressor
[17] American Petroleum Institute (API)
[18] Liquid Ring Compressor
[19] Iso Thermal

Accepted Paper

سازی پالایشگاه تزریق می شود. در واحد شیرین سازی گاز ترکیبات اسیدی سولفید هیدروژن[20] و دی اکسید کربن[21] توسط حلال آمین جداسازی می شود. باتوجه به وجود ترکیبات اسیدی در گازهای فلر به منظور استفاده مجدد آن میتوان ترکیبات اسیدی را از گازهای فلر در واحد شیرین سازی جداسازی و مجدداً مورد استفاده قرار داد.



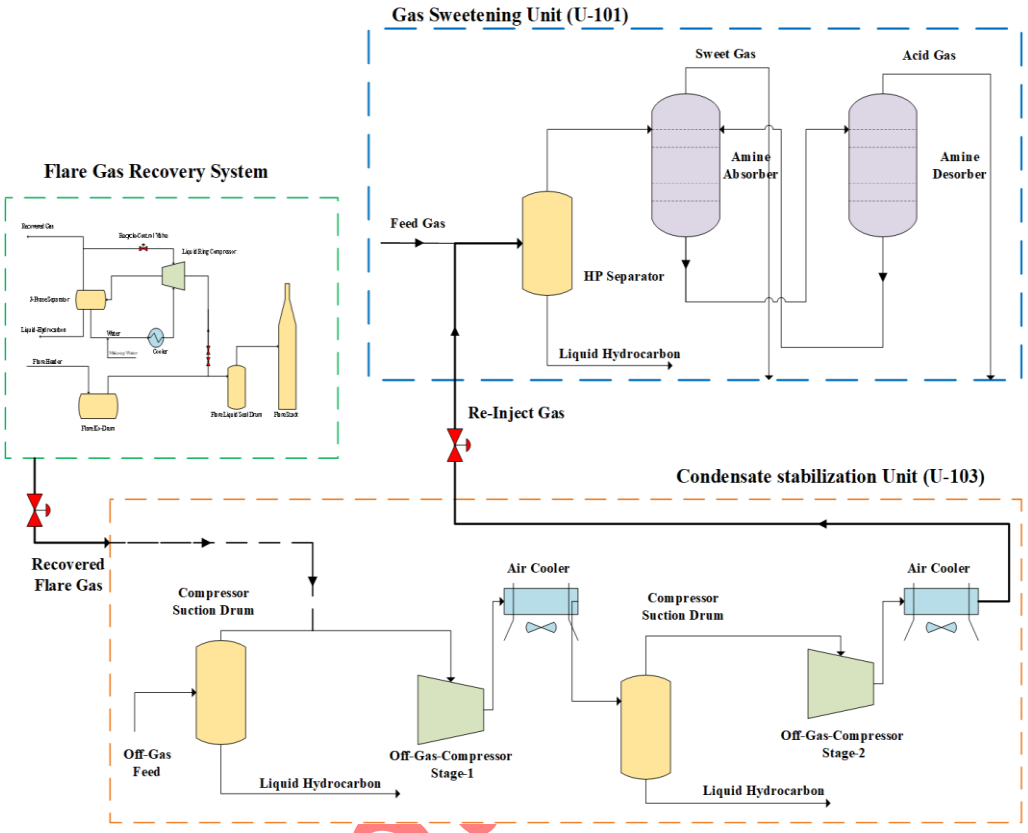
شکل ۲-۳: فرایند مربوط به سناریو یک مصرف گازهای بازیابی شده

۲-۱-۳ سناریو دو- افزایش فشار گاز فلر و تزریق به کمپرسورهای واحد تثبیت میعانات گازی

در این سناریو گازهای فلر پس از جمع آوری از شبکه فلر توسط سامانه بازیابی گاز فلر به فشار ۹ بار افزایش فشار داده می شوند و در ادامه به کمپرسورهای موجود در واحد ثبیت میعانات گازی ارسال می شوند. در واحد پایدارسازی میعانات، میعانات گازی پس از جداسازی از گاز طبیعی حاوی ترکیبات فراری از هیدروکربنهای سبک همچون متان، اتان می باشد که چنانچه در شرایط محیطی مناسب قرار گیرند، می‌توانند از فاز مایع جدا شده و باعث دو فازی شدن سیستم و پیوستن به فاز گازی شوند که این امر اثرات نامطلوبی درکیفیت محصول، نگهداری و انتقال میعانات گازی به همراه خواهد داشت. بنابراین به منظور رسیدن به شرایط مطلوب جهت نگهداری، انتقال نیاز می باشد به صورت پایدار در فاز مایع قرار داشته باشند که در این واحد، فشار بخار میعانات[22] با جداسازی ترکیبات فرار کاهش داده می شود. گازهای سبک جداشده از میعانات گازی پس از فشرده سازی به واحد شیرین سازی گاز پالایشگاه ارسال می‌شوند. در سناریو دوم گازهای بازیابی شده در شبکه فلر به کمپرسورهای[23] واحد تثبیت میعانات تزریق شده و نهایتاً بهمراه گازهای سبک به واحد شیرین‌سازی گاز پالایشگاه تزریق می‌شوند. کمپرسور واحد تثبیت

[20] Hydrogen Sulfide (H2S)
[21] Carbon Dioxide (CO2)
[22] Rate Vapor Pressure
[23] Compressor

میعانات گازی از نوع رفت و برگشتی دو مرحله ای می‌باشد. شکل ۳-۳ نشاندهنده شماتیک فرایند سناریو دوم تزریق گازهای فلر بازیابی شده به کمپرسورهای واحد ثبیت میعانات گازی می باشد.



شکل ۳-۳ شماتیک فرایند سناریو دوم تزریق گازهای فلر بازیابی شده به واحد ثبیت میعانات گازی

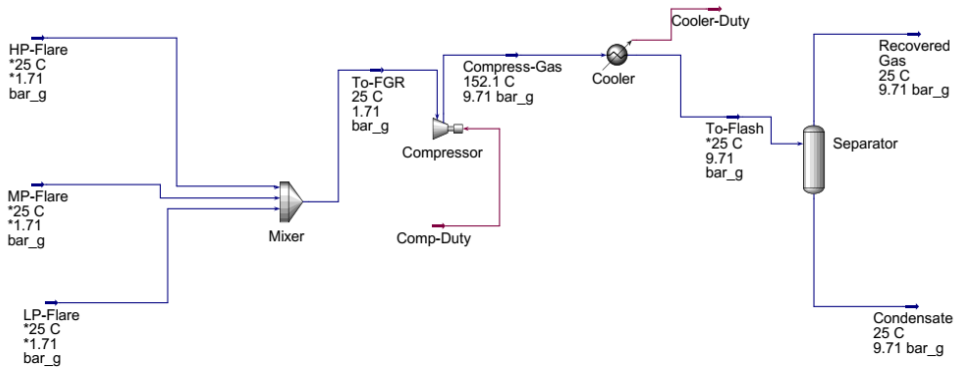
۴ شبیه سازی سامانه بازیابی گازهای فلر

به‌کمک شبیه‌سازی رایانه‌ای، این امکان فراهم می‌گردد که طرح‌های مختلف پیشنهادی به‌راحتی و با دقت و سرعت بالا باهم مقایسه شده و مناسب‌ترین طرح در حالت عملیاتی بهینه سازی و انتخاب شود. باتوجه به اینکه تمامی پارامترهای شبکه فلر به‌شدت متغییر می باشد، امکان تغییر دادن چندین پارامتر عملیاتی به کمک مدل رایانه‌ای و مشاهده اثرات و نتایج آن در بازده، مصرف انرژی و بهینه سازی فرایند بسیار مفید می‌باشد. زمانی که از نرم افزارهای شبیه‌سازی فرایند استفاده می کنیم امکان پیش‌بینی رفتار تجهیزات فرایندی در حالتی که از یک شرایط عملیاتی به یک شرایط عملیاتی دیگر تغییر می کنیم، فراهم می‌شود. استفاده از شبیه‌سازی برای واحدهای فرایندی موجب می شود مقدار هزینه‌ی ثابت[۲۴] و عملیاتی فرایند[۲۵] کاهش یابد[۲۰] ،[۲۱]. شبیه‌سازی سامانه‌ی بازیابی گازهای ارسالی به فلر در شناخت نحوه‌ی عملکرد این سامانه در جهت بازیابی حداکثری و تاثیر آن بر شبکه‌ی فلر پالایشگاه کمک موثری می‌نماید. در طی شبیه‌سازی پایا، موازنه جرم و انرژی فرایند انجام شده است و مشخصات هر یک از جریان‌ها و تجهیزات موجود محاسبه شده است. باتوجه به ترکیب گازهای فلر و حضور گازهای اسیدی از معادله حالت پنگ-رابینسون[۲۶] به منظور محاسبات داده های ترمودینامیکی استفاده شده است و شبیه سازی در حالت

[24]- Capex
[25]- Opex
[26] Peng-Robbinson

Accepted

پایا[۲۷] انجام شده است. جریان گازهای فلر از هر یک از هدرهای فشار بالا، متوسط و کم در ابتدا جمع آوری شده و پس از آن با فشار ۱/۷ بار و دمای ۲۵ درجه سانتی گراد به سامانه بازیابی گازهای فلر ارسال می شود.جدول ۱-۴ نشاندهنده ترکیب درصد مربوط به هر یک از جریان های فرایند مذکور می باشد. جدول ۲-۴ نشاندهنده مشخصات کمپرسور سامانه بازیابی گازهای فلر می باشد. مقدار توان مصرفی کمپرسور ۱۵۰۷ کیلو وات با راندمان ۷۷ درصد در حالت پلی تروپیک می باشد. با افزایش فشار گاز دمای آن به ۱۵۲ درجه سانتی گراد افزایش پیدا می کند که با استفاده از مبدل حرارتی دما آن به ۲۵ درجه سانتی گراد رسانده می شود و نهایتاً میعانات گازی توسط جداکننده دوفازی جداسازی می شود. شکل ۱-۴ نشاندهنده شماتیک فرایند شبیه سازی شده سامانه بازیابی گازهای فلر باشد و جدول ۳-۴ نشاندهنده مشخصات کولر خنک‌کننده جریان گازهای بازیابی شده می باشد.



شکل ۱-۴: شماتیک فرایند شبیه سازی شده سامانه FGR

جدول ۱-۴: ترکیب درصد مربوط به هر یک از جریان های فرایند بازیابی گازهای فلر

درصد مولی	To-FGR	Compress Gas	Condensate	Recovered Gas
Methane	۰.۸۷۹۸	۰.۸۷۸۸	۰	۰.۸۷۸۶
Ethane	۰.۰۴۸۱	۰.۰۴۷۱	۰	۰.۰۴۶۹
Propane	۰.۰۱۶۹	۰.۰۱۵۹	۰	۰.۰۱۵۷
H_2S	۰.۰۰۲۸	۰.۰۰۱۸	۰	۰.۰۰۱۶
H_2O	۰.۰۰۰۱	۰.۰۰۰۱	۰	۰.۰۰۰۱
n-Pentane	۰.۰۰۱۵	۰.۰۰۰۵	۰	۰.۰۰۰۳
i-Pentane	۰.۰۰۱۳	۰.۰۰۰۳	۰	۰.۰۰۰۳
n-Butane	۰.۰۰۱۴	۰.۰۰۰۴	۰	۰.۰۰۰۲
i-Butane	۰.۰۰۴۰	۰.۰۰۳	۰	۰.۰۰۲۸
CO_2	۰.۰۰۳۲	۰.۰۰۲۲	۰	۰.۰۰۲
N_2	۰.۰۴۰۹	۰.۰۳۹۹	۰	۰.۰۳۹۷
Temp ©	۲۵	۱۵۲	۲۵	۲۵
Pressure (Barg)	۱.۷۱	۹.۷۱	۹.۷۱	۹.۷۱

[27] Steady- State

Accepte

جدول ۲-۴: مشخصات کمپرسور سامانه بازیابی گازهای ارسالی به شبکه فلر

مقدار	شرایط
۱۴۲۷۰	هد ادیباتیک (متر)
۱۴۶۸۰	هد پلی تروپیک (متر)
۷۵	بازده ادیاباتیک (درصد)
۷۷.۱۸	بازده پلی تروپیک (درصد)
۱۵۰۳	توان مصرفی (کیلو وات)
۰	اتلافات اصطحکاک
۱	ضریب پلی تروپیک
۱.۳۶	توان پلی تروپیک
۱.۲۶	توان ایزوترمال
۶۵۴۴	سرعت روتور (rpm)

جدول ۳-۴ مشخصات کولر سامانه بازیابی گازهای فلر

مقدار	شرایط
۱۲۶.۸	دمای ورودی (سانتی گراد)
۲۵	دمای خروجی (سانتی گراد)
۰.۱	افت فشار (بار)
۱۸۳۰	بار حرارتی (کیلو وات)

۵ تحلیل اکسرژی

تحلیل انرژی در یک پالایشگاه گازی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، زیرا مصرف انرژی در فرآیندهای مختلف این صنعت می‌تواند به عنوان یکی از عوامل اساسی تأثیرگذار بر هزینه‌ها و بهره‌وری باشد. این تحلیل به واحد مدیریت پالایشگاه امکان می‌دهد تا نقاط قوت و ضعف در مصرف انرژی را شناسایی کرده و بهبودهای لازم را اعمال نماید. در واقع اکسرژی، بیشترین میزان کاری است که می‌توان از یک سیستم ایده‌آل، با توجه به مقدار انرژی اعمال شده دریافت کرد. راندمان اکسرژی پارامتر مهمی می باشد که نشاندهنده بازده کلی یک فرایند باتوجه به کلیه تجهیزات موجود و انرژی های مصرفی آن می باشد. بازده اکسرژی یک پارامتر حیاتی در تحلیل انرژی سیستم‌هاست و نشان‌دهنده میزان کاربردی بودن انرژی در یک فرآیند است. این بازده، نسبت اکسرژی خروجی به اکسرژی ورودی سیستم را محاسبه می‌کند و به عنوان نشانگری از کارآیی انرژی سیستم عمل می‌کند. مقدار بازده اکسرژی بین صفر و ۱ (یا به صورت درصد بین ٪۰ تا ٪۱۰۰) قرار می‌گیرد، که ایده‌آل‌ترین حالت آن برابر با ۱ می‌باشد. بالاترین مقدار ممکن به این معناست که تمام انرژی وارد شده به سیستم به شکل کار مفید خروجی داده شده است. در صورتی که بازده اکسرژی کمتر از ۱ باشد، نشان‌دهنده وجود انرژی‌های بی‌استفاده و ضایعات انرژی در فرآیند است. برای بهبود بازده اکسرژی، اقدامات بهینه‌سازی در طراحی و عملیات سیستم‌ها اجرا می‌شود که این اقدامات شامل بهبود راندمان تجهیزات، کاهش افت فشار، بهینه‌سازی دما و فشار در انتقال گرما، و استفاده از تکنولوژی‌های پیشرفته می‌شوند. با تعریف سناریوهای مختلف برای یک فرایند و بررسی اکسرژی امکان ارزیابی بازده عملکرد فرایند فراهم می شود. چیدمان تجهیزات، انتخاب نوع تجهیزات و بهینه سازی شرایط و پارامترهای عملیاتی در محاسبه نهایی بازده اکسرژی یک سیستم تاثیر گذار می

Accepted Paper

باشد. اکسرژی تغییرات انتالپی و انتروپی سیستم را لحاظ می‌کند و اختلاف آنتالپی به عنوان توانایی انجام کار در یک سیستم نسبت به انتروپی مجموع برگشت ناپذیری‌های سیستم می‌باشد. معادلات ۱ الی ۴ نشاندهنده روابط مربوط به محاسبه اکسرژی فرایند می باشد. به منظور انجام مطالعات اکسرژی از نرم افزار اسپن پلاس[۲۸] استفاده شده است. تحلیل بازده اکسرژی به مدیران این امکان را می‌دهد تا در جهت افزایش کارآیی انرژی و کاهش هزینه‌ها، تصمیمات استراتژیکی اتخاذ کنند و فرآیندها را با بهینه‌ترین شکل ممکن اداره کنند. از این رو، توجه به بازده اکسرژی به عنوان یکی از معیارهای اصلی در مدیریت انرژی و پایداری سیستم‌های صنعتی حائز اهمیت بسیار است.

$$\Delta E = \Delta H - T^*\Delta S \qquad (۱)$$

راندمان اکسرژی = (اکسرژی خروجی از فرایند) / (اکسرژی ورودی به فرایند) (۲)

۱-۵ تحلیل اکسرژی سامانه بازیابی گازهای فلر

به منظور انجام تحلیل اکسرژی، مقدار اکسرژی جریان‌ها و انرژی ورودی و خروجی توسط کمپرسورها و کولرها محاسبه می‌شود و نهایتاً راندمان اکسرژی محاسبه می شود. راندمان اکسرژی نسبت مقدار اکسرژی ورودی به فرایند به اکسرژی خروجی از فرایند می‌باشد. اکسرژی ورودی مربوط به اکسرژی جریان های ورودی و کمپرسورها می باشد و اکسرژی خروجی مربوط به جریان خروجی و کولرهای میانی می باشد. باتوجه به داده‌های بدست آمده در خصوص هر یک از جریان های سامانه بازیابی گازهای فلر، راندمان اکسرژی محاسبه شده ۶۴/۴۵ درصد می باشد. این مقدار از اهمیت ویژه برخوردار است، زیرا بر اساس نوع کمپرسور، راندمان و نسبت تراکم، دمای گازهای خروجی از کمپرسور و کولرهای میانی محاسبه شده است. این اطلاعات مشخص می‌کنند که به چه مقدار سیستم بازیابی گازهای فلر در بهره‌وری انرژی خود بهینه عمل می‌کند. نکته مهم این است که این راندمان تأثیر مستقیم در هزینه‌ها و کارایی سیستم دارد. بنابراین، بهبود و بهینه‌سازی عواملی که بر این مقدار تأثیر می‌گذارند، می‌تواند به بهبود کلان کارایی سیستم کمک کند[۲۲]. انتخاب نوع مبدل حرارتی از نوع پوسته و لوله و صفحه ای، انتخاب کمپرسور، تغییر پارامترهای نسبت تراکم و دما میتوان راندمان اکسرژی فرایند بهبود دهد و موجب کاهش مصرف انرژی شود. [۲۲]. جدول ۱-۵ نشاندهنده داده‌های اکسرژی جریان ها و شکل ۱-۵ نشاندهنده موازنه اکسرژی سامانه بازیابی گازهای فلر می باشد.

جدول ۱-۵ داده های اکسرژی جریان های سامانه بازیابی گازهای فلر

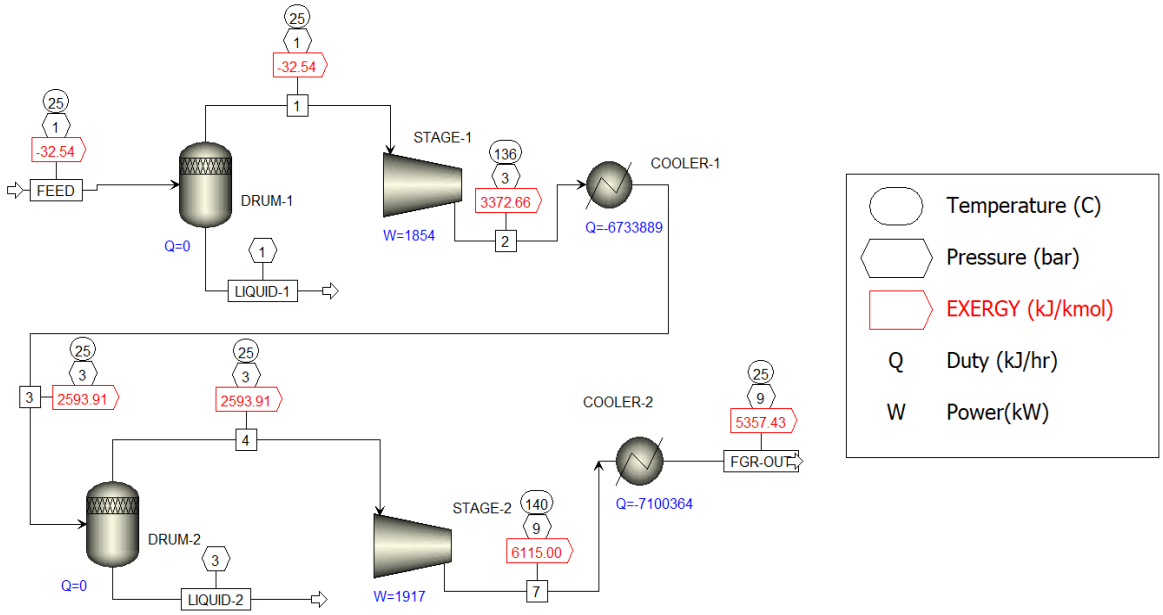
نام جریان	Units	1	2	7	FEED	FGR-OUT
مولار اکسرژی	kJ/kmol	-۳۳	۳۳۷۳	۶۱۱۵	-۳۳	۵۳۵۷
اکسرژی جرمی	kJ/kg	-۲	۱۸۰	۳۲۷	-۲	۲۸۶
اکسرژی جریان	kW	-۱۳	۱۳۹۱	۲۵۲۲	-۱۳	۲۲۱۰

باتوجه به داده های بدست آمده در خصوص هر یک از جریان های سامانه بازیابی گازهای فلر امکان محاسبه راندمان اکسرژی فرایند فراهم می شود که بصورت زیر می باشد:

راندمان اکسرژی = (۱۳+۱۸۷۰+۱۹۷۲) / (۲۲۱۰+۱۸۵۴+۱۹۱۷) * ۱۰۰ = ۶۴/۴۵ ٪ (۳)

[28] Aspen Plus

Accepted Paper



شکل ۱-۵ شماتیک موازنه اکسرژی سامانه بازیابی گازهای فلر

۵-۲ تحلیل اکسرژی سناریو یک

سناریو اول در خصوص ازدیاد فشار گازهای بازیابی شده از شبکه فلر توسط کمپرسورهای رفت و برگشتی از فشار ۹ به ۷۰ بار می باشد. در ابتدا سناریو بر اساس اکسرژی جریان ها شبیه سازی شده و داده های بدست آمده به منظور محاسبه راندمان اکسرژی مورد استفاده قرار می گیرد. معادله ترمودینامیکی لحاظ شده در این شبیه سازی از نوع رابینسون[۲۹] می باشد که محاسبه دقیق پارامترهای ترمودینامیکی انتالپی، انتروپی و اکسرژی فراهم می شود. باتوجه به محاسبات انجام شده، بازده اکسرژی سناریو یک ۶۹.۰۱ درصد می باشد. بازده اکسرژی به میزان ۶۹.۰۱ درصد، به عنوان یک شاخص کلان در تجزیه و تحلیل بهره‌وری انرژی در سناریو اول، نشانگر بهره‌وری و عملکرد انرژی مورد استفاده است. این عدد نشان می‌دهد که درصد قابل توجهی از انرژی وارد شده به سیستم تبدیل به کار مفید و مفید در خروجی شده است. برای بهبود بازده اکسرژی به میزان بالاتر، امکانات مختلفی می‌توانند مورد ارزیابی قرار گیرند. اولاً، بهینه‌سازی فرآیندها و تجهیزات با توجه به انتقال حرارت و جریان گاز درون سیستم می‌تواند کمک کند. باتوجه به داده های بدست آمده در خصوص هر یک از جریان های سامانه بازیابی گازهای فلر امکان محاسبه راندمان اکسرژی فرایند فراهم می شود که بصورت زیر می باشد:

راندمان اکسرژی = (۲۲۱۱+۱۸۳۷+۱۵۲۶) / (۴۱۴۶+۲۰۰۱+۱۹۲۹) * ۱۰۰ = ۶۹/۰۱ ٪ (۴)

۵-۳ تحلیل اکسرژی سناریو دو

واحد تثبیت میعانات گازی یکی از اجزای مهم در ساختار یک پالایشگاه گازی است که وظیفه اصلی آن تنظیم فشار بخار میعانات گازی استخراج‌شده از فرآیند پالایش گاز می باشد. سناریو دوم در خصوص تزریق گازهای فلر بازیابی شده به کمپرسورهای واحد تثبیت میعانات گازی می باشد. جریان گازهای فلر پس از بازیابی توسط سامانه بازیابی گازهای فلر با فشار ۹ بار به کمپرسورهای رفت و برگشتی واحد تزریق شده و پس از افزایش فشار به ۷۰ بار نهایتاً به واحد شیرین سازی گاز پالایشگاه ارسال می شوند.

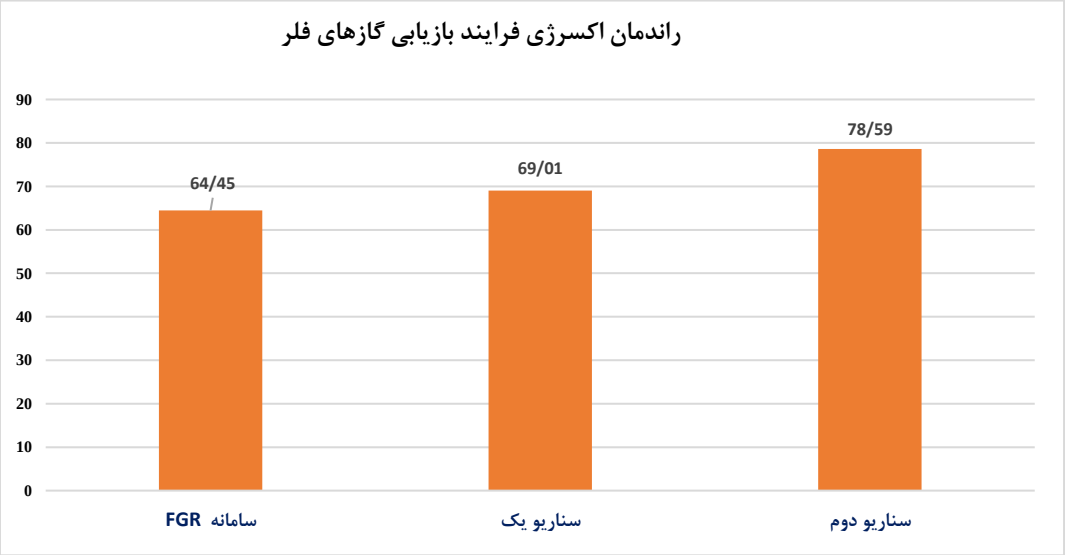
[29] Peng Robinson

Accepted Pa

کمپرسورهای استفاده شده از نوع رفت و برگشتی و دارای کولرهای میانی به منظور ایجاد شرایط دما ثابت در فرایند فشرده سازی می باشند. باتوجه به مقدار اکسرژی جریان ها و انرژی وارد شده توسط کمپرسورها و انرژی خروجی توسط کولرها مقدار راندمان اکسرژی محاسبه شده برای این فرایند ۷۸.۵۹ درصد می باشد. باتوجه به داده های بدست آمده در خصوص هر یک از جریان های سامانه بازیابی گازهای فلر امکان محاسبه راندمان اکسرژی فرایند فراهم می شود که بصورت زیر می باشد:

راندمان اکسرژی = (۲۲۱۱+۷۹۷+۲۲۱۳ + ۲۹۱۳) / (۵۵۶۹+۲۵۲۸+۲۲۵۴) * ۱۰۰ = ۷۸/۵۹ ٪ (۵)

بازده اکسرژی بالا در یک فرایند مهمترین نشانگر بهره‌وری و کارایی سیستم است و نمایانگر از چقدر انرژی به شکل مفید و قابل استفاده در فرآیند تبدیل شده است. با افزایش بازده اکسرژی، میزان انرژی که به عنوان کار در دسترس قرار می‌گیرد، افزایش می‌یابد و همچنین اتلاف انرژی کمتر می‌شود. این امر به معنای بهبود عملکرد و بهره‌وری فرایند، کاهش هزینه‌ها و حتی کاهش اثرات منفی بر محیط زیست می‌باشد. شکل ۲-۵ نشاندهنده راندمان اکسرژی فرایند بازیابی گازهای فلر و سناریوهای مختلف مصرف می باشد.



شکل ۲-۵ راندمان اکسرژی فرایند بازیابی گازهای فلر

۶ نتیجه گیری

با توجه به متغییر بودن شرایط عملیاتی در شبکه‌ی فلر به‌خصوص در زمان راه‌اندازی و از سرویس خارج شدن واحدهای فرایندی، به کمک شبیه‌سازی می‌توان رفتار سامانه‌ی بازیابی گازهای فلر را در هر یک از حالت‌های فرایندی مورد بررسی قرار داد. در این مقاله شبیه سازی سامانه بازیابی گازهای فلر در پالایشگاه گازی شده است. با انجام شبیه سازی سامانه بازیابی گازهای ارسالی به شبکه فلر مشخص شده است که امکان بازیابی ۲۷۸۰۰ کیلوگرم در ساعت گازهای فلر در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد و فشار ۹ بار فراهم می باشد. کمپرسورهای مورد استفاده از نوع رفت و برگشتی با راندمان ۷۶ درصد دارای کولر میانی می باشند. در ادامه تحلیل اکسرژی سناریوهای مصرف گازهای بازیابی شده مورد بررسی قرار داده شده است. در سناریو یک گازهای فلر پس از بازیابی توسط کمپرسورهای رفت و برگشتی دو مرحله ای از فشار ۹ به ۷۰ بار متراکم شده و در ادامه به واحد شیرین سازی پالایشگاه تزریق می شود. در سناریو دوم گازهای بازیابی شده از شبکه فلر به کمپرسورهای واحد تثبیت میعانات گازی تزریق شده و با افزایش فشار به ۷۰ بار به واحد شیرین سازی پالایشگاه تزریق می شوند. بر اساس تحلیل اکسرژی جریان های ورودی و

خروجی ، انرژی ورودی توسط کمپرسورها و انرژی خروجی توسط کولرها، مقدار راندمان اکسرژی سناریو یک برابر با ۶۹ درصد و برای سناریو دوم ۷۸ درصد می باشد. بر اساس نتایج شبیه‌سازی و تحلیل اکسرژی، به نتیجه رسیده‌ایم که تزریق گازهای فلر بازیابی شده به کمپرسورهای واحد تثبیت میعانات گازی، بهترین راهکار برای بهره‌وری بیشتر از گازهای بازیابی شده است.

منابع

1. Enayati, M., A. Vatani., D. Rachtchian., (2014, February). Dynamic Simulation of Flare Gas Recovery System in the Case of Total Shut Down with Implement Case Study in South Pars. In the 8th International Chemical Engineering Congress and Exhibition.
2. Pawan, M., (2014). Impact of Global Warming on Environment. International Research Journal of Environmental Sciences, 3(3), 72-78.
3. Vakylabad, A.B., Moravvej, Z., (2023). Environmental challenges of gases vent from flares and chimneys, in Crises in Oil, Gas and Petrochemical Industries, 2(2), 307-333.
4. Shahab-Deljoo, M., et al., (2023). A Techno-Economic Review of Gas Flaring in Iran and Its Human and Environmental Impacts. Process Safety and Environmental Protection Journal, 173, 642-665.
5. Soltanieh, M., et al., (2016). A review of global gas flaring and venting and impact on the environment: Case study of Iran. International Journal of Greenhouse Gas Control, 49, 488-509.
6. Vahabpour, A., et al., (2018). A study on environmental effects of gas flaring in Iran and its role for the country's commitments in Paris agreement. Strategic Studies of public policy, 8(27), 133-154.
7. Ranjipor, A.,(2021). Flaring Billions Of Dollars Of Natural Gas In Iran's Oil Fields, in iranopendata. iranopendata.org.
8. Mirzaei, M., M. Bekri., (2017). Energy consumption and CO2 emissions in Iran. Environmental research Journal, 154, 345-351.
9. Rahimpour, M., et al., (2012). A comparative study of three different methods for flare gas recovery of Asalooye Gas Refinery. Journal of Natural Gas Science and Engineering, 4, 17-28.
10. Suykens, C., (2010). Gas flaring in developing countries-need for Kyoto Mechanisms or sectoral crediting mechanisms. Carbon & Climate journal, 4, 42-50
11. Enayati, M. and E. Anajafi., (2015). Design criteria and simulation of flare gas recovery system. in Proceedings of the International Conference on Chemical, Food and Environment Engineering (ICCFEE'15), Dubai, UAE.
12. Yazdani, E., et al., (2020). Flare gas recovery by liquid ring compressors-system design and simulation. Journal of Natural Gas Science and Engineering, 84, 103627.
13. Allen, G.D., R.E. Wey, H.H. Chan., (1983). Flare Gas Recovery in Shell Canadian Refineries. in The fifth industrial energy technology conference, Houston.
14. Davoudi, M., et al., (2013). The major source of gas flaring and air contamination in the natural gas processing plants: A case study. Journal of Natural Gas Science and Engineering, 13, 7-19.
15. Kang, C.S., T.O. Kim., H.M. Chang., (2004). Operating Manual Utilities and offsites, in Design basis 17-140-P312-214., Hyundai: Iran, south Pars gas field, phase 4,1-396.
16. Abdi.M , I.M., Tavasoli. A., (2017). Flare Gases Management with Recovery Methods Utilization. Iranian Engineering Journal, 5,10.
17. Rahimpour, M., et al., (2012). Comparative study of three different methods for flare gas recovery of Asalooye Gas Refinery. Journal of Natural Gas Science and Engineering, 12, 17-28.
18. Asadi, J., et al., (2021). Technical evaluation and optimization of a flare gas recovery system for improving energy efficiency and reducing emissions. Energy conversion and management, 236, 114076.
19. Ervasti, T., et al., (2020). The comparison of two challenging low dose APIs in a continuous direct compression process. Pharmaceutics, 12(3), 279.
20. Patel, V., et al., (2007). Application of Dynamic Simulation in the Design, Operation, and Troubleshooting od Compressor System, in Proceeding of the Thirty-sixth Turbo machinery Symposium, USA.
21. Urban, Z., M. Matzopoulos, J. Marriott., (2010), Applying Dynamic Model in Designing Safety System Can Reduce Capital cots. Hydrocarbon Processing, 36, 41-47.
22. BoroumandJazi, G., et al., (2012). A review on the relation between the energy and exergy efficiency analysis and the technical characteristic of the renewable energy systems. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 16(5), 3131-3135.

Accepted Paper

Simulation and exergy analysis of consuming resources of gases recovered from the flare network in gas refinery

Mahdi Enayati[1], Sayed Mohsen Hosseini[2] *, Fahime Parvizian[3]

[1,2,3]Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Arak University, Arak 38156-8-8349, Iran

* S-Hosseini@Araku.ac.ir

Abstract

This paper focuses on the simulation and exergy analysis of flare gas recovery systems and their consuming resources in a gas processing plant, with the aim of minimizing environmental pollution and maximizing energy utilization. During the extraction and processing of oil and gas, significant amounts of unused gases are typically directed to flares, resulting in both environmental pollution and economic waste. Through simulation, it has been determined that approximately 28,700 kg/hour of flare gases can be recovered from the refinery's flare network, operating at a pressure of 9 bar and a temperature of 25 degrees Celsius. To optimize the consumption of the recovered gases, exergy analysis has been conducted for different consumption scenarios. Two distinct scenarios for the consumption of flare gases are presented. In the first scenario, the recovered gases are compressed to a pressure of 70 bar and injected into the gas sweetening unit of the refinery. The calculated exergy efficiency for this scenario is 69%. In the second scenario, the recovered gases are directed to the compressors available in the gas condensate unit. The calculated exergy efficiency for this scenario exceeds 78%. Based on the simulation and exergy analysis results, it is concluded that injecting the recovered flare gases into the compressors of the gas condensate stabilization unit offers the most optimal utilization of the recovered gases. This finding highlights the potential for reducing environmental pollution, minimizing waste, and maximizing the economic resources available in the gas processing plant.

Keywords: Flaring; Recovery of flare gas; Simulation; Exergy; Refinery

Accepted Paper