Archive of SID

علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و دوم، شماره شش، شهریور ماه ۹۹

# استفاده از گاز فلر برای تولید سوخت مایع و جلوگیری از آلودگی محیط زیست

## (مطالعه موردی: پالایشگاه سوم- فازهای ۴ و ۵ پارس جنوبی )

**محمدتقی ابدی** [۱]

**محمد ایرانی** [۲] *

iranim@ripi.ir

**احمد توسلی** [۳]

**تاریخ دریافت:** ۹۶/۰۳/۲۶ **تاریخ پذیرش:** ۹۶/۰۶/۲۹

**چکیده**

**زمینه و هدف:** در یک‌صد سال گذشته، افزایش استفاده از سوخت‌های فسیلی در صنایع مختلف اعم از پالایشگاهی، پتروشیمی، مجتمع-های صنعتی و ... برای دست‌یابی به تولید بیش‌تر، ازدیاد آلاینده‌های مختلف در جهان را موجب گردیده است و نگرانی‌های محیط زیستی، هزینه‌های مختلف اقتصادی و هزینه سلامت به بشر تحمیل کرده است. یکی از مهم‌ترین منابع آلودگی محیط زیست، گازهای فلر صنایع می‌باشد. مطابق آمار جهانی ایران به‌عنوان سومین کشور سوزاننده این گازها شناخته می‌شود. کاهش انتشار این گازها از اهداف بزرگ جامعه جهانی می‌باشد.

**روش بررسی**: بررسی روش‌های مختلف از جمله تبدیل گاز به مایع جهت بازیابی گاز فلر امری ضروری به نظر می‌رسد. در این تحقیق با استفاده از داده‌های خروجی گاز فلر یک پالایشگاه نمونه و نرم‌افزار Aspen Hysys. شبیه‌سازی واحد تبدیل گاز به مایع انجام شده است.

**یافته‌ها:** خروجی شبیه‌سازی نشان می‌دهد وقتی گاز فلر به‌عنوان ماده اولیه واحد GTL استفاده شود از این واحد ۱۵۴۹ بشکه محصولات GTL در روز بدست خواهد آمد.

**بحث و نتیجه‌گیری:** بررسی این مورد نشان می‌دهد یکی از راهکارهای مناسب برای بازیابی گاز فلر می‌تواند ایجاد واحد تبدیل گاز به مایع باشد .

**واژه‌های کلیدی:** محیط زیست، فلر، انرژی، تبدیل گاز به مایع

۱- کارشناس ارشد مهندسی انرژی، گروه انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، تهران،ایران.

۲- استادیار، پژوهشگاه صنعت نفت، تهران، ایران*(مسوول مکاتبات)

۳- دانشیار گروه مهندسی انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، تهران، ایران

www.SID.ir

*J. Env. Sci. Tech., Vol 22, No.6, August, 2020*

# Use of Flare Gas to Produce Liquid Fuel and Prevent the Environment from Polluting

## (Case Study: Third Refinery- Phases 4 and 5 of South Pars)

**Mohammad Taghi Abadi**[۱]

iranim@ripi.ir

**Mohammad Irani**[۲] *

**Ahmad Tavassoli**[۳]

Accepted: 2017.09.20 Received:2017.06.16

**Abstract**

**Background and Purpose:** In the last hundred years, to reach more manufacturing, supplying and consumption, using fossil fuel increased in industries, such as refineries, petrochemical and industrial complexes, etc. which spread severely environmental pollution worldwide consequently. The pollution as a complex problem has many reasons and also leads many negative effects, including environmental concerns, economic cost and fatal impact to human health. One of the most important cause is flare gas of industries. According to the world statistics, Iran is considered as third largest position in burning flare gas. A huge reduction in emission of these gases is one of the main goals to be achieved with the help of all international communities.

**Materials and Methods**: Hence different methods such as gas to liquid seems necessary as one option to recovery the flare gas. In this study, the data related to flare gas of a particular refinery with the help of simulation software Aspen Hysys, the GTL unit is analyzed.

**Results:** The simulation shows that when the flare gas used as a raw material to unit GTL, it will be achieved 1549 GTL product barrels per day.

**Discussion and Conclusions**: This case study shows that one of the most important flare gas recovery method is GTL.

**Keywords:** Environment, Flare, Energy, Gas to Liquid

1- M.Sc, Energy Engineering, Energy Group, Islamic Azad University, Science and Research Branch of Tehran, Tehran, Iran

2- Assistant Professor, Research Institute of Petroleum Industry, Tehran, Iran * (Corresponding Author)

3- Associate Professor, Department of Energy Engineering, Islamic Azad University, Science and Research Branch of Tehran, Tehran, Iran

www.SID.ir

Archive of SID



**مقدمه**

همواره انسان‌ها به‌عنوان یکی از مهم‌ترین پارامترهای آسیب-رسان به محیط زیست بوده و هستند و در هر دوره زمانی تاثیر خود را بر محیط پیرامون گذاشته‌اند که اغلب این موارد تاثیرات منفی بوده است، در دو قرن گذشته این تاثیر رفته رفته بیش‌تر و عمیق‌تر شده است که علت آن رشد صنعت و تکنولوژی ، افزایش جمعیت و نیاز و خواسته‌های روزافزون انسان‌ها است.

با توجه به اینکه انرژی به‌عنوان عامل حرکت چرخه صنعت می‌باشد و سوخت‌های فسیلی مهم‌ترین منبع انرژی در جهان شناخته شده‌اند، و هم‌چنین منابع تجدیدپذیر و . که از اوسط دهه ۱۹۷۰ دولت‌ها تصمیمات گسترده‌ای برای جایگزینی با سوخت‌های فسیلی گرفته‌اند تا علاوه بر کاهش آلودگی محیط زیست باعث جلوگیری از گرمایش زمین بشوند. اما کماکان استفاده از سوخت‌های فسیلی در رتبه اول مصرف قرار دارد و ایران نیز با توجه به وابستگی اقتصادی به سوخت‌های فسیلی در جهت به حرکت درآوردن صنعت کشور و هم‌چنین هزینه بر بودن منابع انرژی تجدیدپذیر، ناگزیر به تولید مشتقات نفت، گاز و پتروشیمی با ارزش افزوده بیش‌تر از سوخت‌های فسیلی می‌باشد تا علاوه بر سود اقتصادی بیش‌تر برای کشور، توانایی سرمایه‌گذاری اختصاصی برای ایجاد بنگاه‌های علمی و هم-چنین استفاده بیش‌تر از تکنولوژی سوخت‌های تجدیدپذیر برای جلوگیری از آلودگی‌های محیط زیست ایجاد کنیم. البته یکی از مشکلات بسیار مهم در ایران هرزرفت گازهای فلر می-باشد، که با بررسی روش‌های بازیابی مختلف می‌توان روش مناسب با توجه به شرایط اقلیمی و ... پیدا و اجرا نمود. تبدیل گاز به مایع یکی از مسیرهای ایجاد ارزش افزوده و هم‌چنین بازیابی گازهای فلر است که در طی دو دهه گذشته کشورهای زیادی در مسیر ایجاد تکنولوژی و راه‌اندازی این سیستم‌ها تلاش کرده‌اند. گازهای ارسالی به فلرها به علل مختلف از جمله احتراق ناقص آلودگی زیادی ایجاد می‌کنند، اما این گازها دارای ارزش سوختی بالایی نیز هستند. سه مورد زیر اهمیت پژوهش درباره این موضوع را نشان می‌دهد. ۱- سالانه بالغ بر ۱۵۰ میلیارد متر مکعب گاز در جهان تحت عنوان فلرینگ (یا سوزاندن گازها توسط مشعل) به مواد آلاینده تبدیل می‌شود که نشان دهنده ۱۵ تا ۲۰ میلیارد دلار اتلاف منابع، که طبق آمارهای بانک جهانی این رقم چیزی معادل یک سوم مصرف گاز کل اروپا است و یا مصرف مسکونی گاز آمریکا می‌باشد (۱). ۲- حدود دوسوم از فلرینگ حوزه خلیج فارس مربوط به ایران است در حالی که در یکی، دو دهه گذشته متفاوت بود بلکه عربستان سعودی به‌عنوان بزرگ‌ترین عامل فلرینگ منطقه شناخته می‌شد. که برای جلوگیری از هرز رفت آن با راه‌اندازی شبکه خط لوله گاز در بازار داخلی مورد استفاده قرارداده است (۲). ۳- میدان گازی پارس جنوبی (با نام گنبد شمالی در سمت قطر)، بزرگ‌ترین میدان گازی مستقل جهان است که به صورت مشترک بین ایران و قطر درخلیج فارس قرار دارد. این میدان مشترک جمعا قریب ۴۰ تریلیون متر مکعب گاز داشته که بیش از ۲۱ ٪ کل گاز دنیا را شامل می‌شود. مساحت این میدان ۹۷۰۰ کیلومتر مربع بوده که بخش متعلق به ایران ۳۷۰۰ کیلومتر مربع می باشد. ذخیره گاز این بخش از میدان گازی بابت سهم ایران معادل ۱۴/۲ تریلیون مترمکعب به همراه ۱۹ میلیارد بشکه میعانات گازی است که حدود ۸ ٪ از کل گاز دنیا و حدود ۴۷ ٪ از ذخایر گاز کشور را شامل می شود(۳).

**هدف از تحقیق**

کشور ایران به عنوان سومین کشور سوزاننده گاز فلر در جهان شناخته شده است در نتیجه پژوهش و تحقیق در مورد بازیابی گازهای فلر و ... می‌تواند کمک شایانی به بهبود شرایط محیط زیست ، اقتصاد و ایجاد ارزش افزوده در کشور نماید. با توجه به اهمیت این موضوع در این مقاله روش بازیابی از طریق سیستم تولید سوخت مایع از گاز فلر مورد بررسی قرار گرفته است.

**مبانی نظری تحقیق**

چندین روش برای بازیابی گاز فلر تا کنون مطرح شده است که استفاده از سیستم FGRS[1] یکی از روش‌های کارامد در این

1- Flare Gas Recovery System

www.SID.ir

Archive of SID



گروه می‌باشد، که مورد استفاده نیز قرار گرفته است، البته برای پیدا کردن راهکار مناسب استفاده از گاز فلر با توجه به نوع صنعت پالایشگاه، پتروشیمی و ... نیاز به بررسی روش‌های مختلف می‌باشد. از جمله موارد مطرح شده جمع آوری گاز فلر و تزریق به چاه نفت، جمع آوری و ذخیره سازی در مخازن زیرزمینی، تولید آب گرم و یا بخار با استفاده از گرمای سوختن گاز، تولید سوخت مایع از گاز، فشار افزایی، تولید برق و ... ، که تشخیص نهایی به چندین عامل از جمله جغرافیای محل و ارزیابی اقتصادی بشدت وابسته است، به عنوان نمونه بازیافت گازهای حاصل از پالایشگاه با استفاده از سرمای عمیق، تکنولوژی سرمای عمیق امکان جداسازی مرحله‌ای هیدروکربن، ازت، هیدروژن، آب سنگین و هلیوم را می‌دهد. محاسبات و آنالیز برای یکی از پالایشگاه‌های مسکو با حدود ۶۵۰۰۰ متر مکعب گاز خروجی در ساعت نشان می‌دهد که در صورت استفاده از سرمای عمیق، می‌توان در هر ساعت معادل ۴۰۰۰ کیلوگرم اتیلن، ۳۵۰۰ کیلوگرم پروپیلن، ۱۵۰۰۰ کیلوگرم مخلوط سنگین هیدروکربن، تا ۱۰۰۰۰ کیلوگرم پروپیلن، ۳۵۰۰ کیلوگرم ازت و بالاخره تا ۳۰۰۰ کیلوگرم هیدروژن تولید کرد(۴). به علت ارزان بودن نرخ گاز طبیعی و برای کسب درآمد بیش‌تر، طی سالیان متوالی تکنولوژی تولید سوخت مایع از گاز مورد توجه و بهسازی شرکت‌های پیشرو در این صنعت و همراهی دولت‌های آنها باعث شد تا از نظر اقتصادی به نقطه تقریبا قابل قبول نزدیک شوند، شرکت SASOL از سال ۱۹۵۰ تا سال ۱۹۹۰ در آفریقای جنوبی برای تبدیل زغال سنگ به هیدروکربن با استفاده از فرآیند فیشر- تراپش سالانه در سه واحد صنعتی با ظرفیت کل ۴۰۰۰۰۰۰ تن در سال فعال بوده که در حال حاضر دو واحد صنعتی فعال است و پروژه‌های متعددی در جهان در دست دارد همین‌طور شرکت Sell از سال ۱۹۸۰ تا کنون در شهر بنتولو مالزی با استفاده از فرآیند فیشر- تراپش گاز طبیعی را به سوخت و دیگر محصولات فعال بوده است کشورها دیگری هم‌چون قطر و نیجریه از این سیستم استفاده می‌کنند(۵). از این‌رو، این روش به‌عنوان راهی برای تبدیل گاز فلر به سوخت مایع مورد ارزیابی نیز قرار داده‌اند.

نمونه از این ارزیابی مربوط به پالایشگاه پارسیان می‌باشد که از تکنولوژی تولید سوخت مایع از گاز فلر استفاده کرده است که خروجی ارزیابی برابر ۵۶۳ بشکه محصولات جی تی ال در روز است(۶) و هم‌چنین برآیند کلی منطقه عسلویه با توجه به اطلاعات جمع آوری شده تا قبل از سال ۲۰۱۲ برابر با ۴۸۰۵۶ بشکه محصولات جی تی ال در روز می‌باشد(۷).

**مکانیزم توسعه‌ی پاک CDM**[1]

در حقیقت طرحی است که بر طبق آن کشورهای توسعه‌ی یافته و متعهد پروتکل کیوتو به منظور تحقق تعهدات خود در کاهش انتشار گازهای گل‌خانه‌ای و همچنین کمک به توسعه‌ی پایدار در کشورهای در حال توسعه‌ی اجرا می-کنند و کشورهای در حال توسعه نیز به ازای کاهش انتشار،گواهی یا CER[2] را به صورت مبلغی پول دریافت می‌نمایند. از آنجا که عموماً جلوگیری و کاهش انتشار گازهای گل‌خانه‌ای در کشورهای در حال توسعه با هزینه‌ی پایین‌تری در مقایسه با کشورهای توسعه یافته قابل انجام است بسیاری از کشورهای توسعه یافته علاقه‌مند به اجرای این طرح‌ها در کشورهای در حال توسعه هستند. در نتیجه‌ی این امر، یک کشور توسعه یافته در یک کشور در حال توسعه سرمایه‌گذاری می‌کند که به انتقال فناوری، ایجاد اشتغال، بهبود شرایط زیست محیطی و غیره در کشور در حال توسعه منجر می‌شود .علاوه بر موارد فوق، درآمدی نیز از قبل فروش گواهی کاهش انتشار و نیز کاهش هزینه‌های سوخت و مواد مصرفی عاید کشور در حال توسعه می شود(۸). پروژه‌های CDM در کشور به سه گروه تقسیم بندی می‌شوند: ۱- ثبت شده‌ها ۲- در حال بررسی توسط نهادهای عملیاتی ۳- در مرحله پیش لحاظ (اعلام اولیه). برخی از این موارد عبارتند از: نیروگاه سیکل ترکیبی جهرم، پروژه برق آبی پیران، جمع آوری گازهای همراه میادین نوروز و سروش، جایگزینی گاز طبیعی بجای مازوت در صنایع نیشکر امیرکبیر، جایگزینی گاز طبیعی بجای مازوت در صنایع نیشکر دعبل خزاعی(۹).

1- Clean Development Mechanism
2- Certified Emission Reduction

www.SID.ir

Archive of SID



**فلر (مشعل)**

کلمه مشعل برای توصیف یک شعله بی‌حفاظ (باز) که گازهای مازاد را می‌سوزاند به کار برده می‌شود. این فرآیند در تاسیسات بالادستی نفت و گاز، پالایشگاه‌های نفتی و گازی، صنایع پتروشیمیایی و برخی از صنایع معدنی اتفاق می‌افتد مشعل‌ها در یک زمان کوتاه مقدار زیادی گاز در هوا منتشر می‌کنند. میزان سوختن گاز در مشعل به بازدهی آن، زمان فرآیند احتراق و... بستگی داردکه معمولا به دلیل عدم وجود زمان کافی برای احتراق و بازدهی نامناسب مشعل‌ها ، میزانی از گاز به صورت نسوخته وارد اتمسفر می‌شود. براساس ۲۰۰۰ مقاله رسمی چاپ شده در کانادا، طی فرآیند سوزاندن گاز ۲۵۰ ماده سمی شناخته شده مختلف به هوا تخلیه می‌شود که این امر آثار زیان‌بار فراوانی برای محیط‌زیست خواهد داشت(۱۰). تجهیزات اندازه‌گیری گاز در سیستم فلر مهم‌ترین عامل در نظارت و کنترل سیستم فلر، که پر اهمیت‌ترین آنها دبی‌سنج جریان گاز و آنالیز جریان گاز است در بعضی از کشورها مانند کشور نروژ همه فلر مجهز به دبی سنج‌ها یا کنتورهای استاندارد می‌باشند استاندارد نروژی NORSOK مهم‌ترین استانداردی است که در زمینه اندازه‌گیری دبی گازهای فلر تدوین گردیده و مورد تایید صنایع نروژ نیز می‌باشد. ارزش گازهای فلر، درآمد حاصل از فروش گازهای بازیابی شده را تعیین می‌کند که در بررسی اقتصادی کل طرح اهمیت دارد. به‌عنوان نمونه برای یک مشعل با قطر۳۰ اینچ، اگر ارتفاع شعله۳۰ فوت باشد ارزش حرارتی و دلاری گازهای ارسالی به فلر ۱۰۰ میلیون بی تی یو در ساعت و ۱۷۵۲۰۰۰ دلار در سال خواهد بود(۱۱).

**تاریخچه تبدیل گاز به مایع GTL[1]**

سنتز فیشر- تروپش از دهه ۱۹۲۰، زمانی که صنایع فولاد آلمان به دنبال روشی برای استفاده بهینه از گاز سنتز حاصل از کک‌زنی فولاد می‌گشتند، توسعه یافت. در این زمان واکنش-های مانند سنتز آمونیاک به روش هابر نیز گسترش یافتند. قبل از موفقیت فیشر و تروپش در سنتز هیدروکربورهای سنگین از گاز سنتز، در سال ۱۹۱۳ فردریش برگیوس، دانشمند آلمانی، فرآیند کاتالیزوری را برای استخراج مایعات هیدروکربنی از زغال سنگ در حضور هیدروژن ابداع کرد. به موازات تحقیقات برگیوس، در دهه ۱۹۲۰ دو دانشمند آلمانی دیگر به نام فرانس فیشر و هانس‌تروپش، به دنبال روشی برای تهیه سوخت‌های هیدروکربنی از گازی که از زغال سنگ به دست می‌آمد بودند. در روش توسعه یافته این دو، مولکول‌های زغال‌سنگ تحت فشار بخار آب به گاز سنتز و سپس به کمک کاتالیزورهای مناسب، به هیدروکربن‌های سنگین‌تر تبدیل می‌شدند. گاز سنتز حاصل از زغال سنگ، که به کمک کاتالیزورهای مناسب، به هیدروکربن‌های سنگین‌تر تبدیل می‌شدند(۱۲). فرآیند GTL روشی است برای تبدیل سوخت گاز به سوخت مایع که به تازگی تبدیل گاز طبیعی $CH_4$ به سوخت مصنوعی توجه زیادی را به دلیل مزایای بسیاری که دارد به خود جلب کرده است، به طور خاص از طریق فرآیند سنتز فیشر تراپش که گوگرد آن بسیار کم است و ترکیبات معطر را حفظ می‌کند. سوخت GTL آلاینده کمی انتشار می‌دهد و به‌عنوان یک سوخت پاک (سبز) در نظر گرفته می‌شود(۱۳).

**سیستم GTL متشکل از سه بخش می‌باشد**

۱- خالص‌سازی گاز (حذف $H_2S$ و $CO_2$)،۲- تولید گاز سنتز،۳- فرآیند FT[2] (تولید هیدروکربن‌ها)، ارتقا و بهبود کیفیت محصول به عنوان بخش چهارم در نظر گرفته می‌شود. مزایای عمده فرآیند GTL عبارتست از : ۱- چگالی پایین فرآورده‌های GTL،۲- نداشتن ترکیبات آروماتیک در محصولات،۳- غلظت بسیار پایین و ناچیز سولفور در فرآورده،۴- عدد ستان بالاتر محصولات بدست آمده ، ۵- ایجاد ارزش افزوده بالاتر از گاز طبیعی،۶- امکان استفاده از گازهای که در پالایشگاه‌ها جهت سوختن به فلر فرستاده می‌شوند(۱۴).

**میدان گازی پارس جنوبی**

میدان گازی پارس جنوبی یکی از اصلی ترین منابع انرژی کشور به حساب می‌آید. توسعه میدان گازی پارس جنوبی با هدف تامین تقاضای رو به رشد مصرف گاز طبیعی، تزریق به

1- Gas to liquid

2- Fischer-Tropsch

www.SID.ir

Archive of SID



میادین نفتی، صادرات گاز و میعانات گازی و نیز تامین خوراک مجتمع های پتروشیمی صورت می پذیرد. برنامه‌ی توسعه‌ی این میدان عظیم تا کنون در قالب ۲۴ فاز برنامه ریزی شده است(۳). فلرهای موجود در پالایشگاه های پارس جنوبی در ۴ نوع خلاصه می شوند که شامل : ۱- مشعل‌های فشار بالا (HP)، ۲- مشعل‌های فشار متوسط (MP)، ۳- مشعل‌های فشار پایین (LP)، ۴- مشعل‌های مربوط به واحدهای ذخیره سازی پروپان و بوتان (LPG) می‌باشد(۱۵).

**شکل۱- نقشه میدان گازی پارس جنوبی**

**Figure 1- Map of south pars gas field**

**روش تحقیق**

برای وارد شدن به قسمت اصلی موضوع تحقیق و دست‌یابی به خروجی عددی قابل قب

همواره مهم‌ترین عامل در شبیه‌سازی واحدها با توجه به نرم افزار مورد استفاده، داشتن آنالیز خوراک ورودی برای انتقال به واحد مورد نظر است که می‌خواهیم شبیه‌سازی آن را انجام دهیم که باید مورد بررسی قرار گیرد. پالایشگاه نمونه (پالایشگاه سوم - فازهای ۴ و۵ پارس جنوبی) می‌باشد که میزان $H_2S$ آن برابر با ۱۰۰۰ppm[1] است. در این مرحله فرض این است که: $C6^+=C7$ باشد.

**جدول ۱- آنالیز گاز فلر پالایشگاه نمونه (مقادیر طراحی)**

**Table 1- Flare gas composition of a sample refinery (Design Values)**

| LP-Flare | MP-Flare | HP- Flare | Composition |
|---|---|---|---|
| ۸۸/۱۸ | ۸۸/۲۸ | ۸۵/۵۵ | Methane |
| ۴/۵۲ | ۴/۸۳ | ۵/۱۹ | Ethane |
| ۱/۶۱ | ۱/۷ | ۲/۰۷ | Propane |
| ۰/۳۱ | ۰/۳۲ | ۰/۴۶ | i-Butane |
| ۰/۴۷ | ۰/۴۹ | ۰/۷۸ | n-Butane |
| ۰ | ۰/۰۴ | ۰/۰۷ | i-Pentane |
| ۰ | ۰/۰۳ | ۰/۰۵ | n-Pentane |
| ۰/۰۵ | ۰/۰۵ | ۰/۴۵ | $C6^+$ |
| ۱/۲۷ | ۱/۰۴ | ۱/۵۱ | $CO_2$ |
| ۳/۵۷ | ۲/۸۶ | ۳/۸۷ | $N_2$ |

فرض دوم ثابت بودن دبی فلرها و مشخصات مندرج در جدول (۲) می‌باشد، مطابق این اطلاعات شبیه‌سازهای مربوط به هر قسمت انجام گرفته است.

1- Parts Per Million

www.SID.ir

Archive of SID



جدول ۲- آنالیز عملیاتی گاز فلر پالایشگاه نمونه (مقادیر طراحی)

**Table 2- Flare gas condition of a sample refinery (Design Values)**

| Description | Temperature | Pressure | Volumetric Flow Rate |
|---|---|---|---|
| HP-Flare | ۲۵°C | ۵/۰۱ bar | ۶MMSCFD |
| MP-Flare | ۲۵°C | ۱/۷۱ bar | ۶MMSCFD |
| LP-Flare | ۲۵°C | ۱/۰۵ bar | ۶MMSCFD |

**شبیه‌سازی واحد تولید سوخت مایع (GTL)**

**شبیه‌سازی واحد شیرین‌سازی (Gas Sweetening)**

در مرحله نخست (خالص سازی)، ابتدا مجموعه گازهای فلرها را به یک فشار یکسان رسانده و پس از عبور از جداکننده دو فازی (D-100-1) به سمت کمپرسور فرستاده شده تا به فشار ۶۸ بار برسد دوباره از یک جداکننده دو فازی (D-100-2) عبور داده سپس راهی برج جذب شود این برج‌ها از تعدادی سینی تشکیل شده‌اند که در فواصل مشخص قرار می‌گیرند که به منظور ایجاد برخورد بین دو فاز گاز و مایع در نظر گرفته شده‌اند. نکته مهم در این قسمت استفاده از نوع آمین است، فاز مایع (آمین) از بالای برج جذب و فاز گاز از پایین برج وارد شده و با توجه به نیروی جاذبه و با برخورد دو فاز با هم و قانون انتقال جرم ،گاز ترش بوسیله محلول آمین جداشده و گاز شیرین به سمت بالای برج حرکت می‌کند. تعداد سینی‌ها + محلول آمین باعث تصفیه گاز ترش می‌شود. تعداد سینی در این برج ۲۰ عدد در نظر گرفته شده و اختلاف فشار از بالا به پایین ۰/۲ بار می‌باشد. در این شبیه سازی از آمین نوع دوم یعنی DEA[1] استفاده گردیده است. افزایش غلظت دی متانول آمین سبب جذب گازهای اسیدی می‌شود با افزایش DEA، جذب گازهای اسیدی بیش‌تر شده و گازهای اسیدی (آمین غنی Rich) از خروجی پایین برج جذب کننده برای احیا دوباره با عبور از ولو(VLV-100) فشار کاهش داده شده وارد جداکننده دوفازی می‌شود، در این مرحله هیدروکربن‌های سبک از آمین جدا شده آمین غنی شده وارد مبدل حرارتی (H-EX)[2] شده با محلول Lean Amine که از برج دفع کننده آمده است تبادل حرارتی داده بر دمای آن افزوده شده، و وارد برج دفع می‌گردد. برج دفع برعکس برج جذب می‌باشد یعنی دما بالا و فشار پایین است در نتیجه در برج دفع گازهای اسیدی بیش‌تری از آمین جدا می‌شوند، دمای بالا توسط Reboiler که در قسمت پایین برج دفع است ایجاد می‌شود و باعث بخار شدن، تماس با آمین غنی، جدا شدن گازهای اسیدی به صورت فاز بخار و از جریان بالادستی برج دفع عبور می‌کند- وارد Condenser شده تبادل حرارت داده دو فاز بخار و مایع تشکیل می‌شود که قسمت مایع به برج دفع برمی-گردد و بخار گازهای اسیدی خارج می‌شود- و آمین احیا شده از جریان پایین دستی خارج می‌شوند، و وارد مبدل حرارتی می‌گردد که مقداری از دمایی خود را برای آمین غنی شده از دست می‌دهد، و همراه Makeup H2O وارد مبدل حرارتی (E-103) شده تا کاهش دما صورت گرفته، سپس توسط پمپ (P-100) افزایش فشار پیدا می‌کند و به بالای برج جذب برمی‌گردد. در این قسمت از شبیه‌سازی مقدار گاز شیرین‌سازی شده برابر۱۷/۷۲ MMSCFD[3] با فشار ۶۸ بار و دمای ۳۵ درجه تولید می‌شود. هم‌چنین می‌توان $H_2S$ جدا شده در واحد شیرین‌سازی به واحدهای بازیافت گوگرد هدایت کرد.

1- Diethanolamine

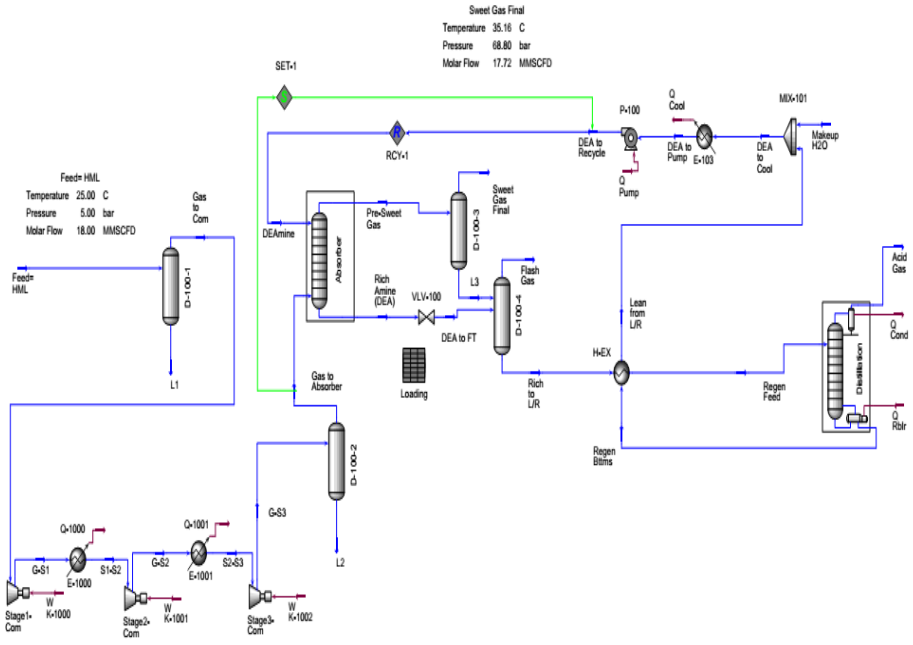
2- Heat Exchanger

3- Million Metric Standard Cubic Feet per day

www.SID.ir

Archive of SID

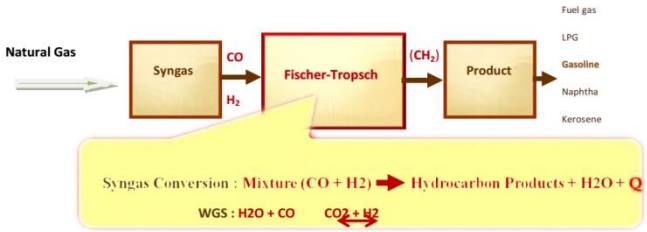





شکل۲- شماتیک شبیه‌سازی واحد شیرین سازی

**Figure 2– Simulation schematic of sweetening unit**

**شبیه‌سازی واحد گاز سنتز (Synthesis Gas)**




شکل ۳- نمودارجعبه‌ای فرآیند GTL

**Figure 3- Block diagram of main sections of GTL technology**

مخلوط هیدروژن و مونوکسید کربن با نسبت‌های متفاوت بین این دو با عنوان کلی گاز سنتز بیان می‌شود، با در نظر گرفتن این‌که مجموع خروجی فلرها (دبی مولی) در مقایسه با گاز طبیعی که در این سیستم‌ها استفاده می‌شود نرخ کمی دارد و تهیه اکسیژن هزینه‌بر است، از رفرمینگ با بخار استفاده شده است در سیستم تولید گاز سنتز از سه راکتور استفاده شده است، یک راکتور تبدیلی و دو راکتور تعادلی ( بعنوان واحد پیش رفرمینگ و واحد رفرمینگ) جهت شبیه‌سازی مورد استفاده قرارگرفته است. گاز شیرین شده وارد مبدل حرارتی (E-100) شده، تا برای عملیات پیش رفرمینگ آماده شود سپس آب (بخار) مورد نیاز (گرفته شده از واحدهای دیگر یا ...) وارد پیش رفرمینگ می‌شود، با توجه به محدوده دمایی در راکتور، که از نوع تبدیلی نیز می‌باشد بین ۵۵۰ -۳۵۰ درجه سانتی‌گراد (۱۲) باید در نظر گرفته شود که در اینجا ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد و محدوده‌ای فشار بین ۲۰ -۴۰ بار(۱۶ -۱۷) که ۲۵ بار انتخاب شده است، این فشار تقریبا تا آخرین مرحله فیشر تراپش حفظ می‌شود. در این مرحله هیدروکربن‌های سنگین را تبدیل به متان می‌شوند.

www.SID.ir

Archive of SID



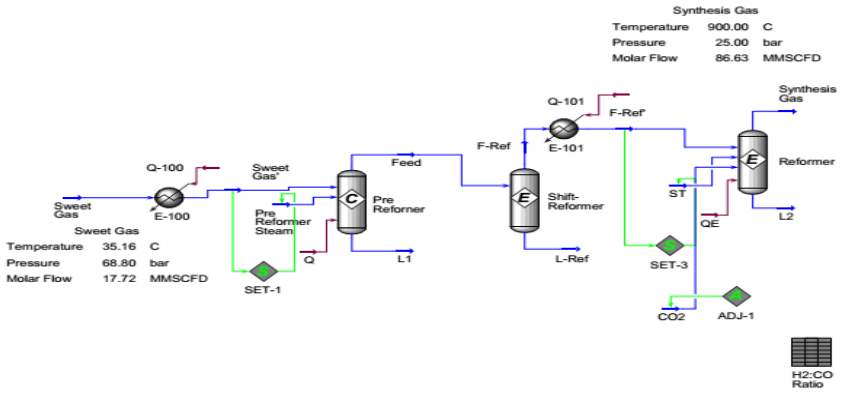
واکنش‌های ذیل واکنش‌های مورد استفاده در پیش رفرمینگ می‌باشد.

$C_2H_6 + H_2 \rightarrow 2CH_4$ $C_3H_8 + 2H_2 \rightarrow 3CH_4$ $C_4H_{10} + 3H_2 \rightarrow 4CH_4$ $C_5H_{12} + 4H_2 \rightarrow 5CH_4$
$C_7H_{16} + 6H_2 \rightarrow 7CH_4$

واکنش‌های که در فرآیند رفرمینگ اتفاق می‌افتد به قرار زیر می‌باشد:

$CO + 3H_2 \leftrightarrow CH_4 + H_2O$ $\Delta H298K = +206$ kJ mol
$CO + H2O \leftrightarrow O2 + H2$ $\Delta H298K = -41$ kJ/mol

با مد نظر قراردادن اکسیداسیون گاز طبیعی که فرآیندی گرماگیر است با اعمال جریان گرمایی متناسب با فرآیند و تنظیم دمایی جریان خروجی، میزان تولید گاز سنتز خروجی نیز افزایش می‌یابد. گازهای تولیدی با شرایط ذکر شده وارد راکتور تعادلی (Shift-Reformer) شده و با انتخاب ( keq Source) انرژی آزاد گیبس واکنش انجام شده، دمای خروجی به حدود ۷۰۰ درجه سانتی‌گراد رسیده ، خروجی راکتور تعادلی را از یک مبدل حرارتی عبور داده تا دمای آن به حدود ۱۰۰۰ درجه سانتی‌گراد برسد با فشار ثابت ۲۵ بار، این خروجی وارد راکتور تعادلی دوم شده که همزمان بخارآب سوپر هیت با دمایی ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد وارد راکتور تعادلی Reformer می‌شود، دمای خروجی رفرمینگ بین ۹۰۰ تا ۷۰۰ درجه سانتی‌گراد (۱۶) است که ۹۰۰ درجه سانتی‌گراد انتخاب شده است همچنین نیاز به $CO_2$ جهت انجام واکنش در جهت بدست آوردن گاز سنتز مناسب برای ورود به فرآیند فیشر تراپش و تولید فرآورده بیش‌تر الزامی است. با توجه به نسبت $H_2$:CO که ۱/۸ انتخاب گردیده است به معنایی کاتالیزور کبالت است با استفاده از Spreadsheet میزان $CO_2$ محاسبه شده برابر با ۱۴/۴۸MMSCFD می‌باشد و در نهایت گاز سنتز - درصد عمده آن شامل هیدروژن و منواکسید کربن می‌باشد - گاز سنتز با مشخصات دمای ۹۰۰ سانتی‌گراد ، فشار ۲۵ بار و دبی مولی۸۶/۶۳ میلیون فوت مکعب در روز به راکتور فیشر تراپش وارد می‌شود.. شکل (۴) شبیه‌سازی واحد گاز سنتز می‌باشد.




**شکل۴- شماتیک شبیه‌سازی واحد تولید گاز سنتز**

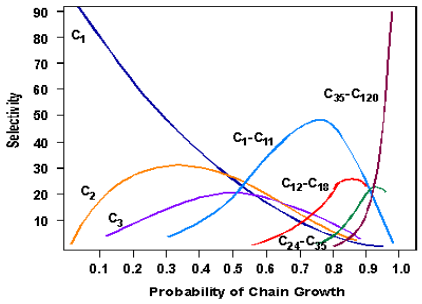
**Figure 4- Simulation schematic of synthesis gas unit**

www.SID.ir

Arc

**شبیه‌سازی فرآیند فیشرتراپش ( Fischer–Tropsch) Process**

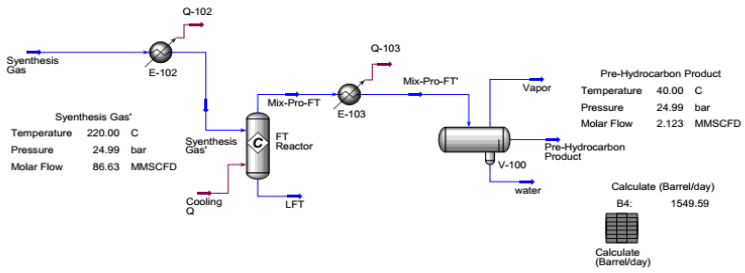
با در نظر گرفتن اینکه فرآیند فیشرتراپش یک فرآیند گرمازا است پس هرچه دمای خوراک ورودی کاهش پیدا کند میزان تبدیل نهایی افزایش پیدا می‌کند اما این موضوع به نوع کاتالیست و البته شرایط طراحی ( محدودیت‌ها از قبیل شرایط محیطی، فنی و اقتصادی) نیز مربوط می‌شود. قبل از ورود خوراک به راکتور ابتدا وارد یک خنک کن (E-102) شده تا دمایی آن کاهش یابد و سپس برای ورود به راکتور فیشر تراپش آماده گردد. محدوده دمایی فیشر تراپش با توجه به نوع محصول و شرایط می‌تواند دما بالا (HTFT) و یا دما پایین (LTFT) یعنی به ترتیب ۳۴۰-۳۲۰ درجه‌ی سانتی‌گراد و ۲۴۰-۲۲۰ درجه‌ی سانتی‌گراد (۱۲) در نظر گرفته می‌شود، که دمای بالا با انتخاب کاتالیست آهن برای تولید Gasoline و دمای پایین با استفاده از کاتالیست کبالت برای تولید Waxy در نظر گرفته می‌شود. که در این شبیه‌سازی دمای ۲۲۰ درجه‌ی سانتی‌گراد و نوع کاتالیست کبالت انتخاب شده است. نوع راکتور مورد استفاده در این مرحله از نوع راکتور پوسته لوله‌ای انتخاب شد زیرا نگه‌داری آنها آسان‌تر است به‌دلیل نداشتن قسمت‌های متحرک و همچنین درصد تبدیل بالا برای این قسمت انتخاب شده است. در این قسمت از شبیه‌سازی راکتور فیشر- تراپش کلیه واکنش‌های ممکن را تعریف می‌گردد. با وارد کردن واکنش‌ها C1-C30 در نرم‌افزار Hysys و همچنین وارد کردن شرایط عملیاتی، این موارد با توجه به نوع کاتالیزور و توزیع آندرسون - شولز - فلوری (ASF) یا بلعکس وابسته است. فاکتور احتمال رشد زنجیره هیدروکربوری، $\alpha =$ 0.8 انتخاب $(W_n = n\,(1-\alpha)^2\ \alpha^{n-1})$ و در نظر گرفته شده است.




**شکل۵ - نمودار توزیع آندرسون- شولز- فلوری**

**Figure 5- ASF Distribution**

حال خروجی راکتور FT را به یک خنک کننده (E-103) فرستاده می‌شود سپس برای جداسازی ترکیبات سبک، سنگین و آب به جداکننده سه فازی (V-100) ارسال می‌گردد، شکل (۶) شبیه‌سازی واحد فرآیند فیشر تراپش نشان می‌دهد.




**شکل(۶) - شماتیک شبیه‌سازی واحد فرآیند فیشر تراپش**

**Figure 6- Simulation schematic of Fischer-Tropsch unit**

**نتایج**

شبیه‌سازی نشان می‌دهد که معادل ۱۵۴۹/۵۹ بشکه در روز محصولات GTL می‌توان تولید کرد، همواره قیمت فروش محصولات ، سود بانکی، تورم و ... تاثیر بسزایی در خروجی ارزیابی اقتصادی دارد، همچنین دریافت مالیات کربن و افزایش آن- دریافت مالیات برای آلودگی محیط زیست از صنایع ، ... -

- Anderson-Scholez-Foley

www.SID.ir

Archive of SID



و بالا رفتن قیمت جهانی نفت و گاز، کمک شایانی به عملیاتی شدن این طرح‌ها خواهد کرد(۱۹).

**نتیجه گیری**

مطابق با شبیه‌سازی انجام شده، استفاده از واحد GTL با خوراک ورودی گاز فلر پالایشگاه نمونه می‌تواند خروجی ۱۵۴۹ بشکه فرآورده در روز را تولید کند، که این امر نشان دهنده قابلیت گاز فلر برای مصرف شدن در صنایع می‌باشد. در مقایسه با اطلاعات بدست آمده از گاز فلر پالایشگاه پارسیان که خروجی ۵۳۶ بشکه فرآورده GTL در روز برآورد شده است و یا خروجی گازهای فلر پالایشگاه‌های منطقه عسلویه که برآورد ۴۸۰۵۶ بشکه محصولات GTL در روز را مطابق با اطلاعات گاز فلر تا قبل سال ۲۰۱۲ جمع‌آوری شده است - در این مورد تجمیع گازهای فلر و ظرفیت تولید بالا خود می‌تواند به‌عنوان یک عامل بازدارنده برای اجرایی شدن اینگونه پروژه‌ها باشد زیرا نیاز به حجم بالای سرمایه‌گذاری و هم‌چنین شناسایی زمین مناسب جهت احداث واحد GTL می‌باشد در صورتی که برای ظرفیت‌های پایین علاوه بر پایین بودن حجم سرمایه‌گذاری و ... تعداد شرکت‌های بیش‌تری می‌توانند در این‌گونه مناقصات شرکت و رقابت کنند که این امر باعث توانمند سازی شرکت-های داخلی جهت ورود به این عرصه را مهیا می‌سازد ازجمله شرکت نفت و گاز سرو که با تلاش بسیار جز چند شرکت با دانش فنی GTL است - با توجه به طول عمر واحدهای GTL که در حدود ۲۵ تا ۳۵ سال می‌باشد و ارزش افزوده ایجاد شده از گازهای رها شده به اتمسفر، بازگشت سرمایه کم-تر از ۵ سال بدست می‌آید، اما همچنان این نکته حایز اهمیت است که برای بکارگیری گاز فلر یک مجموعه، باید چندین روش بازیابی گاز فلر از نظر فنی و اقتصادی مورد بررسی قرار گیرد که در این راستا ارزیابی اقتصادی آن روش‌ها جز جدانشدنی از تحقیق می‌باشد تا علاوه بر مقایسه روش‌ها از نظر فنی، روشی که در آن محل کاربرد بیشتری و خروجی مناسب-تر می‌تواند داشته باشد مورد استفاده قرارگیرد، و به‌علاوه نتیجه‌گیری نهایی برای انتخاب روش مناسب با استناد به خروجی ارزیابی اقتصادی است. به هر حال این روش و روش-های مشابه بازیابی گازهای فلر کمک شایانی به بهبود وضعیت محیط زیست اعم از کاهش مواد آلاینده و سمی پیرامون محیط صنعتی و به تناسب تاثیر آنها در کره زمین خواهد داشت. با در نظر گرفتن شرایط ویژه محیط زیست، گرمایش کره زمین و تغییرات اقلیمی که باعث خسارت اقتصادی و سلامتی برای جامعه جهانی شده است و همچنین مطابق پیمان‌های توکیو و ... با توجه به تعهد اکثر کشورها از جمله ایران، باید در مسیر بازیابی گازهای فلر به هر روش که جنبه اقتصادی داشته باشد، گام‌های بلندی برداشته شود، حال آن روش ایجاد سیکلی برای استفاده مجدد در همان محیط صنعتی باشد یا تبدیل به ماده یا نیروی جدید برای تولید کار یا محصول جدید در مصارف نزدیک یا دور دست قرار گیرد، که سرانجام تاثیرات مثبت اقتصادی روش‌های بازیافت گاز فلر نیز در گردش مالی کشور نمایان خواهد شد.

**منابع**


1. F. Farina, Michael,2011, Flare Gas Reduction, GE Energy Global Strategy and Planning
2. World Bank Group in collaboration with the Government of Norway, GLOBAL GAS FLARE GREDUCTION INITIATIVE.
3. Pars oil and gas company journal, 1392, 15th course. (Persian)
4. Musavi Nainiyan, Seyed Mojtaba, Alexandrovich, Nikolai, Filin, Nikolai, Pakhomov, Valeria, The use of extreme cooling to recovery waste gases in refineries,1383, Iranian journal of Energy, 8th year ,No.19. (Persian)
5. Eman, Eman, 2015, Gas Flaring in industry: An overview, Petroleum & Coal, International Journal for Petroleum Processing.
6. Jokar, Seyed Mohammad, Rahimpor, Mohammad Reza, Rezaei, Mojtaba, Jamshidnejad, Zahra, Optimization


www.SID.ir

Archive of SID


and economization of using flare gases in a refinery, the first International conference on Management, Innovation and Entrepreneurship, 1389. (Persian)

7. Rahimpour, M.R, Jamshidnejad, Z, Jokar, S.M, Karimi, G, Ghorbani, A, Mohammadi, A.H,2012, A comparative study of three different methods for flare gas recovery of Asalooye gas refinery, Journal of Natural Gas Science and Engineering.
8. Emami Maybudi, Ali, Mahdavi, Ruhollah, Khosrowshahy, Mosa, Economic Evaluation of a Simultaneous Electricity and Heat Generation Project in Mashhad, Journal of Energy Economics Studies, 1389, 7th,No.26. (Persian)
9. http://climate-change.ir/ Clean - Development - Mechanism - (CDM)_2150.html#_ftn1
10. Ibrahim Fatah Abadi, Hadi, Managing flare gases in the oil and gas industries, Scientific/training journal of oil and gas exploration and production, 1393, No.103. (Persian)
11. Shahini, Mohammad, Flare gas Management, Tehran, Etehad Jahan no, 1386. (Persian)
12. Nakhaei pour, Ali, Irani, Mohammad, Fischer-Tropsch Synthesis, A way for production of synthetic fuels, Tehran, Research Institute of petroleum Industry, 1390, No P.13-81 (Persian)
13. Kim, Yong Heon, Jun, Ki-Won, Joo, Hyunku, Han,Chonghun, Song, In Kyu,2009, A simulation study on gas-to-liquid ( natural gas to Fischer-Tropsch synthetic fuel) process optimization, Chemical Engineering Journal.
14. Nasirai, Alireza, Ghafelebashi, seyed Hasan, Technical and economic comparison of CNG and GTL, Second National Conference CNG, 1388. (Persian)
15. National Iranian Gas Company, 1393, Deputy of Operation (Persian)
16. Saberimoghadam, Ali, Zare chavoshi, Mohammad, Khebri, Vahid, Bahri Rasht Abadi, Mohammad Mehdi, Study and selection of appropriate catalysts for steam methane reforming process, First national conference on new technologies in chemistry and petrochemistry, 1392. (Persian)
17. Mbodji, M, Commenge, J.M, Falk, L, Di Marco, D, Rossignol, F, Prost, L, Valentin, S, Joly, R, Del-Gallo, P, 2012, Steam methane reforming reaction process intensification by using a millistructured reactor: Experimental setup and model validation for global kinetic reaction rate estimation.
18. http://www.fischer-tropsch.org/primary-documents/presentations/acs2001_chicago/chic_ slide04.htm
19. Abadi, Mohammad Taghi, Irani, Mohammad, Tavassoli, Ahmad, Technical and Economic study of existing recovery methods of flare gas in a sample refinery, 6th International conference on new approaches to energy conservation –Itech, 1395. (Persian)

www.SID.ir