



## بازیافت انرژی در واحد تصفیه گاز با استفاده از شبکه مبدل گرمایی

علی اصغر روحانی<sup>۱</sup>، هومن بهمن پور<sup>۲</sup>، سینا طباطبائی<sup>۳</sup>، مرتضی تاجریان<sup>۱</sup>، محمد رضا شعبانی<sup>۱</sup>

پژوهشگاه صنعت نفت، پژوهشکده توسعه فناوریهای پالایش

rohaniaa@ripi.ir

### چکیده

یکی از مشکلات پالایشگاه گاز مسجد سلیمان، پایین بودن میزان انتقال حرارت میان جریان های آمین احیا شده (Lean DEA) و آمین غنی (Rich DEA) در مبدل معروف آمین-آمین (Lean/Rich Exchanger) می باشد که نتیجه آن افزایش مصرف برق در کولر هوایی خنک کننده حلال در گردش است. در حال حاضر میزان برق مصرفی در کولر هوایی مذکور حدود ۲۰۵ کیلو وات می باشد که هزینه سالیانه مصرف برق برای این تجهیز با احتساب هزینه تعمیر و نگهداری، برابر با ۱۰۰۴۱۴۸ دلار خواهد بود که قابل توجه می باشد. در این مقاله اصلاح شبکه مبدل های گرمایی با هدف بازیافت انرژی برای واحد تصفیه گاز انجام شده است. در این مقاله پیشنهاد شده که با استفاده از مبدل گرمایی پوسته لوله که در ابتدای فرآیند قرار می گیرد، دمای جریان آمین غنی از ۳۲ درجه سانتیگراد تا ۴۶ درجه سانتیگراد افزایش یابد که در اینصورت شاهد افزایش انتقال حرارت در مبدل آمین-آمین خواهیم بود. براساس نتایج بدست آمده در صورت بکارگیری مبدل گرمایی جدید، میزان انتقال حرارت در مبدل آمین-آمین ۳۸ درصد افزایش خواهد یافت. افزایش میزان انتقال حرارت در مبدل آمین-آمین برابر است با کاهش قابل ملاحظه دمای حلال که در اینصورت دیگر لزومی برای استفاده از کولر هوایی جهت خنک سازی حلال آمینی نبوده و این تجهیز از فرآیند حذف می گردد. از طرفی با حذف کولر هوایی از فرآیند، کلیه هزینه های عملیاتی ناشی از آن نیز از سیستم کسر و از مصرف برق در آن نیز جلوگیری بعمل خواهد آمد.

واژه‌های کلیدی: بازیافت انرژی، اصلاح شبکه مبدل گرمایی، واحد تصفیه گاز، مبدل گرمایی

۱- عضو هیات علمی پژوهشگاه صنعت نفت

۲- مربی گروه مهندسی شیمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شاهرود

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی شیمی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شاهرود



## ۱- مقدمه

بکارگیری روش‌های خاص به منظور تعیین راه حل موثر و اقتصادی یک مسئله در یک فرایند را بهینه‌سازی می‌گویند. بهینه‌سازی از عمده‌ترین ابزار تصمیم‌گیری در صنایع می‌باشد، بهینه‌سازی با انتخاب بهترین جواب یا راه حل از میان جواب‌های ممکن با بکارگیری روش‌های موثر کمی سر و کار دارد. البته رایانه و نرم‌افزارهای مرتبط با موضوع، محاسبات لازم را امکان‌پذیر و با حداقل هزینه انجام می‌دهند [۱].

حفظ انرژی در طراحی یک واحد شیمیایی همواره یکی از مهمترین موارد مورد توجه می‌باشد به علاوه تعیین کمترین مقدار انرژی گرمایی و سرمایی مورد نیاز یک پروسه از اصلی‌ترین محاسبات برای تعیین مقدار ذخیره انرژی است بنابراین اصلاح شبکه مبدل‌های گرمایی یکی از عوامل مهم در طراحی‌های اقتصادی می‌باشد [۲ و ۳].

## ۲- مسئله تحقیق

یکی از معایب طراحی واحد تصفیه گاز پالایشگاه مسجد سلیمان را می‌توان عدم استفاده از تکنیک‌های مرتبط با مبحث بهینه‌سازی انرژی از جمله اصلاح شبکه مبدل حرارتی دانست، که منجر به تحمیل هزینه‌های بسیار زیاد و هدر رفت سرمایه می‌شود. این در حالی است که می‌توان با استفاده از اصلاح شبکه مبدل گرمایی (Pinch) بر هزینه‌هایی از این دست فائق آمد. بطور کلی می‌توان ضرورت انجام تحقیق را، کاهش مصرف انرژی بیان نمود. در واحد مذکور جهت خنک‌سازی جریان آمین احیا شده از یک کولر هوایی استفاده می‌شود که بر اساس نتایج شبیه‌سازی مصرف سالانه برق در آن برابر با ۱۶۴۴۴۴۴ کیلووات بوده که بر اساس قیمت هر کیلووات ساعت برق، هزینه سالانه مصرف برق در کولر هوایی فوق‌الذکر با توجه به انرژی مصرفی در آن، معادل با ۹۸۶۶۶۷ دلار برآورد گردیده. جهت درک مسئله برآورد هزینه‌های کولر هوایی مذکور به قرار زیر می‌باشد:

۸۰۰۰ (دوره کارکرد) × قیمت هر کیلووات ساعت [۴] × میزان برق مصرفی در کولر هوایی [۵] = هزینه مصرف برق

دلار در سال ۹۸۶۶۶۷ = ۸۰۰۰ × \$ ۰/۰۶ × ۲۰۵/۵۶ = هزینه مصرف برق

۱۷۴۸۱ دلار در سال = هزینه‌های عملیاتی کولر هوایی حلال (اطلاعات گرفته شده از پالایشگاه)

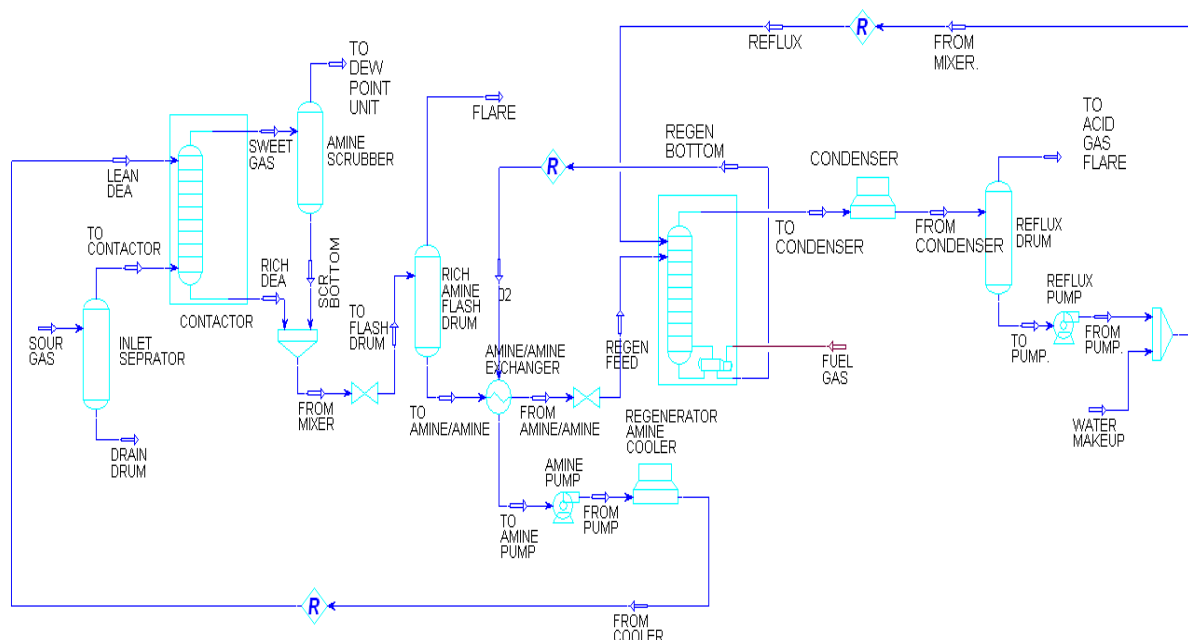
۳۲۸۴۷ دلار = هزینه تجهیزات (اطلاعات گرفته شده از پالایشگاه)

## ۳- شرح فرآیند

ابتدا گاز ترش که با فشار ۴۱۶۹ کیلو پاسکال و دمای ۲۵ درجه سانتیگراد وارد جداکننده دو فازی شده و مقداری از مایعات همراه آن جداسازی می‌شوند سپس گاز خروجی از بالای جداکننده از زیر سینی اول (شماره گذاری از پایین به بالا است) وارد تماس دهنده آمین می‌شود و در تماس با محلول ۳۰٪ وزنی دی اتانول آمین قرار گرفته و با دمای ۵۴/۵ درجه سانتیگراد از بالای تماس دهنده خارج شده و جهت از دست دادن مایعات احتمالی وارد شستشو دهنده می‌شود (شکل شماره ۱). محلول آمین غنی که از پایین برج تماس دهنده خارج شده ابتدا وارد یک شیر فشار شکن می‌شود و تا فشار ۴۴۶ کیلو پاسکال فلش می‌شود سپس جهت تفکیک مقداری از گازهای سبک محلول وارد جداکننده آمین می‌شود، جریان گاز خروجی از این جداکننده مستقیماً و بطور پیوسته به فلر ارسال شده و جریان مایع خروجی با دمای ۳۲ درجه سانتیگراد به مبدل معروف آمین/ آمین ارسال می‌گردد (در این مبدل که از نوع پوسته-لوله می‌باشد محلول آمین در تماس با محلول آمین احیا شده می‌بایست تا دمای ۱۰۰ درجه سانتیگراد پیشگرم شود ولی به دلیل سرد بودن محلول خروجی از پایین برج تماس دهنده این مبدل قادر به پیش گرم نمودن تا دما ۱۰۰ درجه سانتیگراد نبوده و در بهترین حالت می‌تواند جریان آمین غنی را تا دمای ۷۵ درجه سانتیگراد گرم نماید). در ادامه محلول آمین پیشگرم شده از روی سینی سوم (شماره گذاری از بالا به



پایین) وارد برج احیا آمین شده و طی ۲۰ مرحله (بدون در نظر گرفتن کندانسور و ریبولر) عملیات دفع گازهای اسیدی از محلول آمین غنی شده صورت می‌گیرد، فشار بالای برج احیا ۱۷۷/۲ کیلو پاسکال و فشار ریبولر ۱۸۸/۹ کیلو پاسکال کنترل می‌شود. محصول خروجی از کندانسور این ستون (کندانسور از نوع برگشتی کامل است) گاز اسیدی بوده که مجدداً بطور پیوسته به فلر ارسال می‌شود. خروجی از این ستون سینی دار آمین احیا شده است که با دمای ۱۲۰ درجه سانتیگراد به مبدل آمین/آمین ارسال می‌گردد [۵].



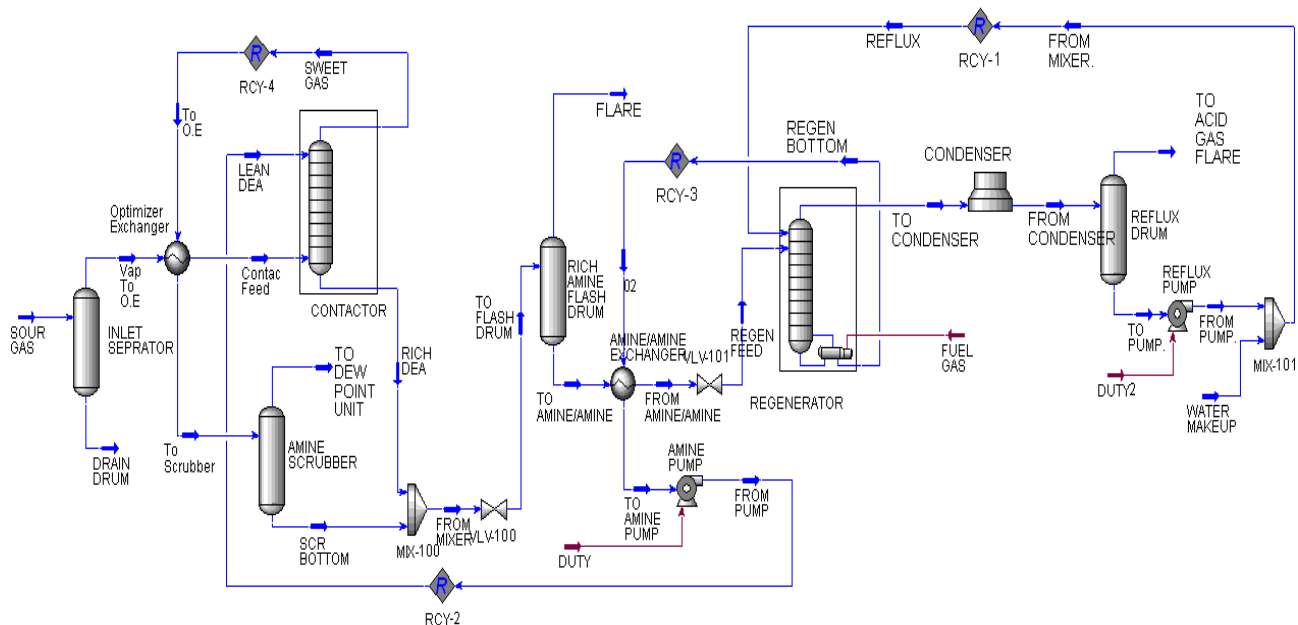
شکل ۱: واحد تصفیه گاز در محیط نرم افزار Hysys

## ۴- بازیافت انرژی و اصلاح شبکه مبدل گرمایی

جهت تعریف یک سناریو برای کاهش مصرف انرژی ابتدا می‌بایست فرآیند فعلی شبیه‌سازی و انرژی‌های موجود برای هر تجهیز و جریان‌های فرآیندی مورد بررسی قرار گیرد. با توجه به اینکه دلیل اصلی مشکلات فرآیندی پایین بودن دمای گاز ترش ورودی می‌باشد، پس باید با استفاده از روشی اقدام به گرم نمودن این جریان نماییم. پس از بررسی جریان‌های موجود در فرآیند می‌توان گفت که جریان گاز شیرین خروجی از بالای برج جذب دارای انرژی کافی برای گرم نمودن جریان گاز ترش را دارد (واکنش‌های جذب که میان حلال آمین و گازهای اسیدی رخ می‌دهند گرمازا بوده و در نتیجه دمای جریان‌های خروجی از برج جذب دارای دمای بالاتری نسبت به جریان‌های ورودی می‌باشند). در حال حاضر متوسط دمای گاز شیرین بالای برج جذب برابر با ۵۴ درجه سانتیگراد بوده که دارای اختلاف فاحشی با دمای گاز ورودی می‌باشد و می‌توان از این اختلاف دما به نفع فرآیند استفاده نمود. تا این مرحله جریان مورد نظر شناسایی شده و در مرحله دوم باید دو جریان مذکور با یکدیگر تبادل حرارت نمایند. مبدل حرارتی پوسته/لوله مناسبترین تجهیز بوده و می‌تواند بهترین سطح انتقال حرارت را برای بیشترین تبادل حرارت فراهم نماید. در مرحله سوم شبیه‌سازی فرآیند این بار با اضافه شدن یک مبدل حرارتی (optimizer exchanger) که مکان آن نیز قبل از برج جذب می‌باشد صورت گرفت (شکل شماره ۲) که بر این اساس در این مبدل گرمایی جریان‌های گاز شیرین با دمای ۵۴/۴۵ و گاز ترش با دمای ۲۹ درجه سانتیگراد با هم تبادل حرارت می‌نمایند.



بدلیل افزایش دمای محلول Rich DEA، تبادل حرارت در مبدل آمین/آمین با کیفیت بهتری صورت گرفته که این امر خود را بصورت افزایش دمای خوراک برج احیا آمین تا ۱۱۵ درجه سانتیگراد نشان می‌دهد، افزایش تبادل گرما در مبدل آمین/آمین برابر است با کاهش دمای جریان ورودی به کولر هوایی (کولر حلال در گردش). براساس نتایج شبیه سازی در صورت استفاده از روش ارائه شده در این مطالعه، دمای جریان ورودی به کولر هوایی به ۴۹ درجه سانتیگراد می‌رسد که در اینصورت دیگر نیازی به استفاده از کولر هوایی نبوده و این جریان مستقیماً به برج جذب گاز ارسال می‌گردد.



شکل ۲: شماتیک شبیه سازی طرح ارائه شده Aspen Hysys

## ۵- نتیجه گیری

از مقایسه شکل های ۱ و ۲ می‌توان گفت که بر اساس طرح ارائه شده در این تحقیق میزان بازیافت انرژی در واحد تصفیه گاز پالایشگاه گاز مسجدسلیمان قابل توجه بوده و از نظر اقتصادی و عملیاتی، طرح پیشنهادی ارجحیت داشته و با توجه به حداقل بودن هزینه سرمایه گذاری و سادگی طرح می‌توان در گامی فراتر جهت اجرایی شدن آن اقدام نمود.

## مراجع

- [1] Dumas J. Engineering and energy saving: energy efficiency in the cement industry. Appl Sci 1990:109–17.
- [2] Lowes TM, Bezant KW. Energy management in the UK cement industry. Appl. Sci.. In: Sirchis J, editor. Energy efficiency in the cement industry. London, England: Elsevier; 1990
- [3] Worell E, Martin N, Price L. Potential for energy efficiency improvements in the United States cements industry. Energy 2000;25(12):189–1214.
- [4] www.DOE.com
- [5] Documents of MIS GAS TREATING PLANT, DWG NO.6105-TR-PR- D-2814-00-02



# چهارمین کنفرانس مشعل و کوره های صنعتی

تهران، ۲۹ خرداد ۱۳۹۳ هجری: هم اندیشان انرژی کیمیا

[www.Koureh.ir](http://www.Koureh.ir)

تلفن تهران: ۸۸۶۷۱۶۷۶

[www.Koureh.ir](http://www.Koureh.ir)