نشریه علمی (فصلنامه) «انرژی ایران»
دوره ۲۷، شماره۱، بهار ۱۴۰۳، صفحه ۴۷-۶۱

بهینه‌سازی انرژی در واحد ایزومریزاسیون پالایشگاه نفت ستاره خلیج فارس با استفاده از فناوری پینچ

سمیه حاج‌غنی[۱]، محمدرضا مزدیان‌فرد[۲]، عبداله ایرانخواه[۳]

تاریخ دریافت:
۱۴۰۲/۱۲/۲۷
تاریخ پذیرش:
۱۴۰۳/۰۶/۰۵
کلمات کلیدی:
ایزومریزاسیون
فناوری پینچ
مبدل‌های حرارتی
بهینه‌سازی
صرفه‌جویی انرژی
سرویس‌های جانبی

چکیده

فرایند ایزومریزاسیون با محدود کردن بنزن، آروماتیک و اولفین در بنزین، سبب افزایش عدد اکتان و کاهش مسائل زیست‌محیطی می‌شود. در تحقیق پیش رو، اصلاح فرایند ایزومریزاسیون به منظور بهینه‌سازی مصرف انرژی آن در پالایشگاه نفت ستاره خلیج فارس با استفاده از فناوری پینچ، مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به تحلیل پینچ، طرحی اصلاحی بر روی مبدل‌های بخش احیاء خشک‌کن خوراک و گاز جبرانی که بیشترین حرارت عبور از پینچ داشتند، پیشنهاد شد. در نتیجه از یک مبدل جدید برای بهینه‌سازی مصرف انرژی استفاده شد، که در اثر اعمال آن میزان عبور از پینچ ۱۹/۳٪ و میزان مصرف سرویس‌های جانبی ۳/۶۱٪ کاهش یافت. مبدل جدید با حذف بخار فشار متوسط در واحد، سبب صرفه‌جویی ۲۱۰.۹۵۵ دلار در سال با برگشت سرمایه ۷ ماهه شد. این پیشنهاد به دلیل صرفه اقتصادی آن بسیار کارآمد و مفید است.

۱. دانشجوی دکتری مهندسی شیمی، دانشگاه کاشان، کاشان
۲. دانشیار مهندسی شیمی، دانشگاه کاشان، کاشان
۳. دانشیار مهندسی شیمی، دانشگاه کاشان، کاشان irankhah@kashanu.ac.ir

۱ مقدمه

به‌منظور تولید بنزین با کیفیت و مطابق مسائل محیط زیستی مطروحه در دهه ۸۰ میلادی، و به‌دلیل تاکید بر حذف و کاهش بنزن، ترکیبات آروماتیکی، الفینی و گوگرد و در عین حال افزایش عدد اکتان با تکمیل فرآیند ریفورمینگ کاتالیزوری در بنزین معمولی، به‌کارگیری فرآیند ایزومریزاسیون در جهان رو به توسعه است. در ایزومریزاسیون هیدروکربن‌ها به ایزومرهای خود که فرمولی مشترک ولی ساختمان و یا

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-01-29]

ترتیب مولکولی متفاوت دارند، تبدیل می‌شوند. واکنش‌های ایزومریزاسیون از نوع تعادلی هستند به‌طوریکه در دمای پایین، تولید بیشتر ایزومر یا تبدیل بیشتر هیدروکربن‌های خطی به ایزومر افزایش می‌یابد.

با افزایش جمعیت کره‌ی زمین، مصرف بیش از حد انرژی، کاهش منابع تجدیدپذیر و افزایش قیمت سوخت، نیاز به صرفه‌جویی انرژی از اهمیت خاصی برخوردار است. مدیران صنایع همواره تلاش می‌کنند که این مهم را با استفاده از روش‌های جدید بهینه‌سازی به‌دست آورند. یکی از این روش‌ها استفاده از انتگراسیون فرایند است. به کل نگرش انتگراسیون، فرآیندی می‌گویند که به وضوح نقش کلیدی در بهبود بازیابی انرژی و کاهش هدر رفت در فرایندهای شیمیایی دیده شود. انتگراسیون فرآیندی سه رویکرد دارد: ۱) روش‌های گرافیکی شامل تحلیل پینچ، ۲) روش‌های برنامه نویسی ریاضی به کمک کامپیوتر و ۳) روش‌های تلفیقی از هر دو (تریق‌السلامی[4] و همکاران ۲۰۱۷). از تحلیل پینچ می‌توان برای تجمیع انرژی و بهبود طراحی شبکه مبدل‌های حرارتی، استفاده کرد. تحلیل پینچ به‌معنی به‌کارگیری مفاهیم ترمودینامیکی به‌منظور کاهش هزینه‌های انرژی و بالا بردن میزان بازدهی فرایندهای جاری با بهره‌گیری از نوآوری و خلاقیت در یک مجموعه انرژی‌بر صنعتی می‌باشد. استفاده از فناوری پینچ در واحدهای فرآیندی که به طور همزمان نیازهای گرمایشی و سرمایشی وجود دارد، می‌تواند تاثیر ویژه‌ای بر روی افزایش بازدهی بگذارد (وورل و گلیستکی[5] ۲۰۰۵). اساس کار فناوری پینچ رسم نمودار آنتالپی–دما می‌باشد که در آن جریان‌های گرم و سرد در کنار یکدیگر نمایش داده می‌شوند (مهدیزاده‌فرد[6] و همکاران ۲۰۱۷).

فنگ و همکارانش با استفاده از فناوری پینچ میزان مصرف سرویس‌های جانبی گرم و سرد را به ترتیب ۳۴/۲٪ و ۲۶/۲٪ کاهش دادند (فنگ[7] و همکاران ۲۰۱۱). رضاییان و همکارانش بر روی بخش دفع واحد تصفیه هیدروژنی نفتا پتروشیمی بوعلی با استفاده از انتگراسیون حرارتی به‌منظور بهینه‌سازی مصرف انرژی با استفاده از نرم افزار Aspen HYSYS تحقیق و بررسی انجام دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که می‌توان بجای کولر هوائی از سرمایش خوراک ورودی استفاده کرد و کولر هوایی را حذف نمود که در نتیجه‌ی آن مصرف برق نیز کاهش می‌یابد. از طرفی به دلیل تبادل حرارت با بخار بالاسری برج و افزایش دمای خوراک، منجر به کاهش ۳۸٪ مصرف سوخت در ریبویلر می‌شود و دمای کل برج افزایش می‌دهد (رضائیان[8] و همکاران ۲۰۱۴). در مطالعه‌ای، برای نشان دادن اهمیت بهینه‌سازی مصرف انرژی، دو حالت در سیستم شبکه مبدل‌ها برای واحد تقطیر در نظر گرفتند: حالت اول (پایه) قبل از انجام تغییرات و حالت دوم (اصلاحی) بعد از انجام تغییرات می‌باشد. تغییرات حالت دوم شامل اضافه کردن ۳ مبدل حرارتی و ۱ کوره، بهبود بخشیدن ۲ فن هوایی و جایگزین کردن ۶ مبدل حرارتی جدید به جای مبدل‌های فرسوده می‌باشد که این تغییرات سبب کاهش انتقال حرارت عبوری از پینچ به میزان ۱۷ MW شد (استواری‌طلب[9] ۲۰۱۶). وورل[10] و گلیستکی[11] انرژی مصرفی پالایشگاه‌ها و چگونگی مصرف بهینه جهت دستیابی به بهبود کارایی انرژی را مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها یافتند که کاهش قابل توجهی در مصرف انرژی با بهبود شرایط عملیاتی در تجهیزات صنعتی قابل دستیابی است (وورل و گلیستکی۲۰۰۵). پرومویتاک[12] و همکارانش در مطالعه‌ای با طراحی اصلاحی بر روی شبکه مبدل‌های حرارتی توانستند ۱/۳٪ برای تجهیزات گرمایی و ۲/۸٪ برای کولرها صرفه‌جویی انرژی داشته باشند (پرومویتاک و همکاران ۲۰۱۹)

قاضی زاهدی و حیاتی اصلاح شبکه مبدل‌های حرارتی در واحد ایزومریزاسیون با استفاده از فناوری پینچ به منظور کاهش مصرف سرویس‌های جانبی مورد مطالعه قرار دادند. آن‌ها دریافتند انتقال حرارت از یک سرویس جانبی سرد به یک سرویس جانبی گرم به وسیله یک پمپ حرارتی افزایش می‌یابد (قاضی زاهدی و حیاتی[13] ۲۰۱۸). همچنین آن‌ها در تحقیق دیگری با استفاده از یک پمپ حرارتی در

[4] Tarighaleslami
[5] Worrell E. and Galitsky
[6] Mehdizadeh-Fard
[7] Feng
[8] Rezaeiyan
[9] Ostovaritalab
[10] Worrell
[11] Galitsky
[12] Promvitak
[13] Ghazizahedi, and Hayati-Ashtiani

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-01-29]

واحد ایزومریزاسیون سبب بهینه‌سازی انرژی با استفاده از فناوری پینچ شدند. آن‌ها دریافتند در اثر اعمال این پمپ حرارتی میزان مصرف سرویس‌های جانبی گرم و سرد ۰/۶۳٪ و ۰/۳۳٪، و میزان حرارت عبور از پینچ ۱۱/۳٪ کاهش می‌یابد (قاضی زاهدی و حیاتی ۲۰۲۲) پژوهشگری در مطالعه‌ای، واحد ایزومریزاسیون را از نظر مصرف انرژی در یکی از پالایشگاه‌های ایران با فناوری پینچ مورد بررسی قرار داد. او دریافت که این واحد در حال حاضر ۲۴/۶ MW عبور از پینچ وجود دارد. همچنین گزارش کرد با حذف مبدلی که عبور از پینچ داشت و جایگزینی مبدل جدید، ۷۵۶۸۶ دلار در سال در هزینه‌های واحد صرفه‌جویی می‌شود و دوره بازگشت این طرح ۱۶/۶ ماه است (یگانگی[14] ۲۰۱۸)

اصلاح شبکه مبدل‌های حرارتی به‌وسیله اضافه کردن سطح به قسمت پوسته یا لوله و یا هردوی آنها به منظور بهبود انتقال حرارت در مبدل‌ها توسط ونگ و همکارانش مورد بررسی قرار گرفت. این روش بدون تغییری در مکان تجهیزات به‌دلیل عدم جایگزینی تجهیز و لوله‌کشی منجر به صرفه‌جویی انرژی شد و از افزایش هزینه‌های سرمایه‌گذاری جلوگیری کرد (ونگ[15] و همکاران ۲۰۱۲) در مطالعه‌ای، با استفاده از طراحی مدلی با نام مدل پیازی[16] بر مبنای گرمایش و سرمایش جریان‌های مواد، با استفاده از فناوری پینچ فرصت‌هایی برای صرفه‌جویی انرژی را معرفی کردند. در مدل پیازی با تعریف راکتور به‌عنوان مرکز پیاز، بار حرارتی گرمایشی و سرمایشی را با حرکت از مرکز به سمت لایه‌های بیرونی به‌دست می‌آید که بازیابی حرارتی را به‌همراه دارند. این روش طراحی فرایندی جدیدی را به همراه صرفه‌جویی در انرژی و هزینه سرمایه‌ای در پی داشت (ریخته‌گر و صدیقی[17] ۲۰۱۳).

بهبود بازدهی انرژی بر روی تحلیل کل سایت و اثرات اهداف کمینه بار حرارتی توسط لیو و همکارانش مورد مطالعه و بررسی قرار گرفت. در این روش آن‌ها یک الگوریتم آبشاری را در طراحی فرایند بهبود یافته استفاده کردند، که در نتیجه باعث کاهش ۶/۳۷٪ مصرف بخار فشار بالا، ۵۳/۳۱٪ مصرف بخار فشار متوسط و ۲۹/۲۴٪ مصرف آب خنک‌کننده نسبت به طراحی قبلی شد (لیو[18] و همکاران ۲۰۱۴). یانگ و همکارانش برای بهبود بازدهی انرژی، شبکه مبدل‌های حرارتی را مورد مطالعه قرار دادند و اصلاح فرایند به گونه‌ای انجام شد که در نمودار ترمودینامیکی دما–آنتالپی، جریان گرم به اندازه ΔT_{min} جابه‌جا شد، به‌طوری‌که ΔT_{min} در همه نمودار حفظ شد و هیچ کجا نقض ΔT_{min} وجود نداشت. در طراحی جدید میزان بار حرارتی سرمایشی از ۳۱۰kW به ۸۰kW کاهش و میزان بار حرارتی گرمایشی از ۵۶۰kW به ۳۳۰kW و میزان بازیابی انرژی به میزان ۲.۵۲۰kW افزایش پیدا کرده است (یانگ[19] و همکاران ۲۰۱۵).

چانگ و همکارانش تجزیه و تحلیل اکسرژی و پینچ را برای نشان دادن جریان حرارتی برگشتی واقعی و بهینه‌سازی انتگراسیون حرارتی انجام دادند. علاوه بر این، اکسرژی و بازیافت انرژی برای هر واحد فرآیند ارزیابی شد. نتایج آن‌ها نشان داد که بازده اکسرژی کل برای کلیه محصولات در فرآیند ۹۲/۲۴٪ است. انرژی به‌دست‌آمده از محصول هدف ۴۰ MW است که ۶۸٪ انرژی تمام محصولات را تشکیل می‌دهد. انتگراسیون حرارتی سبب ۲۰ MW صرفه‌جویی انرژی و بالا بردن بهره‌وری سرویس جانبی تا ۸۱٪ شد (یوهوسان[20] و همکاران ۲۰۲۱) در کار دیگری، یک الگوریتم دو سطحی تکاملی برای بهسازی شبکه مبدل حرارتی پیشنهاد شد. الگوریتم ژنتیک برای بهینه‌سازی موقعیت استفاده شد و یک الگوریتم تکامل تفاضلی، بارهای حرارتی را کنترل می‌کرد. این الگوریتم با محدودیت‌های عملی مانند حداکثر تعداد مبدل‌های حرارتی را درنظر گرفته شد. این الگوریتم با موفقیت در یک مطالعه موردی صنعتی اعمال شد و هزینه کل سالانه آن را تقریباً ۶۶٪ کاهش داد (جان[21] و همکاران ۲۰۲۲)

[14] Yeganegi
[15] Wang
[16] Onion model
[17] Rikhtegar F.S. and Sadighi
[18] Liew
[19] Yong
[20] Yu-Hsuan
[21] Jan

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-01-29]

در مطالعه‌ای با استفاده از اطلاعات موجود در فرایند تولید ایزومریت، تاثیر دمای راکتور را بر روی افزایش عدد اکتان ارزیابی کرده و گزارش دادند. آن‌ها متغیرهای فرایندی موثر بر مقدار عدد اکتان به سه بخش تقسیم‌بندی کردند: ناخالصی خوراک، بهره‌برداری از راکتور ایزومریزاسیون، بهره‌برداری از برج ایزوهگزان‌زدا. همچنین با استفاده از الگوریتم‌های ماشینری لرنینگ[22] مدلی برای ارتباط بین عدد اکتان و دمای راکتور با سایر متغیرها ارائه کردند، و نشان دادند که با انتخاب دمایی با این مدل و حفظ بقیه شرایط، عدد اکتان را به میزان ۰/۲ افزایش داده که منجر به افزایش سود سالانه ۵۲۸.۰۰۰ دلار آمریکا شد (احمت و متین[23] ۲۰۲۱). در مطالعه دیگری، روشی ناهمگن در تکنیک آموزش ماشین (Stacking-based) برای پیش‌بینی عدد اکتان ارلئه کردند. ابتدا، از یک الگوریتم تلفیقی[24] از جستجوی توالی روبه‌جلو[25] (SFS) با توجه به امتیازهای مهم برای کاهش ابعاد مجموعه داده‌ها استفاده کردند. سپس، داده‌ها انتخاب شده را در مدل پیشنهادیشان به‌کارگرفتند و با آزمایش‌های فرآیند پالایش بنزین نشان‌دادند که این روش می‌تواند با دقت اتلاف عدد اکتان را در محصول پیش‌بینی‌کند (شائوز[26] و همکاران ۲۰۲۱). در تحقیق دیگری، یک مدل تطبیقی مبتنی بر داده[27] برای پیش‌بینی متغیرهای نشان‌دهنده کیفیت بنزین در فرآیند ایزومریزاسیون نفتای سبک و تعیین شرایط بهینه منجر به بهبود کیفیت بنزین ارائه‌شد. برای این منظور، یک روش یکپارچه مبتنی بر معیار دو سطحی و رگرسیون بردار پشتیبان (DLS-SVR) پیشنهاد شد. شرایط بهینه با استفاده از مدل DLS-SVR و الگوریتم ارزیابی بهینه‌سازی (CPSO) محاسبه گردید. آن‌ها اعلام کردند، عملکرد بهینه راکتور می‌تواند باعث افزایش ۶/۷۸ واحدی در عدد اکتان بنزین و کاهش ۰/۳۹۴٪ BVP بشود. درعین‌حال نتایج نشان‌داد که مدل DLS-SVR می‌تواند متغیرهای نشان‌دهنده کیفیت بنزین ایزومریت را به دقت پیش‌بینی‌کند (عبدالکریمی[28] و همکاران ۲۰۲۲)

پالایشگاه نفت ستاره خلیج‌فارس نخستین پالایشگاه کشور بر اساس خوراک میعانات گازی با ظرفیت ۳۶۰ هزاربشکه در روز طراحی شده‌است. این پالایشگاه شامل واحدهای تقطیر، پالایش گاز مایع، تبدیل کاتالیستی، پالایش نفتا، ایزومریزاسیون، پالایش نفت سفید و نفت گاز، با هدف تولید بنزین، گازوییل، گاز مایع و سوخت جت در بندرعباس ساخته شد. خوراک مورد نیاز این پالایشگاه با یک خط لوله به طول ۳۸۸ کیلومتر و به قطر ۳۶ اینچ با ظرفیت دریافت ۴۸۰ هزار بشکه در روز از پالایشگاه‌های گاز پارس جنوبی تأمین‌می‌شود. این پالایشگاه از سال ۱۳۸۵ به ثبت رسید و در پایان سال ۱۳۹۷ سه فاز نخست آن به بهره‌برداری رسید و اکنون یکی از مدرن‌ترین پالایشگاه‌های خاورمیانه، و بزرگ‌ترین پالایشگاه میعانات گازی جهان است.

با توجه به اینکه ایران با بهره‌برداری از پالایشگاه نفت ستاره خلیج فارس در تولید بنزین به خودکفایی دست یافته است، طبیعی‌ست استفاده از طرح‌های بهینه‌سازی در جهت افزایش بازدهی و کاهش مصرف انرژی را مدنظر قرار دهد. واحد ایزومریزاسیون پالایشگاه ستاره خلیج فارس با فرایند پنکس[29]، تحت لیسانس[30] شرکت UOP، در سال ۲۰۱۳ میلادی طراحی شده و در اختیار مهندسان پالایشگاه قرارگرفت. با توجه به تاخیرهای جدی در طراحی و اجرای طرح‌های توسعه‌ای در ایران، این احتمال وجود دارد که بهینه‌سازی انرژی با آخرین فناوری تحلیل پینچ در طراحی این فرایند استفاده نشده باشد. چنانچه در فایل دستورالعمل فرایند ایزومریزاسیون UOP، هیچ اشاره‌ای به این‌گونه بهینه‌سازی و به‌کارگیری فناوری پینچ نیز نشده است. بنابراین، در این مطالعه پیشنهاد به بهینه‌سازی انرژی با کمک فناوری پینچ و نرم‌افزار Aspen Energy Analyzer V9 می‌شود. ستاره خلیج فارس اولین پالایشگاه با خوراک میعانات گازی در ایران طراحی شده، و این پژوهش برای اولین بار در این واحد صورت خواهد گرفت. با توجه به اینکه این پالایشگاه بزرگترین از نوع خود در جهان است، و همچنین

[22] machine learning
[23] Ahmet C. S. and MetinT.
[24] fusion
[25] Sequence forward search
[26] Shaoze
[27] Data-driven
[28] Abdolkarimi
[29] Penex
[30] Licence

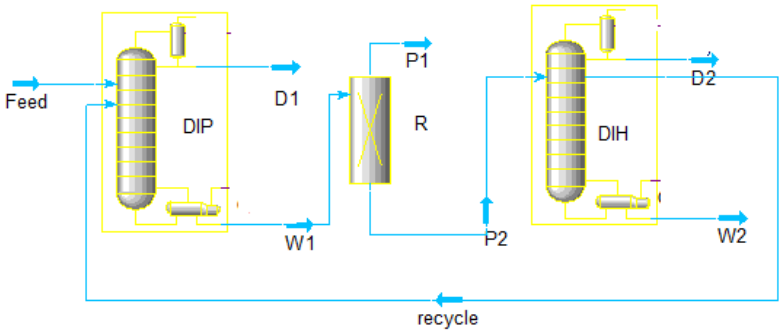
[Downloaded from necjournals.ir on 2026-01-29]

احتمال اینکه پالایشگاه‌های شبیه ستاره خلیج فارس در ایران توسط متخصصین ایرانی بازسازی شود، دستاوردهای این مطالعه می‌تواند در طراحی بهینه آن، مورد استفاده قرارگیرد.

۲. شرح فرایند ایزومریزاسیون

واحد ایزومریزاسیون در این تحقیق تحت لیسانس شرکت UOP می‌باشد. هدف از تاسیس این واحد کاهش بنزن و گوگرد موجود در نفتای سبک می‌باشد. ابتدا نفتای سبک با عبور از مبدل E-01، دمای آن تا ۸۴ °C افزایش می‌یابد و سپس وارد برج ایزوپنتان‌زدا[31] می‌شود تا ایزوپنتان از نفتای سبک جدا شود. محصول خروجی بالای برج، پس از عبور از کولر هوایی وارد مخزن ذخیره گردیده، و بخشی از جریان خروجی پایین برج ایزوپنتان‌زدا پس از عبور از ریبویلر به برج برگشت داده می‌شود و بخش دیگر نیز با برشی از برج ایزوهگزان‌زدا[32](به‌منظور بدست آوردن محصول با اکتان بالا) مخلوط شده و پس از خنک‌شدن در چندین مبدل، به عنوان خوراک وارد خشک‌کن‌های خوراک می‌شود تا مواد سمی را از خوراک و هیدروژن جبرانی حذف کند و از غیرفعال شدن کاتالیست ممانعت نماید. خشک‌کن‌های خوراک که حاوی ماده HPG-250 هستند، سبب جذب ملکول‌های اکسیژن‌دار (مانند آب) و ترکیبات گوگرددار می‌شوند.

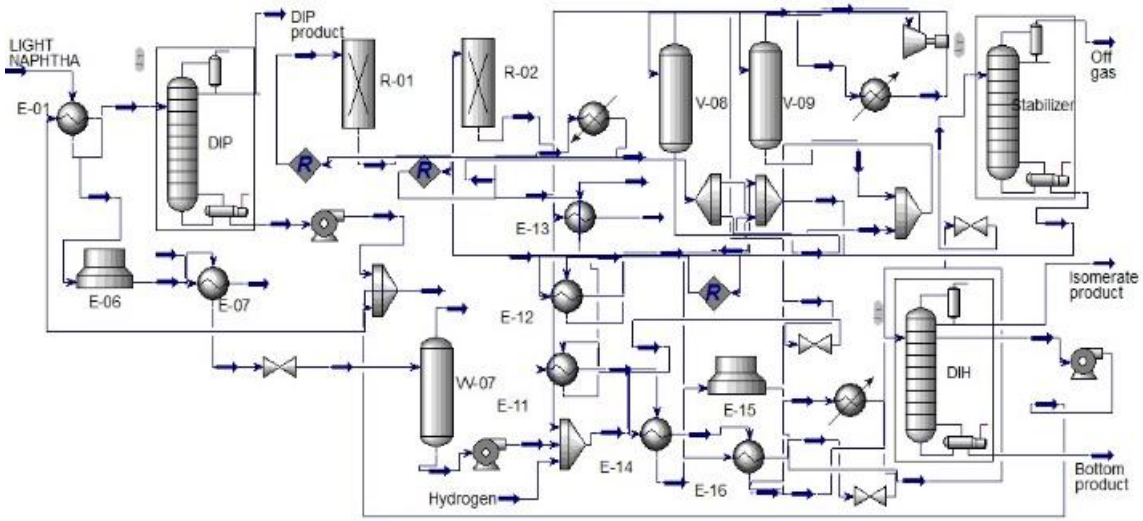
برای تامین گاز هیدروژن در راکتورهای (R-01 & R-02) واحد ایزومریزاسیون، گاز جبرانی و هیدروژن از قسمت متانیتور وارد شده و پس از افزایش فشار در کمپرسور وارد خشک‌کن می‌شوند. جریان هیدروژن و جریان خوراک با یکدیگر مخلوط شده و وارد دو راکتور سری (R-01 & R-02) می‌گردد. با توجه به این‌که واکنش‌های هیدروژن دهی گرماده می‌باشند، دمای جریان بعد از خروج از راکتور باید کاهش یابد. جریان سپس وارد راکتور دوم می‌شود، و بعد از خارج شدن از راکتور، به برج ایزوهگزان‌زدا ارسال می‌شود. این برج برای بازیافت ایزوهگزان و پنتان‌ها می‌باشد. محصول بالاسری برج به عنوان محصول که بیشتر شامل پنتان‌ها و ۲-متیل بوتان است، به عنوان ایزومریت به مخازن ذخیره‌سازی ارسال می‌شود. محصول میانی برج به قبل از مبدل‌های حرارتی راکتورها برگشت داده می‌شود و جریان پایین برج به عنوان محصول به مخازن ارسال می‌گردد. دیاگرام جعبه‌ای و طرحواره واحد ایزومریزاسیون در شکل (۱) نشان داده شده است.



الف

[31] De-iso-pentanizer
[32] De-iso-hexanizer

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-01-29]



ب

شکل(۱): الف) دیاگرام جعبه‌ای و ب) طرحواره واحد ایزومریزاسیون

۳. فناوری پینچ

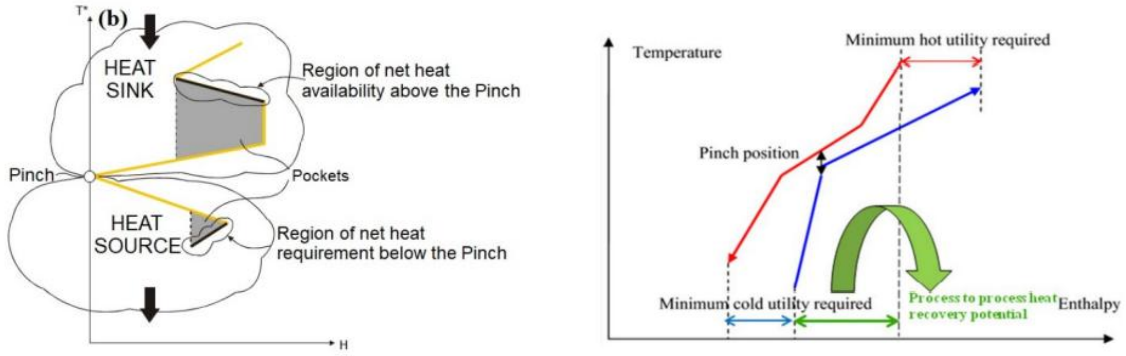
روش طراحی به وسیله فناوری پینچ، روشی مفید برای بهینه‌سازی مصرف انرژی می‌باشد. با استفاده از این روش که بر پایه ترمودینامیک است، می‌توان به کمترین مقدار سرویس‌های جانبی دست یافت که سبب کاهش هزینه‌ها نیز می‌شود. در ارزیابی فرایند به‌وسیله فناوری پینچ عموما مراحل زیر انجام می‌شود: ابتدا، اطلاعات موازنه جرم و انرژی از اطلاعات فرایند استخراج، و به اطلاعات حرارتی مرتبط با تحلیل پینچ منتقل می‌شوند. سپس، بهبود بازیابی حرارتی، که همان استفاده بهتر از سرویس‌های جانبی و تصحیحات فرایندی است، بر مبنای اهداف و انتخاب‌های اصلی تعریف شده، بررسی و تحلیل می‌گردند. پس از این دو مرحله، ارتباط قوی بین پینچ و فرایند ایجاد، و ایده‌های اصلی برای بهبود فرایند و ارزیابی اثر واقعی آن‌ها بر عملکرد واحد ارائه می‌شوند (عبدالکریمی و همکاران ۲۰۲۲)، (اسمیت[۳۳] ۲۰۰۵) و (ابراهیم و کواری[۳۴] ۲۰۰۰). اساس و پایه روش فناوری پینچ، رسم نمودار گرافیکی آنتالپی-دماست که منحنی جریان‌های سرد و گرم در کنار یکدیگر رسم می‌شوند. به این نمودار، نمودار مرکب [۳۵](CC) نامیده می‌شود (شکل ۲الف) که کمترین فاصله عمودی بین جریان‌های سرد و گرم را ΔT_{min} می‌نامند و نشان‌دهنده نقطه پینچ می‌باشد (کنگ[۳۶] و همکاران ۲۰۱۶). نقطه پینچ فرایند را به دو بخش، بالا و پایین پینچ تقسیم می‌کند. نمودار مرکب کل [۳۷](GCC) که از نمودار مرکب به‌دست‌می‌آید (شکل ۲ب)، بدین صورت‌است که اگر منحنی جریان‌های سرد به اندازه ½ ΔT_{min} به سمت بالا و منحنی جریان‌های گرم به اندازه ½ ΔT_{min} به سمت پایین منتقل شوند، این دو منحنی در نقطه پینچ با یکدیگر تماس برقرار می‌کنند، با ترسیم فاصله بین دو منحنی، نمودار مرکب کل حاصل می‌شود (منان[۳۸] و همکاران ۲۰۱۷). بخش بالای پینچ QH_{min} را نشان می‌دهد که به آن بخش چاه گرمایی[۳۹] گفته می‌شود، و بخش پایین پینچ QC_{min} را نشان می‌دهد که به آن بخش منبع گرمایی[۴۰] می‌گویند. فناوری پینچ، میزان و موقعیت صحیح سرویس‌های جانبی سرد و گرم را نشان می‌دهد، تا از اتلاف انرژی جلوگیری کند (قاضی زاهدی و حیاتی ۲۰۲۲).

---

33 Smith
34 Ebrahim, and Kawari
35 Composite Curves
36 Kang
37 Grand Composite Curve
38 Mnan
39 Heat sink
40 Heat source

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-01-29]

برای افزایش بازیابی حرارتی قوانین پینچ مطرح شدند که قاعدتا برای بازیابی بهتر حرارت و کاهش هزینه‌ها می‌بایستی به‌کارگرفته شوند. در این پژوهش روش مشابه در تحلیل پینچ برای بررسی شبکه مبدل‌های حرارتی در واحد ایزومریزاسیون استفاده شده است.



ب الف

شکل(۲)-الف) نمودار مرکب (کتاب آنالیز پینچ ۲۰۰۳) ب) نمودار مرکب کل (هرارا[41] و همکاران ۲۰۱۳)

٤. بحث و نتایج

قاعدتا در مطالعات بهینه‌سازی، طراحی اولیه به عنوان طرح پایه درنظرگرفته می‌شود. در این پژوهش، اطلاعات موجود در نمودار جریان فرایند[42] که توسط UOP طراحی شده است به عنوان طرح پایه نظرگرفته شد. برای تجزیه و تحلیل شبکه مبدل‌های حرارتی ابتدا اطلاعاتی شامل بار حرارتی، دماهای ورودی و خروجی در یک برنامه اکسل (جدول (۱))، جمع‌آوری شد و سپس این اطلاعات به نرم‌افزار Aspen Energy Analyzer V9 منتقل شد.

مطابق جدول (۱)، فرایند ایزومریزاسیون در این پژوهش ۲۸ مبدل حرارتی دارد، که تعداد مبدل‌های فرایندی، سرد کننده (شامل کولر هوایی و آب خنک‌کن) و گرم‌کننده (شامل بخار فشار بالا، متوسط و پایین و هیتر برقی) به ترتیب برابر ۶، ۱۴ و ۸ عدد می‌باشد. مساحت سطح هر مبدل توسط بار حرارتی مبدل و فرمول (۱) توسط نرم‌افزار محاسبه شد. که A_{ht} سطح انتقال حرارت، Q بار حرارتی، U ضریب انتقال حرارت و LMTD اختلاف دمای میانگین لگاریتمی مبدل حرارتی می‌باشد. در این جدول مبدل‌های سرد کننده شامل کولر هوایی و آب خنک‌کن می‌باشد که به ترتیب تغییرات دمای هوا بین ۳۷°C تا ۵۰°C و تغییرات دمای آب بین ۳۵°C تا ۴۰°C بر طبق برگه جریان مبدل‌ها در نظر گرفته شد. همانطور که از جدول (۱) مشخص است بیشترین بار حرارتی مربوط به مبدل کولرهوایی با MW ۵۴/۶۸ می‌باشد. میزان کل مصرف انرژی در سرویس‌های جانبی سرد و گرم در طرح پایه به ترتیب برابرMW ۱۰۳/۶ و MW ۸۹/۳۸ است، در حالیکه میزان هدفگذاری سرویس‌های جانبی سرد و گرم به ترتیب برابر با MW ۸۵/۲۵ و MW ۷۰/۷۳، طبق جدول (۲) به‌دست‌آمد. همانطور که واضح است با مقایسه بین میزان انرژی مصرفی و هدفگذاری، پتانسیل صرفه‌جویی انرژی ۱۹/۱۷٪ است. بنابراین می‌توان با ارائه طرح‌های اصلاحی، سبب صرفه‌جویی انرژی در واحد شد تا انرژی مصرفی و هزینه‌ها کاهش یابند.

41 Herara
42 Process Flow Diagram

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-01-29]

جدول (۱): داده‌های مبدل‌های حرارتی

ITEM	Shell Side		Tube Side		Duty	Area	Shells
EX-Name	T in	T out	T in	T out	MW	M^2	Number
E-01	40	84	102	72	4.02	2058	6
E-02	99	101	147	141	31.56	6660	14
E-03	37	50	64	56	31.11	28580	58
E-04	56	40	35	40	0.32	208.5	2
E-05	79	40	35	45	0.28	111.9	2
E-06	37	50	72	60	0.32	123.3	1
E-07	60	40	35	45	2.51	1655	4
E-08	37	50	304	60	4.33	655.3	2
E-09	60	40	35	40	0.21	117.1	2
E-10	40	146	191	173	1.86	125	1
H-01	146	316	207	260	1.62	1288	12
E-11	49	89	147	122	19.75	5787	12
E-12	89	135	186	138	11.38	2779	6
E-13	135	146	215	211	6.24	4161	9
E-14	122	99	53	98	6.34	2288	5
E-15	37	50	99	53	9.84	5787	12
E-16	98	134	175	140	5.85	1458	3
E-17	175	177	204	195	13.5	2604	6
E-18	37	50	92	53	7.23	1202	3
E-19	100	99	48	49	0.64	6484	1
E-20	130	132	188	168	47.04	4231	9
E-21	37	50	75	58	54.68	27950	56
E-22	58	40	35	45	1.14	788	2
E-23	60	40	35	45	0.11	50.33	2
E-24	37	50	130	60	0.38	123.3	1
E-25	32	186	233	60	0.994	340.7	5
E-26	186	210	253	252	0.141	13.59	1
E-27	60	40	35	40	0.113	50.33	2

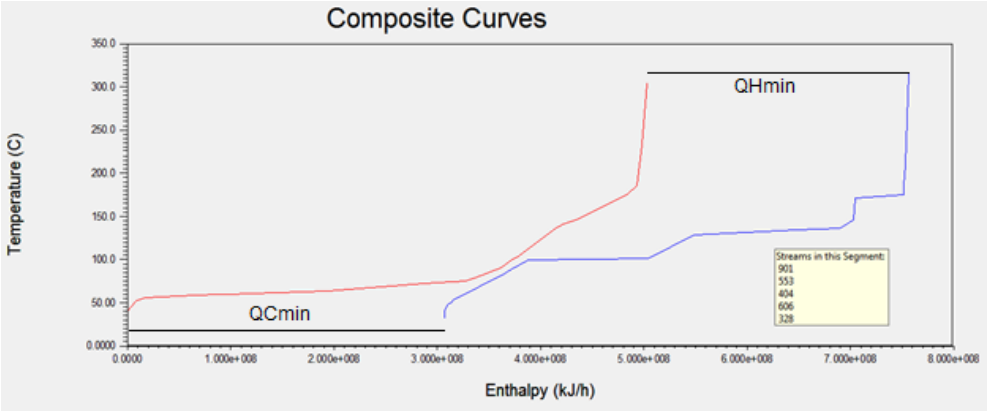
$$A_{ht} = \frac{Q}{U \times LMTD} \quad (۱)$$

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-01-29]

جدول (۲)- اطلاعات شبکه مبدل‌های حرارتی در حالت پایه و هدفگذاری

	Base Case	Trgets
Cold Utility (MW)	103.6	85.25
Hot Utility (MW)	89.38	70.73
Operating Cost (cost/s)	0.2147	0.1607
Capital (cost)	2.31e7	2.437e7
Total Cost (cost/s)	0.4506	0.3644
Number of Units	28	38
Number of Shells	230	110
Total Area (m^2)	9.686e4	1.104e5

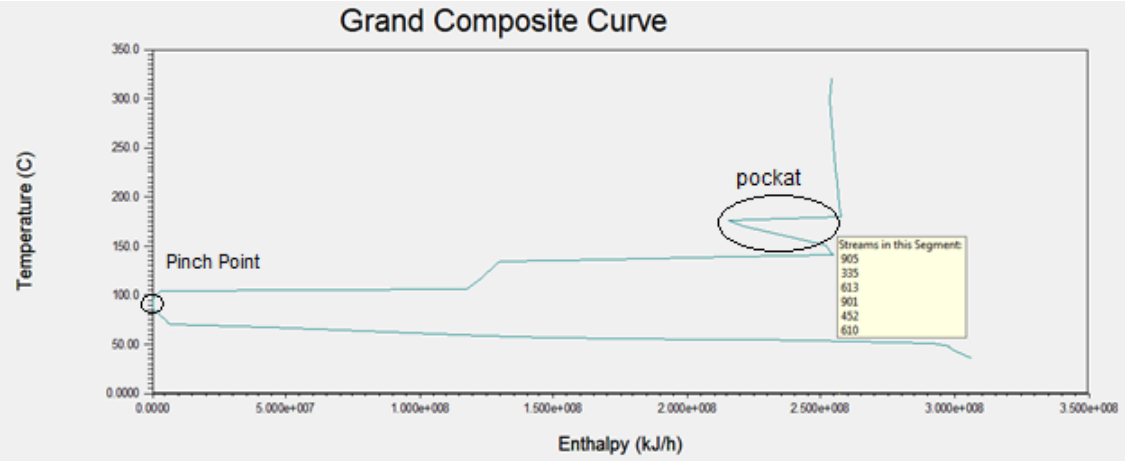
حداقل اختلاف دما یا ΔT_{min} برابر ۱۰°C در نظر گرفته شد، و دمای نقطه پینچ در این فرایند برابر با ۹۲°C-۱۰۲ به‌دست آمد. منحنی‌های مرکب، دما را بر حسب آنتالپی طبق شکل (۳) برای جریان‌های گرم و سرد رسم می‌کند. نقطه پینچ به نقاطی از نمودار که دو منحنی به یکدیگر نزدیک شده‌اند، اشاره دارد. در این شکل میزان QH_{min} و QC_{min} را نیز ارائه‌می‌دهد.



شکل (۳): منحنی‌های مرکب در نرم‌افزار در ΔT_{min} برابر ۱۰°C

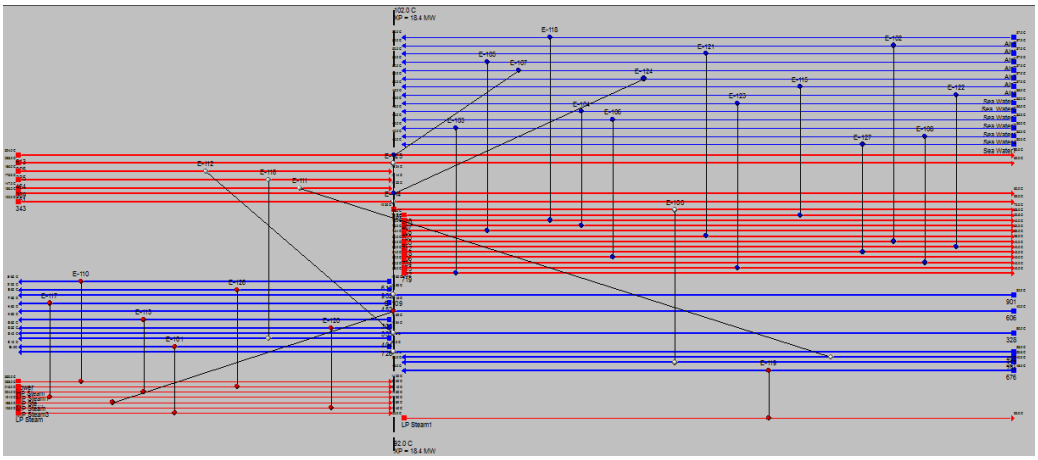
همانطور که مشخص است، دهانه‌های اطراف این نمودار از هم فاصله دارند هر چه این دهانه‌ها یا QH_{min} و QC_{min} کوچک‌تر یا به یکدیگر نزدیک‌تر باشند میزان مصرف انرژی در واحد کاهش می‌یابد. طرح‌های اصلاحی در مطالعات پینچ در واقع می‌بایست میزان آنتالپی واحد را به نحوی کاهش‌داد، تا دو منحنی سرد و گرم به هم نزدیک‌شوند. از منظر گرافیکی فاصله زیاد دو منحنی آبی و قرمز نشان‌می‌دهد که بعد از نقطه پینچ بازیابی حرارت داخل فرایند کم است، اگر بتوان بازیابی حرارت داخل فرایند را افزایش‌داد، میزان صرفه‌جویی انرژی افزایش‌می‌یابد. کاهش این دو منحنی توسط طرح‌های اصلاحی فراهم خواهد شد. منحنی‌های مرکب کل یا (GCC) در واقع نمایشی دیگر از شکل (۳) است که نقطه پینچ را واضح‌تر مشخص می‌کند (شکل(۴)).

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-01-29]



شکل (۴): منحنی‌های مرکب کل در نرم‌افزار در ΔT_{min} برابر ۱۰˚C

با وصل کردن جریان‌های یک مبدل در نرم‌افزار Aspen energy analyzer V9، شبکه مبدل‌های حرارتی واحد یا نمودار شبکه‌ای آن رسم می‌شود (شکل (۵)). میزان حرارت عبوری از مرز پینچ در حالت طراحی برابر ۱۸/۳۵ MW است. طبق قوانین پینچ، مبدل‌هایی که قوانین پینچ در آن‌ها رعایت نشده است حرارت عبوری از مرز پینچ را افزایش می‌دهند. بعبارتی این مبدل‌ها، مصرف سرویس‌های جانبی سرد و گرم را افزایش می‌دهند که قابل بازیافت توسط روش پینچ است. با توجه به شکل (۵) مبدل‌های E-11، E-12، E-24، E-25، E-10، E-08 حرارت عبوری از پینچ فرایند دارند و بهتر است مورد اصلاح قرار گیرند. ضوابط اصلاحی ایجاب می‌کند که در تصحیح مبدل‌های مزبور لازم است، دمای جریانی از مبدل که حرارت عبوری از مرز پینچ دارد، تغییر کند، و مبدلی که جریان‌های آن در دو طرف نقطه پینچ قرار دارند، کل مبدل جابه‌جا شود.

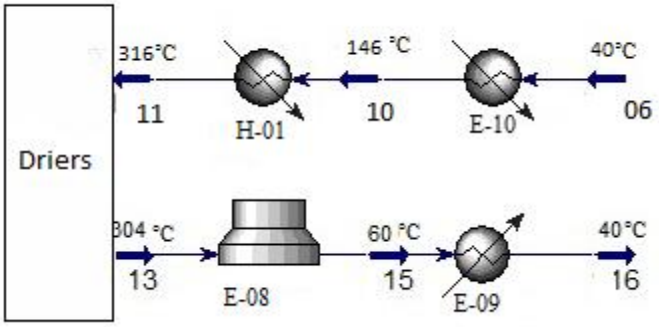


شکل (۵): عبور از پینچ مبدل‌ها در طرح پایه

پس از ارزیابی و بررسی نمودارهای قابل ارائه توسط نرم‌افزار Aspen Energy Analyzer V9، شامل CC، GCC، Grid diagram و Cross-Pinch در این مرحله می‌توان اصلاحاتی در رابطه با عملکرد مبدل‌های واحد ایزومریزاسیون ارائه نمود. شاخص‌های اصلاح در فناوری پینچ طبق قوانین پینچ به کار گرفته می‌شود. برای این منظور و اصلاح مبدل‌ها از روش‌هایی مانند تغییر در ترتیب مبدل‌ها، تعویض مبدل‌ها و افزودن مبدل استفاده می‌شود. با توجه به بررسی‌های صورت گرفته، مبدل‌هایی که قوانین پینچ در آن‌ها رعایت نشده مشخص و طرح‌های اصلاحی در آن برای حذف عبور از پینچ پیاده‌سازی شد. برای این منظور طرحی اصلاحی بر روی بخش احیا خشک‌کن خوراک و گاز جبرانی پیشنهاد می‌شود.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-01-29]

در بخش احیاء خشک‌کن خوراک و گاز جبرانی، جریان (شماره ۰۶) برای ورود به خشک‌کن خوراک ابتدا وارد مبدل E-10 می‌شود و از دمای ۴۰ ˚C توسط بخار فشار متوسط به دمای ۱۴۶ ˚C می‌رسد، و سپس وارد یک هیتر برقی H-01 می‌شود و دمای آن از ۱۴۶ ˚C به ۳۱۶ ˚C افزایش می‌یابد. مبدل E-10 که به صورت عمودی در واحد قرار می‌گیرد، و طوری طراحی شده است که فقط جریان بخار به سمت هیتر برقی H-01 ارسال شود و در صورت ارسال جریان مایع به سمت هیتر برقی سبب آسیب به المنت‌های آن شده و هیتر برقی از سرویس خارج می‌گردد. جریان پس از عبور از خشک‌کن (شماره ۱۳) وارد مبدل کولرهوایی E-08 می‌شود و از دمای ۳۰۴ ˚C تا دمای ˚C ۶۰ خنک می‌شود. سپس این جریان (شماره ۱۵) به مبدل آب خنک‌کننده E-09 ارسال می‌شود، تا دمای ۴۰˚C برسد (شکل (۶)). همانطور که مشاهده می‌شود همه مبدل‌های این بخش از سرویس‌های جانبی استفاده می‌کنند لذا بهتراست طرح اصلاحی به گونه‌ای پیاده‌سازی شود که علاوه بر حذف یا کاهش عبور از پینچ، مصرف سرویس‌های جانبی را کم کند.

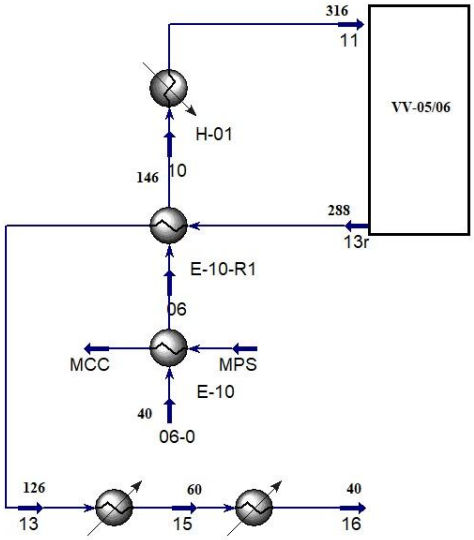


شکل (۶): الف) طرح پایه احیا خشک‌کن خوراک و گاز جبرانی

در طرح اصلاحی که با هم‌اندیشی مهندسان پالایشگاه صورت گرفت، یک مبدل جدید E-10-R1 خریداری به صورت سری با مبدل قدیم E-10 در واحد قرار می‌گیرد (شکل (۷)) و بخش احیاء خشک‌کن خوراک و گاز جبرانی به صورت زیر تغییر می‌یابد:

با شروع فرآیند احیاء، ابتدا جریان از مبدل E-10 عبور کرده (که با MPS گرم می‌شود). به‌منظور آماده کردن (گرم‌کردن) و در سرویس قرار دادن مبدل E-10-R1، جریان از این مبدل عبور نموده و سپس وارد هیتر برقی H-01 می‌شود تا به دمای ۳۱۶ ˚C قبل از ورود به خشک‌کن‌ها خوراک و گاز جبرانی برسد. پس از احیاء خشک‌کن‌ها، جریان ۱۳r با دمای ۲۸۸ ˚C (این دما، بالاترین دمایی است که جریان ۱۳ در حالت عملیاتی هنگام خروج از خشک‌کن‌ها به آن می‌رسد)، و جریان ۰۶ با دمای ۴۰˚C در مبدل E-10-R1 تبادل حرارت انجام داده و تا به دمای ۱۴۶ ˚C برسد و به مرور بخار فشار متوسط از سرویس خارج می‌شود، سپس جریان ۱۰ در H-01 به دمای ۳۱۶ ˚C می‌رسد. دمای جریان ۱۳ که به دمای ۱۲۶ ˚C رسید، به مبدل‌های E-08 و E-09 ارسال تا به دمای ۴۰˚C برسد. در این طرح، مبدل جدید E-10-R1 به صورت سری با مبدل E-10 نصب، که سبب حذف بخار فشار متوسط می‌شود، و متعاقباً بار حرارتی و مصرف برق کولر هوایی E-09 ۵۰ درصد کاهش می‌یابد.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-01-29]



شکل (۶): الف) طرح پایه احیا خشک‌کن خوراک و گاز جبرانی

در این بخش، که مبدل‌های (طرح پایه) E-08 و E-10 حرارت عبوری از مرز پینچ داشتند، در طرح پیشنهادی عبور از پینچ از ۴/۵MW به ۰/۶MW کاهش یافت. با قرار دادن مبدل جدید و جابه‌جایی جریان در مبدل‌های طرح پایه (E-08 و E-10) و استفاده از حرارت جریان ۱۳، هم میزان عبور از پینچ کاهش یافت و هم مصرف بخار فشار متوسط حذف شد. این مطالعه نشان داد که این طرح اصلاحی قابلیت اصلاح عبور از پینچ واحد ایزومریزاسیون از ۱۸/۳۵MW به ۱۴/۸MWرا می‌تواند فراهم کند، به‌عبارتی عبور از پینچ ۳/۶MW یا ۱۹/۳٪ کاهش می‌یابد. با انجام این طرح اصلاحی مصرف سرویس‌های جانبی گرم و سرد به ترتیب ۳/۶MW و ۳/۶MW کاهش یافت. به‌عبارتی به میزان ۳/۶۱٪ انرژی در مصرف سرویس‌های جانبی سرد و گرم صرفه‌جویی می‌شود.

در حالت عملیاتی واحد ایزومریزاسیون در پالایشگاه، بخش احیاء خشک‌کن خوراک و گاز جبرانی به مدت ۳ بار در هفته و در هر بار ۲۰ ساعت در سرویس می‌باشد. میزان بخار فشار متوسط مصرفی مبدل E-10 حدود ۳/۳۱۳ Ton/hr است، که با در نظر گرفتن هر تن بخار برابر با ۲۱/۴۰ دلار (نرخ مصوب فروش هر تن بخار پالایشگاه بدون در نظر گرفتن هزینه بالاسری)، میزان ۲۰۴.۱۸۵ دلار در سال صرفه‌جویی می‌شود. همچنین میزان ۲ MW-hr بار حرارتی مبدل E-08 کاهش می‌یابد. میزان مصرف برق این مبدل ۵۰kw است، که با این طرح جدید میزان مصرف برق آن به ۲۵ kw کاهش می‌یابد. با در نظر گرفتن هر ۱ MW برق برابر با ۹۴/۰۳ دلار (نرخ مصوب فروش هر کیلووات-ساعت برق پالایشگاه بدون در نظر گرفتن هزینه بالاسری)، به میزان ۶.۷۷۰ دلار در سال صرفه‌جویی می‌شود. این طرح جمعاً به میزان ۲۱۰.۹۵۵ دلار در سال صرفه‌جویی انرژی به همراه دارد. با در نظر گرفتن خرید مبدل و تجهیزات مربوطه به میزان ۱۲۰.۰۰۰ دلار، دوره برگشت سرمایه و نرخ بازده داخلی به ترتیب ۷ ماهه و ۷۵/۸٪ می‌باشد که محاسبات اقتصادی در جدول (۳) آورده شده است. این واحد در سه فاز موازی در پالایشگاه احداث شده در نتیجه این طرح می‌تواند در هر سه فاز مورد بهره‌برداری قرار گیرد. (این پروژه در پالایشگاه نفت ستاره خلیج فارس به تایید رسیده است و طرح توجیهی آن برای خرید مبدل جدید از کمسیسون معاملات تاییده گرفته است).

جدول (۳)- محاسبات اقتصادی

نرخ بازده داخلی (IRR) ٪	ارزش خالص فعلی (NPV) $	شاخص سودآوری (PI)	دوره برگشت سرمایه (PBP)، سال	دوره بازگشت سرمایه متحرک (DPBP)، سال
۷۵/۸	۵۸۷۷۵/۴۲	۱/۴۹	۰/۵۷	۰/۶۷

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-01-29]

٦. نتیجه گیری

در این تحقیق، اصلاح فرایند ایزومریزاسیون به منظور بهینه‌سازی مصرف انرژی پالایشگاه‌ها نفت ستاره خلیج فارس مورد بررسی قرارگرفته‌است. فرایند ایزومریزاسیون با نرم‌افزار Aspen Hysys V9 شبیه‌سازی و سپس مبدل‌های حرارتی آن در نرم‌افزار Aspen Energy Analyzer V9 با استفاده از فناوری پینچ مورد تحلیل قرارگرفتند. با توجه به تحلیل آن، طرحی اصلاحی بر روی مبدل‌های آن مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد با انجام طرح بهینه‌سازی و نصب مبدل جدید به صورت سری با مبدل قبل، علاوه بر سبب حذف بخار فشار متوسط، بار حرارتی مبدل کولر هوایی نیز کاهش می‌یابد این طرح جمعاً به میزان ۲۱۰.۹۵۵ دلار در سال صرفه‌جویی انرژی به همراه دارد. با در نظر گرفتن خرید مبدل و تجهیزات مربوطه به میزان ۱۲۰.۰۰۰ دلار، برگشت سرمایه این طرح ۷ ماهه می‌باشد. با توجه به اینکه سه فاز موازی از واحد ایزومریزاسیون در پالایشگاه احداث شده است این طرح می‌تواند در بقیه‌ی فازها به بهره‌برداری برسد که سبب کاهش قابل توجهی مصرف سرویس‌های جانبی در پالایشگاه می‌شود.

سپاسگذاری

نویسندگان سپاس قلبی خود را از مرحوم جناب آقای دکتر مزدیان فرد که تا آخرین لحظات حیات خود زحمات زیادی برای این پژوهش کشیدند را دارند. همچنین از جناب آقای دکتر مجید حیاتی آشتیانی نیز بخاطر راهنمایی‌های ایشان سپاسگذارند. در نهایت از پالایشگاه نفت ستاره خلیج فارس (www.PGSOC.ir) که اطلاعات فنی خود را در اختیار قرار دادند کمال تشکر را دارند.

منابع

[1] Abdolkarimi V. et al. (2022), "*Robust prediction and optimization of gasoline quality using data-driven adaptive modeling for a light naphtha isomerization reactor"*, Fuel, V(328), 125304.
[2] Ahmet C. S. and Metin T. (2021), *"Octane Optimization with a Combined Machine Learning and Optimization Approach"*, Computer Aided Chemical Engineering, 50, 221-226.
[3] Ebrahim, M. and Kawari, A., (2000). "*Pinch Technology: An Efficient Tool for Chemical-plant Energy and Capital-cost Saving*", Applied Energy, 65: 45-49.
[4] Feng, X. et al. (2011), "*Energy Recovery in Petrochemical Complexes through Heat Integration Retrofit Analysis"*, Applied Energy, 88: 1965-1982.
[5] Ghazizahedi, Z. and Hayati-Ashtiani M. (2018), "*Heat transfer enhancement to decrease the energy consumption of a Light Naphtha Isomerization unit by means of heat exchanger network retrofitting*", 2nd International conference on Engineering Sciences, 433.
[6] Ghazizahedi, Z. and Hayati-Ashtiani M., (2022), "*Investigation the Application of Heat Pump in Isomerization Unit to Decrese the Energy Consumption by Means of Pinch Technology*", Iranian Chemical Engineering Journal, 20: 53-63.
[7] Herrera A., et al. (2013). *"Pinch technology application in a hospital"*, Appl. Therm. Eng., 23 127.
[8] Jan A., et al. (2022), *"Applied heat exchanger network retrofit for multi-period processes in industry: A hybrid evolutionary algorithm*", Computers and Chemical Engineering, 161, 107771.
[9] Kang, H., et al. (2016), *"Comparative Analysis of Regenerative and Air-extraction Multistage Humidification–dehumidification Desalination System Using Pinch Technology*", Desalination, 385:158-166.
[10] Manan, Z. A., et al. *(2017), "Advances in Process Integration Research for CO2 Emission Reduction–A Review"*, Journal of Clean Production, 167; 1-13.
[11] Liew P. et al. (2014). "*Total Site Heat Integration Targeting Algorithm Incorporating Plant Layout Issues*", Computer Aided Chemical Engineering, 33, 1801–1806.
[12] Mehdizadeh-Fard, M, et al. (2017), "*A Practical Approach to Heat Exchanger Network Design in a Complex Naural Gas Refinery"*, Journal of Natural Gas Science and Engineering, 40: 141-171.
[13] Natural Resources Canada, (2003), *Pinch Analysis: For the efficient use of energy, water & hydrogen, Catalogue*, 39-96.
[14] Ostovaritalab, M., (2016), "*Investigation of Pinch in Distillation Unit in order to energy saving for Pre-Heating Crude Oil*", Msc theses, University of Kashan.
[15] Promvitak P., et al. (2009), *"Retrofit Design of Heat Engineering Exchanger Networks of Crude Distillation Unit*", Chemical Engineering Transanctions, 18:99–104.
[16] Rezaeiyan S., et al. (2014), "*Development of Aspen HYSYS software application for energy optimization in column"*, the forth conference of Burner and Furnace, Iran, 1-7.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-01-29]

[17] Rikhtegar F.S. and Sadighi S., (2013), "*Applying Pinch Technology to Energy Recovery", Petroleum Technololgy Quarterly*, 18.
[18] Shaoze Cui, et al. (2021), *Two-stage stacking heterogeneous ensemble learning method for gasoline octane number loss prediction*, Applied Soft Computing, 107989.
[19] Smith R., (2005), *"Chemical Process Design and Integration*", Centre for Process Integration, School of Chemical Engineering and Analytical Science, University of Manchester.
[20] Tarighaleslami A. et al. (2017), "*A Unified Total Site Heat Integration targeting method for isothermal and non-isothermal utilities*", Energy, 119, 10-25.
[21] Worrell E. and Galitsky E.C. (2005)," *Energy Efficiency Improvement in the Petroleum Refining Industry"*, Energy Efficiency Industry, Lawrence Berkeley National Laboratory, 158-169.
[22] Yeganegi, H., (2018), "*Simulation and Optimazation of Energy Consumption in Isomerization Unit*", Msc theses, University of Kashan.
[23] Wang Y. R., et al. (2012), "*Heat Exchanger Network Retrofit Optimization Involving Heat Transfer Enhancement*", Applied Thermal Engineering, 43:7–13.
[24] Yong J. Y. et al. (2015), "*Heat Exchanger Network Modification for Waste Heat Utilisation under Varying Feed Conditions*", Chemical Engineering Transanctions, 43:1279–1284.
[25] Yu-Hsuan Ch. et al. (2021), "*Exergy analysis of renewable jet fuel production through hydro-conversion of glyceride-based oil*", Applied Thermal Engineering, 182, 115934.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-01-29]

Abstract

An isomerization process by limit the amount of benzene, aromatic, and olefin in gasoline, cause to increase the octane number and decrease the environmental issues**.** In this research, has been investigated the modification of the isomerization process in order to optimize the energy consumption at Persian Gulf Star Oil Company by pinch technology. According to the pinch analyses, to optimize the energy consumption one retrofitting case was investigated on the heat exchanger in regeneration of feed and makeup gas drier that had the highest amount of cross pinch. As a result, a new heat exchanger was used to optimize energy consumption, that the cross pinch was reduced by 19.3% and the utility consumption was reduced by 3.61%. The new exchaner, by eliminating medium pressure steam in the unit, saved $210,955 per year with a 7-month return on investment. This proposal is very efficient and useful because of its economic efficiency.

Keywords :

Isomerization, pinch technology, heat exchangers, optimization, Energy saving, utility

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-01-29]