Archive of SID

مجموعه مقالات سومین کنفرانس ملی مهندسی مخازن هیدروکربوری و صنایع بالادستی
تهران، ۲۹ خرداد ماه ۱۳۹۳ مجری: هم اندیشان انرژی کیمیا
تلفن: ۸۸۶۷۱۶۷۶ - ۰۲۱ www.Reservoir.ir

بهبود شرایط عملیاتی برج های تقطیربه منظور صرفه جویی در مصرف انرژی (در پالایشگاه)

علیرضا حامد[۱]

Engalirezahamed2@gmail.com

[۱]دانشجوی دوره کارشناسی رشته مهندسی نفت ودبیر انجمن علمی دانشجویی نفت دانشگاه آزاد اسلامی واحد فیروز آباد

چکیده:

اولین نگرانی برای صنایع فرآیندی رو به صعود بودن قیمت انرژی می باشد و رشد مصرف انرژی در جهان و ضرورت فراهم آوردن آن نشان می دهد که بهینه سازی واحدهای تولید انرژی و مصرف آن مقرون به صرفه و گاهی امری حیاتی می باشد، در صنعت نفت، برج های تقطیر یا واحد تقطیر یکی از کلیدی ترین واحدهای مصرف کننده انرژی است که به وسیله شبیه سازها و مدلهای کامپیوتری می توان این بخش ها را به حالت بهینه درآورد، هدف عملیاتی واحد تقطیر نفت خام دستیابی به شرایط تحت کنترل و پایدار، افزایش تولید و کیفیت محصول همراه با کاهش هزینه های عملیاتی به دلیل ملاحظه های اقتصادی است. از این رو هدف بهینه سازی یک پالایشگاه نفتی افزایش تولید محصولات با کیفیت می باشد، در این پژوهش سعی شده است یکی از واحدهای تقطیر اتمسفریک در پالایشگاه آبادان مورد بهینه سازی قرارگیرد که با استفاده از شبیه ساز و هدف به دست آوردن محصولات بالاسری بیشتر انجام شده است، در مرحله بعد نتایج بهینه سازی با استفاده از شبیه ساز، در عمل بر روی واحد مذکور به اجرا در آمده و نتایج نشان دادند که تغییرات در شرایط عملیاتی واقعی، مقدار محصولات بالاسری با کیفیت مطلوب را افزایش می دهند، در نهایت نیز یک موازنه اقتصادی خالص بین افزایش محصولات بالاسری و مصرف انرژی، صرفه جویی در مصرف انرژی این پالایشگاه را نشان دادند.

واژه‌های کلیدی: بهینه سازی، صرفه جویی در مصرف انرژی، برج تقطیر، موازنه اقتصادی، شبیه ساز

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه:

تقطیر به طور گسترده در صنایع شیمیایی و نفت به منظور جداسازی مواد براساس تفاوت در نقطه جوش به کار می رود، بنابراین طراحی مهندسی و راهبرد کنترل و بهینه سازی فرآیند واحد تقطیر نفت خام برای بهبود بازدهی و کیفیت تولید، به ویژه در صنایع نفت در چند سال اخیر بسیار مورد توجه قرار گرفته است.

فرآیند جداسازی در واحد تقطیر نفت خام با بسیاری ازپدیده های پیچیده بین متغیرهای ورودی و خروجی سامانه در ارتباط است، متغیرهای ورودی معمولاً خصوصیات نفت خام ورودی و متغیرهای قابل کنترل واحد تقطیر نفت خام مانند انرژی مصرفی واحد و مقدار جریان برگشتی و نرخ جریان تولید است، از طرفی متغیرهای خروجی، کیفیت محصولات تولیدی، بهره سیستم عملیاتی یا سود کارخانه هستند. در عملیات تقطیر نفت خام هدف، انجام بهینه سازی فرآیند شامل نرخ بالای تولید با در نظر گرفتن خصوصیات خواسته شده، همراه با هزینه های عملیاتی پایین به وسیله جستجو در وضعیت بهینه سامانه از لحاظ متغیرهای عملیاتی است، اما جستجو و برقرار کردن شرایط عملیاتی بهینه بسیار سخت است، زیرا معادلات غیر خطی بین متغیرهای ورودی و خروجی حاکم هستند. همچنین متغیرهای قابل کنترل بهینه واحد تقطیر نفت خام باید به طور مرتب به دلیل تغییر در خصوصیات نفت خام ورودی تعیین شوند، از این گذشته اگر خصوصیات محصولات تأمین نشود یا عملیات تقطیر نفت خام پایدار نباشد، نفت به کار برده شده می تواند سبب بروز مشکلات زیادی حتی تعطیلی کارخانه شود. مطالب گفته شده، نیاز به کنترل و بهینه سازی عملیات پیچیده واحد تقطیر نفت خام را نشان می دهد لازم به ذکر است، در سالهای اخیر تحقیقات انجام شده در مورد واحدهای تقطیر بر روی موضوع کنترل و بهینه سازی متمرکز شده است. دما و فشار دو متغیر عملیاتی هستند که از آنها برای کنترل و بهینه سازی واحد استفاده می شود، دما و فشار خوراک ورودی به برج و کندانسور و جوش آور، از جمله موارد قابل کنترل هستند، بهینه سازی هر سامانه ای با توجه به هدف های اقتصادی در نظر گرفته شده انجام می شود. بدین ترتیب در واحد تقطیر نفت خام نیز، هدف افزایش تولید محصول با ارزش تر با انجام تغییرات در متغیرهای اشاره شده می باشد.

در سال های اخیر تحقیقات زیادی برای بهبود عملکرد و افزایش کیفیت و کمیت محصولات واحد تقطیر انجام شده است. این تحقیقات در زمینه های مختلف از جمله: اصلاح آرایش تجهیزات، بکارگیری تجهیزات جدید و نیز تحقیق در وضعیت ترمودینامیکی فرآیند، انجام گرفته است.

در سال ۱۹۹۷ ملاحظه شد، که چگونه انتخاب صحیح تجهیزات می تواند باعث بهبود فرآیند و ایجاد فرصت هایی برای توسعه فرآیند در آینده شود، در این تحقیق به بررسی سینی های مختلف برج تقطیر و مقایسه آنها با هدف انتخاب بهترین نوع سینی پرداخته شده است. سپس به مقایسه دو نوع برج تقطیر سینی دار و آکنده توجه شده است و سرانجام روشهای پرکردن برج آکنده از نظر منظم و غیر منظم بودن آنها مقایسه شده است [۱].

یک مدل بهینه سازی آماری در سال ۲۰۰۱ به منظور بهینه سازی شرایط عملیاتی فرآیندی پالایشگاه لانژو در چین انجام شده است [۲]. در کار دیگری در سال ۲۰۰۱ به اصلاح آرایشهای تجهیزات جانبی برج های تقطیر اتمسفری و خلأ پرداخته شده است [۳].

www.SID.ir

Archive of SID

در مورد دیگر، به بررسی مقدار نفت خام ورودی بهینه به منظور رسیدن به محصولات مطلوب بیشتر پرداخته شده است [۴]. علاوه بر آن، در کار دیگری نیز سعی شده است، با انجام آزمونهای آزمایشگاهی شرایط عملیاتی واحد را بهینه کنند، برای انجام این کار واحدهای اتمسفریک و خلأ مورد بررسی قرارگرفته اند [۵].

در تحقیق دیگری که در سال ۲۰۰۱ با هدف بهینه سازی پالایشگاه برای بالا بردن کارآمدی آن انجام شده است، انتخاب بهترین فرآیند از لحاظ آرایش، تصمیم های سرمایه گذاری با به کارگیری مدلسازی خطی به منظور پیدا کردن راه حل بهینه مورد بررسی قرار گرفت در استفاده از مدلسازی خطی در این پروژه تابع هدف به صورت بیشینه کردن سود تعریف شده است. در تحلیل آرایشهای مختلف، ۲۰ آرایش متفاوت پالایشگاه برای مطالعات آزمایشی مورد بررسی قرار گرفت و آرایش بهینه، و همچنین پس از تحلیل حساسیت آرایش مذکور، مدل مناسب برای پالایشگاه مدنظر انتخاب و پیشنهاد شد [۶].

در کار دیگری که در سال ۲۰۰۵ انجام شده است، به تحلیل ترمودینامیک سامانه های تقطیر نفت خام از نظر انرژی و اکسرژی پرداخته شده است تا بتوان با استفاده از آن سامانه را بهینه کرد، در این مطالعه پارامترهای اصلی مورد بررسی دما و فشار هستند. در این پژوهش به بررسی شرایط ترمودینامیکی برج های تقطیر اتمسفریک و خلأ و دو گرمکن پرداخته شده است. برای این کار، یک مدل ترمودینامیکی خاص تعریف و سپس با استفاده از شبیه سازی واحدهای مورد نظر در بهینه سازی شرایط عملیاتی اقدام کردند. در مرحله نخست، ابتدا محققان یک واحد صنعتی موجود را به همان شکل شبیه سازی و سپس سامانه را با استفاده از مدل ترمودینامیکی موجود بهینه کردند، آنها اشاره کردند که بازدهی انرژی در واحد تقطیر اتمسفریک برابر ۰,۴۹۷ ودر واحد تقطیر خلأ برابر ۰,۵۷۹ است. این امر نشان می دهد بازدهی انرژی در واحد تقطیر اتمسفریک به علت اینکه جداسازی اصلی در آنجا صورت می پذیرد کمتر است. با بررسی های انجام شده مشخص شد که بیشترین بازگشت ناپذیری که حدود ۵۶ درصد است، در واحد تقطیر اتمسفریک رخ می دهد. اندازه بازگشت ناپذیری در واحد تقطیر خلأ ۲۶ درصد است، در نتیجه می توان گفت علت کمتر بودن میزان بازگشت ناپذیری در مقایسه با واحد تقطیر اتمسفریک، انجام کمتر عمل جداسازی در این واحد است. میزان بازگشت ناپذیری در گرمکن ۱ که همان کوره ورودی واحد تقطیر اتمسفریک است، ۷۶ درصد بوده و در گرمکن ۲ که کوره یکی از محصولات جانبی تقطیر اتمسفریک میباشد ۲ درصد است. در این تحقیق نشان داده شد که تغییر در پارامترهای عملیاتی یعنی تغییر در پروفایل دما و فشار در واحد تقطیر اتمسفریک، می تواند موجب رسیدن به حالت بهینه بازدهی انرژی و جریان برگشت ناپذیری شود، اما اثر مهمی بر روی واحد تقطیر خلأ نخواهدداشت [۷].

در پژوهش دیگری، در سال ۲۰۰۷ به بررسی افزایش ظرفیت تقطیر با توجه به تغییرات در گرم کن ها و کوره های جانبی پرداخته شده است در این مقاله اشاره شده، که به کار بردن گرمکن و کولرهای جانبی در بر ج های تقطیر در بهره تولیداثر زیادی خواهند داشت [۸].

۲- بهینه سازی:

بهینه سازی در ریاضیات مفهوم خاص خود را دارد و در کشور ما نیز در زمینه های مختلف مورد استفاده قرار گرفته است. بهینه سازی یک فرایند می تواند به صورت موضعی و یا بصورت جامع برای یک سیستم که متشکل از چندین فرایند است، انجام شود. بر اساس تئوری بهینه سازی، نتیجه بهینه سازی برای چندین فرایند به صورت جداگانه الزاما برابر با نتیجه بهینه سازی به صورت جامع نیست و بنابر تعریف، بهینه سازی به صورت جامع می تواند در برگیرنده ترکیبی از دو فرایند و یا چندین فرایند باشد. اعمال بهینه سازی بصورت جامع نیاز به درک صحیح دینامیک انرژی بری تجهیزات هر یک از فرایندها دارد و به مراتب پیچیده تر از به کارگیری روش بهینه سازی موضعی می باشد. روشهای کنترل که بر اساس دینامیک انرژی بری و نظارت بر تمامی فرایندها کار می کنند و یا تکنولوژی پینچ که مبتنی بر اصل کاهش مصرف انرژی از طریق ترکیب فرایندها است، از جمله روشهای بهینه سازی به صورت جامع هستند به غیر از تقسیم بندی روشهای بهینه سازی به موضعی و

www.SID.ir

Archive of SID

جامع، تقسیم بندی دیگری نیز وجود دارد که بر اساس هزینه های لازم برای انجام بهینه سازی می باشد و عبارتند از روشهای با هزینه پایین یا بدون هزینه، روشهای با هزینه متوسط و روشهای با هزینه بالا. اکثر واحدهایی که در کشور وجود دارند قدیمی بوده و نشتیهای زیادی در قسمتهای مختلف آنها وجود دارد یا راندمان آنها پایین است و بعضی وقتها کیفیت محصولات تولیدی قابل قیاس با مشابه های خارجی نیست، لذا بهتر است در مورد صنایع موجود در کشور بررسی های علمی و دقیق تر انجام گیرد تا واحدهایی که انرژی بالایی مصرف می کنند شناسایی شوند و در راه تغییر فرایند و کارهای دیگر اقدام شود.

با توجه به روشهای مختلف موجود می توان کلیه فعالیتها در این رابطه را به سه گروه تقسیم بندی کرد:

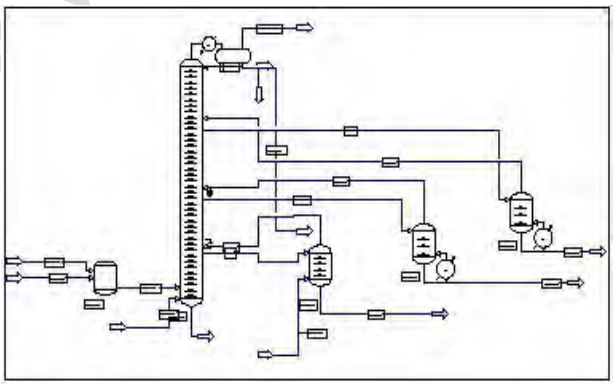
الف) روشهایی که سرمایه مورد نیاز آنها کم است: مثل جریان برگشتی به برج، دمای خوراک، بهبود در تعمیرات و روشهای تعمیراتی، فشار داخل برج(فشار عامل مهمی است که با توجه به دمای آب خنک کننده در دسترس جهت میعان بخارات بالاسری انتخاب می گردد. عملیات تقطیر در فشارهای پایین مطلوبتر است. پس در فصل زمستان و فصل بارانی بعلت کاهش دمای محیط و افت دمای برج آب خنک کننده می توان فشار برج را کاهش داد.)

ب) روشهای با سرمایه گذاری متوسط : مثل استفاده از روشهای بازیافت اتلاف حرارتی، عایقکاری، جابجایی سینی ها با تجهیزات موثر مشابه (آکنده های با کارایی بیشتر، با ارتفاع معادل کمتر و افت فشار کمتر).

ج) روشهای با سرمایه گذاری بالا: این روشها منجر به بازیافت انرژی زیادتری نسبت به دو مرحله قبل می شوند مانند بهینه سازی یا تعویض سیستم کنترل وابزار دقیق، میعان دو مرحله ای در بخش بالا سری که در این روش مرحله اول جهت حصول به میعان کافی برای جریان برگردان انجام می گیرد و مرحله دوم جهت خنک کردن و استحصال محصول کافی مورد استفاده واقع می شود.

۳- توسعه مدل:

برای این برج تقطیر اتمسفری با استفاده از دو شبیه ساز اسپن هایسیس و پتروسیم عمل شبیه سازی انجام شده است [۹]. تصویر شماتیک از این شبیه سازی در شکل ۱ نشان داده شده است. در ابتدا، خروجی شبیه ساز با داده های واقعی مقایسه شده که توافق خوبی بین داده های شبیه ساز و واقعی یافت شده است و مقایسه آنها در جدول ۱ برای محصولات دیزل و نفت سفید نشان داده شده است.



شکل۱. شماتیک شبیه سازی برج تقطیر اتمسفریک با شبیه ساز

جدول ۱. یک نمونه مقایسه بین خروجی شبیه ساز وداده های عملیاتی واقعی (اطلاعات آزمایشگاهی)

www.SID.ir

Archive of SID

	IBP °c	٪ ۵	٪ ۱۰	٪ ۳۰	٪ ۵۰	٪ ۷۰	٪ ۹۰	٪ ۹۵	FBP °c
کروسین									
عملیاتی	۱۶۵	۱۷۹	۱۸۶	۱۹۶	۲۰۵	۲۱۷	۲۳۵	۲۴۲	۲۵۸
اسپن هایسیس	۱۶۶	۱۸۰	۱۸۸	۱۹۸	۲۰۵	۲۱۹	۲۳۷	۲۴۵	۲۵۵
پتروسیم	۱۶۳	۱۷۹	۱۸۴	۱۹۹	۲۰۷	۲۲۰	۲۳۶	۲۴۴	۲۵۱
دیزل									
عملیاتی	۲۲۳	۲۴۹	۲۶۱	۲۸۰	۲۹۵	۳۱۵	۳۵۰	۳۶۸	۳۷۸
اسپن هایسیس	۲۲۰	۲۴۵	۲۵۳	۲۷۶	۲۸۹	۳۱۰	۳۵۲	۳۶۵	۳۷۷
پتروسیم	۲۱۹	۲۴۴	۲۵۰	۲۷۲	۲۹۰	۳۱۱	۳۴۶	۳۶۱	۳۷۵

در گام بعدی، برای بهبود بازده برج، ابتدا شرایط مرزی مشخص شده و سپس برای به دست آوردن محصول بیشتر بالاسری و مصرف انرژی کمتر مدل بهینه شده است که نتایج در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲. نتیجه بهینه سازی از مدل ها برای بهبود بهره وری بر اساس شرایط مرزی

	واحد	واقعی	بهینه
Feed Preheat Temp	°C	۳۴۵,۵	۳۴۴
Kerosene Pump Around Temp. Difference	°C	۶۱	۷۳
Light Diesel Pump Around Temp. Difference	°C	۷۵	۸۰
Kerosene Pump Around	m3/hr	۴۵۵	۲۶۶
Light Diesel Pump Around	m3/hr	۲۵۱	۲۶۰
BN Reboiler Temp.	°C	۲۲۱	۲۲۹,۴
Light Diesel Steam Flow	m3/hr	۱	۱
Main Steam Flow	m3/hr	۹,۴	۸,۸
Kerosene Reboiler Temp	°C	۲۶۷	۲۷۰

در نهایت نتایج بهینه سازی حاصل از شبیه ساز به عملیات واقعی منتقل شده که مشاهده گردید این بهینه سازی باعث بهبود محصول خروجی و کاهش مصرف انرژی می شود.

۴- نتیجه گیری:

نتایج نشان دادند که با همان تجهیزات اولیه و بدون افزودن تجهیزات جدید بلکه فقط با تغییر شرایط عملیاتی، محصولات بالاسری با کیفیت مطلوب افزایش یافته اند. یک موازنه خالص اقتصادی بین نتایج، افزایش محصولات بالاسری و مصرف انرژی، صرفه جویی در مصرف انرژی در پالایشگاه را نشان دادند که با این بهینه سازی یک بازده واقعی به دست می آید. در این کار روش بهینه سازی در شبیه سازی حالت پایدار مربوط به محیط مورد استفاده قرار می گیرد و یک نکته مهم در این پروژه بهینه سازی پارامترهای عملیاتی برای به حداکثر رساندن تولید با دیدگاه مصرف انرژی به طور همزمان را شامل می شود. همچنین نتایج به دست آمده نشان می دهند که روش ریاضی استفاده شده برای بهینه سازی سازگار با الگوریتم مناسب نوشته شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

مراجع:

1.Darton R., Wave D., Distillation the Importance of Equipment Choice, No 4, 1991.

2.Houn K., Li Y., Shen J., Hu S., Crude Distillation Unit Online Optimization, Hydrocarbon Processing Journal, Tsinghua University, China, Vol.80, 2001.

3. Katogir L.J., Combine Power Options with Clean Fuels Projects, Hydrocarbon Processing Journal, Vol.80, 2001.

4. Hartmann J.C.M., Interpreting LP Outputs, Hydrocarbon Processing Journal, J.C.M. Hartmann Refinery Consultancy Inc., Vol.64, 1999.

5. Golden S.W., Craft S., Villalanti D.C. , Refinery Analytical Techniques to Optimize Unit Performance, Hydrocarbon Processing Journal Vol.74, 1995.

6. Maiti S.N., Eberhardt J., Kundu S., Cadenhouse-Beaty P.J.,Adams D.J. , How to Efficiently Plan a Grassroots Refinery, Hydrocarbon Processing, Vol.80, 2001.

7. Al-Muslim H., Dincer I., Thermodynamic Analysis of Crude Oil Distillation Systems, Saudi Aram Co., Dhahran,University of Ontario Institute of Technology, Vol.29, 2000.

8. Yahyaabadi R., Increase Distillation Capacity with Side Heaters and Coolers, Hydrocarbon Processing Journal, Isfahan Oil Refinery, Vol.86, 2007

۹. م. شهامت پور، ۱۳۹۲، شبیه سازی و بهینه سازی برج های تقطیر نفت خام در پالایشگاه آبادان، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد واحد ماهشهر، ماهشهر، ایران.

www.Reservoir.ir

www.SID.ir