بسم الله الرحمن الرحيم

٤٢٢٤٥

دانشگاه تهران

دانشکده فنی

۱۳۸۱ /۸/ ۲۰

عنوان پایان نامه :

بهینه سازی مصرف انرژی واحد آروماتیک پتروشیمی بندرامام با استفاده از روش پینچ تکنولوژی

نگارش :

معصومه فرخنده کواکی

استاد راهنما : دکتر محمدحسن پنجه شاهی

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

در رشته مهندسی شیمی

۴۲۲۶۵

شهریور ماه ۱۳۸۱

دانشکده فنی دانشگاه تهران
تحصیلات تکمیلی

گروه مهندسی شیمی

... کاری را آغاز کرده‌ام

که سالها انجامش را به فراموشی سپرده بودم.

کاری که حاصلش،

کشف آن است که؛

من کیستم؟

و در طلب چیستم؟

می‌خواهم انتخاب کنم.

و آنگاه که تصمیم خود را نه بر پایه وظیفه

که بر مبنای اختیار بگیرم،

به یقین،

برای خود،

برای مردمی که دوستم دارند و

برای مردمی که به آنها عشق می‌ورزم،

تصمیمی پرثمرتر خواهد بود.

تقدیم به :

پدر و مادر عزیزم

قبل از هر چیز لازم می‌دانم از زحمات استاد عالیقدرم ، جناب آقای دکتر محمدحسن پنجه‌شاهی به پاس رهنمودهای ایشان در تمامی مراحل انجام این پایان نامه تشکر و قدردانی نمایم.

همچنین از سازمان پژوهشهای علمی و صنعتی ایران، گروه ممیزی انرژی، مدیران و کارشناسان BIPC به پاس همکاری‌های صمیمانه‌شان در انجام این پایان نامه کمال تشکر را دارم.

چکیده

امروزه تکنولوژی پینچ به منظور اصلاح شبکه مبدلهای حرارتی به دلیل پایه های تئوری مستحکم و ساده نسبت به روش های دیگر کاربرد بیشتری داشته و به عنوان ابزاری قابل اتکا برای طراحی از پایه و طراحی اصلاحی شبکه مبدلهای حرارتی بکار گرفته می شود.

تصمیم گیری در مورد بازیافت حرارت شبکه مبدلهای حرارتی شامل دو مرحله هدفگذاری و طراحی می باشدکه توسط الگوریتم های موجود همچون ضریب انتقال حرارت ثابت افت فشار ثابت و افت فشار بهینه مورد ارزیابی قرار می گیرد.

اولین گام به منظور انجام مطالعات اصلاحی در زمینه پینچ جمع آوری اطلاعات مورد نیاز است. اهمیت این مرحله زمانی آشکار می شود که مطالعات اصلاحی مورد بررسی می باشد بطوریکه یک تقابل و کشمکش بین فرضیات ساده پینچ و پیچیدگی مسائل صنعتی مشهود است

در این پژوهش ابتدا تمام الگوریتم های موجود به منظور ارزیابی شبکه مبدل های حرارتی تشریح شده است.

استخراج داده های مورد نیاز و اصول و قوانین مربوطه با توجه به اهمیت آن در انجام مطالعات اصلاحی سرفصل دیگری از این پایان نامه را به خود اختصاص داده است.

واحد آروماتیک پتروشیمی بندر امام به عنوان یک مساله نمونه با روش افت فشار ثابت هدفگذاری شده و سپس طراحی اصلاحی برای رسیدن به اهداف موردنظر انجام گرفته است و در انتها مقایسه ای بین نتایج حاصل از طراحی و نتایج هدفگذاری صورت می گیرد.

پیشگفتار

آغاز بحران انرژی و افزایش شدید قیمت نفت در بازارهای جهانی در اوایل دهه ۱۹۷۰ میلادی باعث گردید تا کشورهای صنعتی غرب که اکثرا واردکننده نفت خام و سایر فراورده‌های نفتی و نیز گاز طبیعی بودند تحقیقات گسترده‌ای را در راستای دسترسی به تکنولوژی جدیدی که بتواند مصرف انرژی را در یک فرآیند شیمیایی به حداقل برساند و از این طریق باعث کاهش هزینه‌های جاری تولید و نیز کاهش وابستگی به کشورهای صادرکننده نفت گردد آغاز نماید. در این راستا بیشترین تحقیقات و بررسی‌ها به منظور بهینه‌سازی شبکه مبدل‌های حرارتی به عنوان اصلی‌ترین بخش فرآیند از لحاظ امکان بازیافت انرژی صورت گرفته است طراحی و بهینه سازی شبکه مبدل‌های حرارتی در یک فرآیند به دو شاخه اصلی تقسیم می‌شود:

- طراحی از پایه (Grass-Root Design)
- طراحی اصلاحی شبکه‌های موجود (Retrofit Design)

طراحی اصلاحی شبکه مبدل‌های جرارتی به طور کلی با دو هدف جداگانه انجام می‌گیرد:

- اصلاح شبکه مبدل‌های حرارتی موجود به منظور صرفه جویی در انرژی (Retrofit for Energy Saving)
- اصلاح شبکه موجود به منظور رفع گلوگاه (Retrofit for Debottlenecking)

اولین تلاشها جهت ارائه روشهای علمی و سیستماتیک جهت طراحی اصلاحی شبکه‌های مبدل‌های حرارتی از حدود سال ۱۹۸۵ میلادی آغاز شد اهداف اصلی این روشها عبارتند از:

- کاهش مصرف انرژی در شبکه موجود (و یا افزایش ظرفیت)
- حداکثر استفاده از مبدل‌های موجود شبکه.
- شناسایی اصلاحات مورد نیاز جهت بهینه نمودن شبکه در چهارچوب شرایط اقتصادی.

یکـی از ایـن روش‌هـا مبتنـی بر تکنولوژی پینچ است که بر مبنای اصول ترمودینامیکی استوار اسـت. بررسـی روشـهای گونـاگون پیشـنهاد شده برای اصلاح شبکه‌های مبدل‌های حرارتی برمبنای تکنولوژی پینچ نشان می‌دهد که این روشها عموما به دلیل پایه‌های تئوری مستحکم و نیز ساده و قابل اجـرا بـودن آنهـا نسبت به روش‌های ریاضی کاربرد بیشتری داشته و امروزه این تکنولوژی به عنوان ابـزاری قـابل اتکـاء برای طراحی از پایه و طراحی اصلاحی شبکه‌های مبدل‌های حرارتی بکار گرفته می‌شود.

تصمیم گیری در مورد بازیافت حرارتی شبکه مبدل‌های حرارتی شامل چند مرحله می‌باشد.

اولیـن مـرحله شامل تعیین حد بازیافت انرژی است که بر طبق شرایط خاص اقتصادی می‌توان آن را بیان نمود. این مرحله، هدفگذاری طراحی نامیده می‌شود،در این مرحله با تقابل انرژی و سرمایه روبـرو هسـتیم. دومیـن مرحله برای طراحی بازیابی انرژی شبکه قسمت سنتز شبکه می‌باشد. در این مـرحله با استفاده از اطلاعات بدست آمده از مرحله اول که هدفگذاری نامگذاری شد و با استفاده از ابـزار لازم نمونـه‌ای از یـک شبکه مبدل حرارتی که بیانگر میزان انرژی هدفگذاری شده باشد ساخته می‌شود،در نهایت طراحی تفصیلی مشخصات کامل مبدل‌های حرارتی بدست می‌آیند.

پایان نامه حاضر در ٦ فصل تنظیم شده است. در فصل اول به تشریح کامل الگوریتم بهینه‌سازی شـبکه مـبدل‌هـای حرارتـی بـه روش‌های مختلف می‌پردازیم. در فصل دوم، روش صحیح و اصولی استخراج داده‌های مورد نیاز به منظور بهینه سازی شبکه مبدل‌های حرارتی تشریح شده است.

در ادامـه، شبکه مبدل‌های حرارتی واحد آروماتیک پتروشیمی بندر امام به عنوان مسئله نمونه با روش افت فشار ثابت مورد بررسی قرار گرفته است.

معرفـی واحد آروماتیک، تعیین نتایج هدفگذاری و سپس طراحی اصلاحی به منظور رسیدن به اهداف موردنظر به ترتیب مباحث فصل ۳ تا ۵ را تشکیل می‌دهد. در انتها مقایسه‌ای بین نتایج حاصل از طراحی با نتایج هدفگذاری صورت می‌گیرد.

فهرست مطالب

عنوان | صفحه

فصل اول – ارزیابی و بهینه سازی شبکه مبدلهای حرارتی و بررسی روش‌های موجود

۱-۱- هدفگذاری در پروژه‌های اصلاح ۱

۱-۱-۱- فلسفه هدفگذاری ۱

۱-۱-۲- هدفگذاری و تعیین ΔT_{min} ۲

۱-۱-۳- تعیین نتایج هدفگذاری بر روی منحنی مرکب ٦

۱-۲- طراحی ۸

۱-۲-۱- ارزیابی مبدلهای موجود ۸

۱-۲-۱-۱- ترسیم شبکه موجود با ΔT_{min} مشخص شده و تعیین مبدلهایی

که از پینچ حرارت می‌گذرانند ۸

۱-۲-۱-۲- ترسیم منحنی رانش (Driving Force Plot) ۹

۱-۲-۱-۳- تحلیل باقیمانده مسئله (Remaining Problem Analysis) ۱۰

۱-۲-۱-۳-۱- انرژی باقیمانده ۱۰

۱-۲-۱-۳-۲- باقیمانده سطح ۱۰

۱-۲-۱-۳-۳- باقیمانده مسئله ΔT_{min} ۱۰

۱-۲-۲- اصلاح مبدلها ۱۲

۱-۲-۲-۱- تغییر دمای چراغهای گرم و سرد وارد شده به مبدل ۱۲

۱-۲-۲-۲- تقسیم جریانهای گذرنده از مبدل ۱۳

۱-۲-۲-۳- تغییر ارایش هندسی پوسته مبدل ۱۵

۱-۲-۲-٤- تغییر موقعیت مبدل ۱٦

۱-۲-۳- طراحی مبدل‌های جدید ۱٦

عنوان | صفحه

۱-۳- روش‌های مختلف به منظور اصلاح شبکه مبدل‌های حرارتی و مقایسه آنها با یکدیگر .. ۱۷

۱-۳-۱- الگوریتم سطح بر اساس ضرائب انتقال حرارت ثابت ۱۷

۱-۳-۱-۱- معایب الگوریتم ضریب انتقال حرارت ثابت ۱۸

۱-۳-۲- الگوریتم با ملاحظه افت فشار..... ۲۰

۱-۳-۲-۱- روابط افت فشار براساس مدل Bell-Delaware..... ۲۲

۱-۳-۲-۱-۱- رابطه میان افت فشار و ضریب انتقال حرارت طرف لوله (Jegede, 1990)۲۲

۱-۳-۲-۱-۲- رابطه میان افت فشار وضریب انتقال حرارت

طرف پوسته Bell-Delaware (Panjeh Shahi, 1992)..... ۲۲

۱-۳-۳- اهمیت بهینه سازی افت فشار در انتگراسیون فرآیند..... ۲۳

۱-۳-۳-۱- بهینه سازی افت فشار در طی مطالعات اصلاحی..... ۲٤

۱-۳-۳-۲- اهداف اصلی در ارتباط با ارائه روش جدید ۲۵

۱-۳-۳-۳- تعریف طرح صرفه جویی و سرمایه گذاری..... ۲۵

۱-۳-۳-٤- تعیین نوع مسیر اصلاحی..... ۲٦

۱-۳-۳-۵- منحنی جدید هدفگذاری بر مبنای بهینه سازی افت فشار ۲۹

فصل دوم – استخراج داده‌های مورد نیاز به منظور اصلاح شبکه مبدلهای حرارتی

۲-۱- مقدمه ۳۱

۲-۲- اطلاعات مورد نیاز ۳۱

۲-۲-۱- داده‌های حرارتی..... ۳۱

۲-۲-۱-۱- اصول و قوانین استخراج داده‌های حرارتی ۳۲

۲-۲-۲- اطلاعات اقتصادی..... ۳۵

۲-۲-۲-۱- هزینه سرویسهای جانبی..... ۳۵

عنوان | صفحه

۲-۲-۲-۲- هزینه نصب مبدل ۳۵

۲-۲-۲-۳- هزینه نصب پمپ ۳۶

۲-۲-۲-٤- هزینه نصب کمپرسور ۳۶

فصل سوم – اصلاح شبکه مبدل‌های حرارتی (طرح نمونه مسئله)

۳-۱- معرفی واحد آروماتیک پتروشیمی بندر امام ۳۷

۳-۱-۱- شرح فرآیند واحد آروماتیک ۳۷

۳-۱-۲- دیاگرام‌های جریان فرآیند (Process Flow Diagram , PFD) ٤۳

۳-۲- استخراج داده‌های مورد نیاز به منظور اصلاح شبکه مبدل‌های حرارتی ٥٦

۳-۲-۱- ساختار شبکه مبدل‌های حرارتی موجود ٥٦

۳-۲-۲- اطلاعات جریان (Stream Data) ٥٦

۳-۲-۳- خواص فیزیکی جریان‌ها (Physical Property Data) ٦۰

۳-۲-٤- اطلاعات مبدل فرآیند - فرآیند ٦۰

۳-۲-٥- اطلاعات عمومی و اقتصادی ٦۳

۳-۲-٥-۱- محاسبه هزینه سرویس‌های جانبی ٦۳

۳-۲-٥-۲- محاسبه هزینه نصب تجهیزات ٦٥

۳-۲-٦- ارزیابی مبدل‌های فرآیند – فرآیند

(Rating of Process - Process Heat Exchanger) ٦٥

فصل چهارم – اصلاح شبکه مبدل‌های حرارتی (هدفگذاری)

٤-۱- معیار انتخاب ΔT_{min} ٦۷

٤-۲- ترسیم منحنی مرکب (Composite Curve) ۷۰

٤-۳- ترسیم منحنی رانش (Driving Force Plot) ۷۰

عنوان	صفحه

۴-۴- ترسیم منحنی سطح – انرژی ۷۰

فصل پنجم – اصلاح شبکه مبدل‌های حرارتی (طراحی)

۵-۱- مقدمه ۷۳

۵-۲- آنالیز مبدلهای موجودی ۷۳

۵-۲-۱- آنالیز مبدل هایی که از پینچ حرارت عبور می‌دهند ۷۳

۵-۲-۲- رسم منحنی نیروی رانش ۷۴

۵-۲-۳- آنالیز باقیمانده مسئله ۷۶

۵-۳- تصمیم گیری‌ها ۸۱

۵-۳-۱- اصلاح مبدل EA-101 A,B ۸۳

۵-۳-۲- اصلاح مبدل EA-201 A/B ۸۵

۵-۳-۳- اصلاح مبدل EA-202 A/B ۸۷

۵-۳-۴- اصلاح مبدل EA-501 A/B,C ۸۸

۵-۳-۵- اصلاح مبدل EA-504 ..... ۸۹

۵-۳-۶- اصلاح مبدل EA-251 A/B ۹۰

۵-۴- تکمیل شبکه ۹۱

۵-۵- بحث و نتیجه‌گیری ۹۵

فصل ششم – پیشنهادات

پیشنهادات ۹۷

مراجع ۹۹

پیوست الف – شبیه سازی جریانهای حرارتی و مبدلهای موجود

پیوست ب – شبیه سازی مبدلهای موجود پس از اصلاح آنها

پیوست ج – شبیه سازی مبدلهای جدید

مرکز اطلاعات علمی آزمایشگاهی ایران

فهرست شکل‌ها

عنوان | صفحه

شکل (۱-۱) منحنی انرژی – سطح ۳

شکل (۱-۲) مسیر اصلاحی شبکه مبدل‌های موجود ۳

شکل (۱-۳) منحنی هزینه – صرفه جویی ٤

شکل (۱-٤) منحنی تعیین بهترین مسیر اصلاح شبکه ٥

شکل (۱-٥) تعیین نتایج هدفگذاری بر روی منحنی مرکب ۷

شکل (۱-٦) منحنی رانش (DFP) ۹

شکل (۱-۷) طراحی به روش ضریب انتقال حرارت ثابت در بازیابی حرکت شبکه ۱۹

شکل (۱-۸) رسم منحنی سرمایه گذاری – پس انداز ۲٦

شکل (۱-۹) منحنی جدید هدفگذاری بر مبنای بهینه سازی افت فشار ۲۸

شکل (۱-۱۰) خلاصه‌ای از روش جدید هدفگذاری شبکه ۳۰

شکل (۲-۱) عمل اختلاط جریان‌ها با دماهای متفاوت میزان انرژی مورد نیاز را افزایش می‌دهد .. ۳۲

شکل (۲-۲) انتخاب روش صحیح در اختلاط جریان‌ها با دماهای متفاوت ۳۳

شکل (۲-۳) روش خطی سازی در تعیین ظرفیت حرارتی جریان‌ها ۳٤

شکل (۳-۱) دیاگرام ساده شده بخش ۱۰۰ واحد آروماتیک ٤٤

شکل (۳-۲) دیاگرام ساده شده بخش ۱-۲۰۰ واحد آروماتیک ٤٥

شکل (۳-۳) دیاگرام ساده شده بخش ۲-۲۰۰ واحد آروماتیک ٤٦

شکل (۳-٤) دیاگرام ساده شده بخش ۲٥۰ واحد آروماتیک ٤۷

شکل (۳-٥) دیاگرام ساده شده بخش ۳۰۰ واحد آروماتیک ٤۸

شکل (۳-٦) دیاگرام ساده شده بخش ٤۰۰ واحد آروماتیک ٤۹

شکل (۳-۷) دیاگرام ساده شده بخش ٥۰۰ واحد آروماتیک ٥۰

عنوان	صفحه

شکل (۳-۸) دیاگرام ساده شده بخش ۶۰۰ واحد آروماتیک ۵۱

شکل (۳-۹) دیاگرام ساده شده بخش ۷۰۰ واحد آروماتیک ۵۲

شکل (۳-۱۰) دیاگرام ساده شده بخش ۵۵۰ واحد آروماتیک ۵۳

شکل (۳-۱۱) دیاگرام ساده شده بخش ۷۵۰ واحد آروماتیک ۵۴

شکل (۳-۱۲) نمودار جریانی فرآیند واحد آروماتیک ۵۵

شکل (۳-۱۳) ساختار شبکه موجود مبدل‌های حرارتی واحد آروماتیک ۵۷

شکل (۴-۱) منحنی مرکب جریانهای حرارتی واحد آروماتیک ۷۱

شکل (۴-۲) منحنی رانش (DFP) ۷۱

شکل (۴-۳) منحنی ΔT_{min}-E ۷۲

شکل (۴-۴) منحنی ΔT_{min}-A ۷۲

شکل (۵-۱) بررسی وضعیت مبدل‌های موجود با تعیین مرزهای پینچ بر روی شبکه ۷۵

شکل (۵-۲) نمایش عملکرد مبدل EA-101 A,B بر روی منحنی رانش ۷۷

شکل (۵-۳) نمایش عملکرد مبدل EA-201 A/B بر روی منحنی رانش ۷۷

شکل (۵-۴) نمایش عملکرد مبدل EA-202 A/B بر روی منحنی رانش ۷۸

شکل (۵-۵) نمایش عملکرد مبدل EA-251 A/B بر روی منحنی رانش ۷۸

شکل (۵-۶) نمایش عملکرد مبدل EA-501 A/B,C بر روی منحنی رانش ۷۹

شکل (۵-۷) نمایش عملکرد مبدل EA-502 بر روی منحنی رانش ۷۹

شکل (۵-۸) نمایش عملکرد مبدل EA-504 بر روی منحنی رانش ۸۰

شکل (۵-۹) نمایش خط عملکرد مبدل EA-101 A,B بعد از اصلاح ۸۴

شکل (۵-۱۰) نمایش خط عملکرد مبدل EA-201 A/B بعد از اصلاح ۸۶

شکل (۵-۱۱) نمایش خط عملکرد مبدل EA-202 A/B بعد از اصلاح ۸۷

عنوان | صفحه

شکل (۵-۱۲) نمایش خط عملکرد مبدل EA-501 A/B,C بعد از اصلاح ۸۸

شکل (۵-۱۳) نمایش خط عملکرد مبدل EA-504 بعد از اصلاح ۸۹

شکل (۵-۱٤) نمایش خط عملکرد مبدل EA-251 A/B بعد از اصلاح ۹۰

شکل (۵-۱۵) وضعیت مبدلهای موجود بعد از تصحیح بر روی شبکه ۹۲

شکل (۵-۱٦) ساختار شبکه نهایی بعد از نصب مبدلهای جدید ۹٦