



دانشگاه آزاد اسلامی

واحد تهران جنوب

دانشکده تحصیلات تكمیلی

پایان نامه جهت اخذ کارشناسی ارشد (M.Sc)

مهندسی شیمی طراحی فرایند

—

عنوان:

اصلاح شبکه مبدل‌های حرارتی واحد تقطیر پالایشگاه تهران

استاد راهنما:

استاد مشاور:

تحقیق و نگارش:

فهرست مطالب

| عنوان | صفحه |
|--|------|
| چکیده | الف |
| فصل اول | |
| مقدمه‌ای بر اصلاح شبکه مبدل‌های حرارتی | ۲ |
| گزینه‌های اصلاح در شبکه مبدل‌های حرارتی | ۳ |
| افزایش مبدل‌های حرارتی | ۳ |
| آرایش مجدد مبدل‌های حرارتی | ۴ |
| تغییر در جریان مبدلها | ۴ |
| اضافه کردن سطح به مبدل‌های موجود و یا تغییر در واحدهای جانبی | ۴ |
| روش‌های موجود در اصلاح شبکه مبدل‌های حرارتی | |
| اصلاح شبکه بصورت یک طرح جدید (اصلاح کامپیوتری) | ۵ |
| اصلاح شبکه بوسیله بازبینی مستقیم آن | ۵ |
| اصلاح شبکه با استفاده از تکنولوژی Pinch | ۶ |

فصل دوم

| | |
|----|----------------------------------|
| ۹ | مروری بر اصول تکنولوژی Pinch |
| ۹ | جدول روند نمای مسئله |
| ۹ | ایجاد بازه دمایی |
| ۱۰ | محاسبه آنتالپی خالص برای هر بازه |
| ۱۰ | آنالیز آبشاری |
| ۱۱ | مثال ۲-۱ |
| ۱۳ | مفهوم Pinch |
| ۱۳ | قوانين طلایی Pinch |
| ۱۶ | روش طراحی Pinch |
| ۲۰ | تقسیم جریان‌ها |
| ۲۴ | منحنی ترکیبی |
| ۲۹ | منحنی ترکیبی جامع |
| ۳۲ | انتخاب واحد پشتیبانی |
| ۳۲ | روغن داغ در گردش |
| ۳۳ | کوره |

در جات آزادی مستقل در کوره ۳۸.....

مسائل آستانه ای ۳۹.....

فصل سوم

۴۳..... Total cost targeting

هدفگذاری تعداد واحدهای مبدل ۴۳.....

حداقل تعداد واحدها در کل شبکه ۴۴.....

هدفیابی تعداد واحدها برای شبکه MER ۴۵.....

هدفیابی تعداد واحدها برای انتقال حرارت عمودی ۴۵.....

تعداد حلقه‌ها در یک شبکه ۴۵.....

هدفگذاری مساحت مبدل‌های حرارتی ۴۵.....

هدفگذاری برای تعداد پوسته‌ها ۵۲.....

مثال ۳-۱ ۶۱.....

هزینه کلی سالیانه ۶۹.....

هزینه عملیاتی (واحد پشتیبانی) ۷۰.....

فصل چهارم

هدفیابی در متاد Pinch برای بهبود شبکه مبدل‌های حرارتی ۷۲.....

فلسفه هدفیابی

| | |
|----------|--|
| ۷۹..... | بهینه‌سازی هدفمند براساس رابطه هزینه - انرژی |
| ۸۰ | بهترین نقطه برای طراحی روی منحنی (AREA_ENERGY) |
| ۸۱..... | بهترین مسیر برای اصلاح شبکه موجود کدام است |
| ۸۵..... | روش هدفیابی |
| ۸۶..... | تعیین مسیر بهینه‌سازی با استفاده از (α) |
| ۸۹..... | برآورد هزینه‌های سرمایه‌گذاری و میزان ذخیره‌سازی انرژی در اصلاح شبکه |
| ۹۳..... | ابزار و روش طراحی |
| ۹۳..... | بررسی مبدل‌های عبوری از Pinch |
| ۹۴..... | منحنی نیروی محرکه |
| ۹۷..... | دیدگاه اول |
| ۹۸..... | دیدگاه دوم |
| ۹۸..... | دیدگاه سوم |
| ۹۹..... | دیدگاه چهارم |
| ۹۹..... | دیدگاه پنجم |

| | |
|---|-----|
| دیدگاه ششم | ۱۰۰ |
| تحلیل مسائل باقیمانده | ۱۰۱ |
| سطح حرارتی باقیمانده | ۱۰۴ |
| تغییر موقعیت مبدل‌های حرارتی | ۱۰۷ |
| انتقال عمودی | ۱۰۹ |
| انتقال افقی | ۱۰۹ |
| انطباق ΔT و تغییر نسبت C_p ها | ۱۱۱ |
| نتیجه‌گیری | ۱۱۳ |
| طراحی | ۱۱۵ |
| تحلیل مبدل‌های موجود | ۱۱۵ |
| تصحیح مبدل‌های نامناسب | ۱۱۶ |
| جایگذاری مبدل‌های جدید | ۱۱۷ |
| اعمال تغییرات ممکن در طرح | ۱۱۹ |
| فصل پنجم | |
| معرفی شرکت پخش و پالایش تهران | ۱۲۱ |
| شرح فرایند واحد تقطیر شمالی پالایشگاه تهران | ۱۲۱ |
| واحد تقطیر اتمسفریک | ۱۲۲ |

| | |
|---|--|
| واحد تقطیر در خلاء ۱۲۹ | |
| قسمت تثبیت و تفکیک بنزین ۱۳۴ | |
| فصل ششم | |
| محاسبات و نتایج ۱۳۶ | |
| استخراج داده‌ها ۱۳۷ | |
| ضریب انتقال حرارت در Tube ۱۳۷ | |
| ضریب انتقال حرارت در Shell ۱۳۸ | |
| هزینه سرمایه‌گذاری ۱۴۲ | |
| هدفیابی پروژه ۱۴۲ | |
| داده‌های هزینه ۱۴۳ | |
| هزینه‌های عملیاتی ۱۴۳ | |
| محاسبه بازده سطح شبکه فعلی ۱۴۷ | |
| رسم منحنی Area-Energy ۱۴۹ | |
| محاسبه میزان صرفه‌جویی انرژی و میزان مساحت اضافی ۱۵۳ | |
| تحلیل اقتصادی صرفه‌جویی بر حسب میزان سرمایه‌گذاری ۱۵۴ | |
| تعیین ΔT_{min} هدف ۱۵۹ | |
| تحلیل شبکه مبدل‌های فعال ۱۶۱ | |

| | |
|----------------------------------|-----|
| مرحله اشکال زدایی | ۱۶۶ |
| نتایج اصلاح شبکه مبدل‌های حرارتی | ۱۶۷ |
| نتیجه‌گیری و پیشنهادات | ۱۷۲ |
| علام و نشانه‌ها و اختصارات | ۱۷۸ |
| مراجع | ۱۸۳ |
| چکیده لاتین | ۱۸۷ |

فهرست شکلها و نمودارها

| صفحه | شماره شکل و عنوان |
|------|--|
| ۷ | ۱-۱ فلوچارت اصلاح شبکه توسط مت pinch |
| ۱۰ | ۱-۲ منحنی ترکیبی سرد و گرم به میزان $\frac{\Delta T_{\min}}{2}$ داده شده است |
| ۱۴ | ۲-۱ انرژی از میان pinch نباید عبور کند |
| ۱۴ | ۲-۲ تأسیسات گرم در پایین pinch نباید بکار رود |
| ۱۴ | ۲-۳ تأسیسات سرد در بالای pinch نباید بکار رود |
| ۱۵ | ۲-۴ منحنی ترکیبی منطقه‌بندی شده |
| ۱۷ | ۲-۵ جایگذاری مبدل‌های حرارتی (match) در بالای pinch |
| ۱۸ | ۲-۶ جایگذاری مبدل‌های حرارتی (match) در پایین pinch |
| ۱۹ | ۲-۷ طرح کامل از شبکه مبدل‌های حرارتی طبق داده‌های جدول ۲-۱ |
| ۲۰ | ۲-۸ چریان بخاطر مشکل CP Spilt |
| ۲۱ | ۲-۹ چریان‌ها بخاطر CP و تعداد چریانات |
| ۲۲ | ۲-۱۰ چریان‌ها بخاطر Spilt و Spilt ۲ |
| ۲۳ | ۲-۱۱ فلوچارت Spilt نمودن شبکه |
| | ۲-۱۲ یک مسئله بازیابی حرارتی ساده توسط یک چریان سرد و یک چریان گرم |

| | |
|--|----|
| ۱۲-۲ منحنی هزینه براساس ΔT_{min} | ۲۴ |
| ۲-۱۴ PFD فرآیند | ۲۵ |
| ۲-۱۵ منحنی ترکیبی تراز شده | ۲۷ |
| ۲-۱۶ منحنی ترکیب جامع | ۲۹ |
| ۲-۱۷ فاصله زیاد بین دو قسمت منحنی Gap | ۳۰ |
| ۲-۱۸ استفاده از روغن داغ بعنوان واحد پشتیبانی گرم | ۳۱ |
| ۲-۱۹ استفاده از کوره بعنوان واحد پشتیبانی گرم | ۳۲ |
| ۲-۲۰ کاهش هوای اضافی کوره و پیش گرم کردن هوای اتاق | ۳۴ |
| ۲-۲۱ حداقل دمای Stack بوسیله نقطه شبنم اسیدی ثابت شده است | ۳۶ |
| حداقل دمای Stack بوسیله فرایند ثابت شده است | ۳۶ |
| ۲-۲۲ تقاطع خط گاز خروجی کوره با محور دمای بازده در نقطه شبنم اسیدی | ۳۶ |
| ۲-۲۳ بررسی مسایل آستانه روی منحنی H-T | ۳۸ |
| ۳-۱ تجمع جریانات روی بازده‌های آنتالپی | ۴۶ |
| ۳-۲ مبدل partly Counter – Current (1-2) | ۴۸ |
| ۳-۳ مقایسه حالت 1-2 Shell & Tube , pure – Counter – Current | ۴۹ |
| ۳-۴ مقایسه انتقال حرارت عمودی و غیرعمودی در مبدلها | ۵۰ |

| | |
|--|----|
| ۳-۵ دمای جریان گرم خروجی بیشتر از دمای جریان سرد خروجی..... | ۵۱ |
| ۳-۶ دمای جریان گرم خروجی کمتر از دمای سرد خروجی | ۵۲ |
| ۳-۷ دمای تلاقی خیلی زیاد می باشد | ۵۳ |
| ۳-۸ بررسی امکان طراحی مبدل‌های پوسته و لوله (1-2) | ۵۴ |
| ۳-۹۰۰ | |
| ۳-۱۰ سری کردن پوسته‌ها سبب کاهش دمای تلاقی در مبدل‌ها می شود..... | ۵۷ |
| ۳-۱۱ فلوچارت هدف‌یابی هزینه کلی سالیانه..... | ۶۷ |
| ۳-۱۲ میزان ΔT_{min} بهینه با توجه به کمترین هزینه کلی سالیانه..... | ۶۸ |
| ۴-۱ انواع مختلف نمودارهای ترکیبی | ۷۱ |
| ۴-۲ منحنی سطح حرارتی بر حسب انرژی | ۷۶ |
| ۴-۳ مسیر عملی برای پروژه‌های بهینه‌سازی | ۷۹ |
| ۴-۴ مسیرهای متفاوت جهت بهینه‌سازی شبکه و بهترین مسیر اصلاح..... | ۷۹ |
| ۴-۵ افزایش زمان بازگشت سرمایه با افزایش میزان سرمایه‌گذاری | ۸۰ |
| ۴-۶ منحنی ذخیره‌سازی انرژی بر حسب سرمایه‌گذاری | ۸۱ |
| ۴-۷ راندمان سطح حرارتی (α) | ۸۲ |
| ۴-۸ α -Incremental منحنی | |
| ۴-۹ چهار منطقه مشخص شده در منحنی A-E | ۸۵ |

| | |
|---|-----|
| ۴-۱۰ تعیین ΔE و ΔA توسط منحنی α ثابت | ۸۶ |
| ۴-۱۱ خلاصه روش هدفیابی | ۸۹ |
| ۴-۱۲ مقایسه Match های عمودی و غیرعمودی در منحنی نیروی محرکه | ۹۱ |
| ۴-۱۳ رسم منحنی نیروی محرکه از منحنی ترکیبی | ۹۲ |
| ۴-۱۴ نمایش یک جفت روی منحنی نیروی محرکه | ۹۳ |
| ۴-۱۵ دیدگاه اول: pinch بالای نقطه pinch Match باشد | ۹۴ |
| ۴-۱۶ دیدگاه دوم: pinch پایین نقطه pinch Match باشد | ۹۵ |
| ۴-۱۷ دیدگاه سوم: عبور از pinch از بالا به پایین | ۹۶ |
| ۴-۱۸ دیدگاه چهارم: عبور از pinch از پایین به بالا | ۹۶ |
| ۴-۱۹ دیدگاه پنجم: حالت تخلف ΔT_{min} | ۹۷ |
| ۴-۲۰ دیدگاه ششم: حالت ناکارا | ۹۸ |
| ۴-۲۱ | ۹۹ |
| ۴-۲۲ تحلیل سطح حرارتی باقیمانده با انرژی ثابت | ۱۰۲ |
| ۴-۲۳ تحلیل ΔT_{min} باقیمانده | ۱۰۴ |
| ۴-۲۴ انتقال مبدل‌های حرارتی بصورت عمودی | ۱۰۶ |
| ۴-۲۵ انتقال مبدل‌های حرارتی بصورت افقی | ۱۰۷ |
| ۴-۲۶ انتقال مبدل‌های حرارتی بوسیله تغییر شب (تغییر نسبت CP ها) | ۱۰۷ |

| | |
|--|-----|
| ۴-۴ انتقال با تغییر نسبت CP‌ها و تغییر ΔT | ۱۰۸ |
| ۴-۴ فلوچارت روش تحلیل مبدل‌های موجود | ۱۱۳ |
| ۴-۴ خلاصه فلوچارت تصحیح مبدل‌های نامناسب | ۱۱۴ |
| ۴-۴ خلاصه فلوچارت روش جایگذاری مبدل‌های جدید | ۱۱۶ |
| ۵-۱ واحد تقطیر پالایشگاه تهران PFD | ۱۳۳ |
| ۶-۱ منحنی Energy بر حسب Area | ۱۴۸ |
| ۶-۲ منحنی α و α constant | ۱۴۹ |
| ۶-۳ منحنی صرفه‌جویی بر حسب میزان سرمایه‌گذاری | ۱۵۶ |
| ۶-۴ منحنی ترکیبی سرد و گرم در $\Delta T_{min \text{ opt}}$ | ۱۵۷ |
| ۶-۵ منحنی ترکیبی جامع (G.C.C) در $\Delta T_{min \text{ opt}}$ | ۱۵۷ |
| ۶-۶ مبدل‌هایی که حرارت را از pinch عبور داده و یا تأسیساتی که بطور نامناسب جایگذار شده‌اند | ۱۵۹ |
| ۶-۷ منحنی نیروی محرکه شبکه مبدل‌های حرارتی واحد تقطیر پالایشگاه تهران | ۱۶۲ |
| ۶-۸ وضعیت نهایی شبکه پس از اصلاح | ۱۷۴ |
| ۶-۹ وضعیت شبکه قبل از اصلاح | ۱۷۳ |

فهرست جداول

| صفحه | شماره و عنوان جدول |
|------|---|
| ۱۵ | ۲-۱ جدول داده‌ها و اطلاعات جریانها |
| ۱۶ | ۲-۲ جدول داده‌ها و اطلاعات جریانها |
| ۲۵ | ۲-۳ جدول مربوط به داده‌های جریان |
| ۲۶ | ۴-۲ جدول مربوط به منحنی ترکیبی جریان گرم |
| ۲۶ | ۴-۲ جدول مربوط به منحنی ترکیبی جریان سرد |
| ۲۹ | ۶-۲ داده‌های مربوط به رسم منحنی ترکیبی جامع |
| ۴۵ | ۱-۳ داده‌ها جریان‌ها و تأسیسات |
| ۴۸ | ۲-۳ مساحت هدفیابی شده شبکه مثال فوق |
| ۶۱ | ۴-۳ نتیجه F_T برای بازه‌های مختلف N, P, R |
| ۶۲ | ۵-۳ نتایج مساحت جدول‌های (۱-۱) و مبدل‌های (۱-۲) |
| ۷۲ | ۱-۴ مقادیر شاخص ΔT_{min} برای فرایندهای مختلف |
| ۷۳ | ۲-۴ مقادیر شاخص ΔT_{min} برای واحدهای پشتیبانی مختلف که در |
| | مقابل جریانهای فرآیندی مورد استفاده قرار می‌گیرند. |
| ۷۴ | ۳-۴ مقادیر شاخص ΔT_{min} در بهینه‌سازی فرایندهای مختلف پالایش |

| | |
|--|---------|
| ۴-۴ مراحل طراحی پروژه‌های Retrofit | ۱۱۲ |
| ۶-۱ اطلاعاتی و داده‌های مربوط به جریان‌های استخراج شده واحد تقطیر | ۱۲۸ |
| ۶-۲ داده‌های صحیح هزینه برای اصلاح | ۱۴۱ |
| ۶-۳ داده‌های مربوط به هزینه تأسیسات گرم و تأسیسات سرد | ۱۴۲ |
| ۶-۴ مشخصات مبدل‌های فرایند به فرایند | ۱۴۲ |
| ۶-۵ مشخصات تأسیسات گرم | ۱۴۳ |
| ۶-۶ مشخصات کولر هوایی | ۱۴۴ |
| ۶-۷ مشخصات خنک کننده آبی | ۱۴۴ |
| ۶-۸ نتایج مربوط به A_{\max} ، $\Delta\alpha = 1$ و $A(1-1)$ | ۱۴۹ |
| ۶-۹ نتایج مربوط به ΔA و ΔN و ذخیره‌سازی انرژی در ΔT_{\min} های مختلف | ۱۵۳ |
| ۶-۱۰ نتایج مربوط به میزان صرفه‌جویی و میزان سرمایه‌گذاری در ΔT_{\min} های مختلف | ۱۵۴ |
| ۶-۱۱ فهرست مبدل‌هایی که از pinch عبور کرده و یا تأسیساتی که بطور نامناسب جایگذار شده اند | ۱۶۱ |
| ۶-۱۲ نتایج اصلاح شبکه مبدل‌های حرارتی | ۱۶۴-۱۶۸ |

چکیده :

کارکرد شبکه مبدل‌های حرارتی تأثیر بسزایی در مصرف انرژی دارد تکنولوژی *pinch* روش طراحی مؤثری را برای پروژه‌های جدید و اصلاحی ارائه می‌نماید از جمله فرآیندهای مهم واحد تقطیر می‌باشد که اولین فرایند در پالایشگاهها محسوب می‌شود بنابراین بایستی به دنبال بهبود و افزایش کارایی آن باشیم.

اطلاعات پس از استخراج از جریانهای موجود مورد بررسی قرار گرفته مجموعاً شامل ۳۷ جریان هستیم که ۲۵ جریان گرم و ۱۲ جریان سرد می‌باشد و اطلاعات اقتصادی جزو ملزومات کار است از روش راندمان سطح برای بدست آوردن مراحل هدف‌گذاری و طراحی استفاده می‌شود برای مرحله اشکال‌زدایی از نرم‌افزار معروف *Aspen pinch* استفاده نموده‌ایم طراحی موجود با استفاده از اثر مقابل هزینه‌های اصلی و انرژی بهبود می‌باید. مقدار مصرف تأسیاست گرم برابر 12856 kW می‌باشد و راندمان سطح حرارتی برای طراحی موجود برابر 7°C است از روش راندمان سطح مقدار ΔT_{\min} بهینه برابر 14°C بدست می‌آید.

برای اصلاح شبکه از این اختلاف دمایی استفاده می‌نماییم و ابتدا مبدل‌هایی که باعث هدر رفتن انرژی و عبور انرژی از *pinch* می‌شوند را مشخص نموده و در نهایت کار را با تغییراتی در فرایند آغاز می‌نماییم که این تغییرات شامل اضافه کردن مبدل‌های جدید، جایگزینی مبدل‌ها و تعویض جریانها می‌باشد.