بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده مهندسی مکانیک

گروه سیالات

تحلیل سیستم های بازیافت گازهای ارسالی به فلر و تولید قدرت(برق)از گازهای فلر

یوسف لعل بهرامپور

اساتید راهنما:

دکتر مجید هاشمیان

دکتر مجید عمیدپور

پایان نامه کارشناسی ارشد

بهمن ۱۳۹۱

تقدیر و تشکر:

تقدیم به همسر عزیزم که در تمامی لحظات پشتیبان و همراه من بوده است.

با تشکر از پدر و مادر مهربانم، و تقدیر بی پایان از زحمات بی شائبه دکتر هاشمیان، استاد عزیز و دلسوزم که بی شک اگر راهنمایی های ایشان نبود، این پژوهش به نتیجه نمی رسید.

تعهد نامه

اینجانب **یوسف لعل بهرامپور** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته مکانیك- مهندسی سیستم‌های انرژی دانشکده مکانیك دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه **"تحلیل سیستم بازیافت گازهای ارسالی به واحد فلر و تولید قدرت(برق) از گازهای فلر"** تحت راهنمائی جناب آقای **دکتر هاشمیان و دکتر عمیدپور** متعهد می شوم:

- **تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.**
- **در استفاده از نتایج پژوهش‌های محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است .**
- **مطالب مندرج در پایان‌نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.**
- **کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد و مقالات مستخرج با نام «دانشگاه صنعتی شاهرود» و یا «Shahrood University of Technology» به چاپ خواهد رسید .**
- **حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان‌نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می‌گردد.**
- **در کلیه مراحل انجام این پایان‌نامه، در مواردی که از موجود زنده (یا بافت‌های آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است .**
- **در کلیه مراحل انجام این پایان‌نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است.**

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- **کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج ، کتاب ، برنامه های رایانه ای ، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد . این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود .**
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی‌باشد

فهرست:

فهرست مطالب:

فهرست مطالب: ..... أ

فهرست جداول: ..... ن

فهرست شکل ها: ..... ع

۱-۱- تعریف مسئله ۲

۱-۲- جغرافیا و گستردگی فلرینگ گاز در سطح جهان ۵

۱-۲-۱-آمار مربوط به گازهای سوزانده شده در ایران ۸

۱-۲-۱-۱- گازهای همراه ۹

۱-۲-۱-۲- پالایشگاه های نفت ۱۱

۱-۲-۱-۳- پالایشگاه های گاز و سیستم های فرآورشی گاز در مناطق نفت خیز جنوب ۱۲

۱-۳- اهمیت کاهش و بازیابی گاز فلر ۱۳

۱-۳-۱- ارزش اقتصادی گازهای فلر ۱۴

۱-۳-۲- اثرات زیان آور گازهای فلر ۱۵

۱-۴- پیشینه پژوهش ۱۶

۱-۴-۱- مطالعات و فعالیت های انجام شده در سطح دنیا ۱۶

۱-۴-۲- مطالعات و فعالیت های انجام شده در ایران ۱۷

۱-۵- اهداف تحقیق حاضر ۱۸

۱-۶طراحی سیستم ۱۹

۲-۱ بررسی وضعیت مطلوب: ۲۱

۲-۲- مقدمه ای بر سیستم های فلر ۲۱

۲-۲-۱- انواع فلر ۲۲

۲-۲-۲- اجزای سیستم فلر ۲۳

۲-۲-۲-۱- سیستم جمع آوری و انتقال گازهای آزاد شده ۲۴

۲-۲-۲-۲- ظروف مایع گیر (مخزن ضربه گیر) ۲۴

۲-۲-۲-۳- آب بند مایع ۲۵

۲-۲-۲-۴- دودکش ۲۵

۲-۲-۲-۵- آببند گازی ۲۶
۲-۲-۲-۶- نوک آتشخان ۲۷
۲-۲-۲-۷- پایلوت آتشخان ۲۷
۲-۲-۲-۸- سیستم کنترل ۲۸
۲-۲-۳- مکانیزم احتراق سیستم فلر ۲۸
۲-۲-۴- انتشار آلاینده های فلر ۲۹
۲-۲-۵- موارد کاربرد گازهای فلر بازیافت شده ۳۰
۲-۲-۵-۱- کاربرد گاز فلر بازیابی شده به عنوان سوخت گازی ۳۰
۲-۲-۵-۲- تولید برق با استفاده از گاز فلر ۳۱
۲-۲-۵-۳- تبدیل گاز فلر به هیدروکربن های سنگین یا LPG ۳۲
۲-۲-۵-۴- تبدیل گازهای فلر بازیافت شده به گاز مایع طبیعی ۳۳
۲-۲-۵-۵- بازگرداندن به فرآیند تولید یا مصرف به عنوان خوراک سایر واحدها ۳۴
۲-۲-۵-۶- فرآیندهای تبدیل گاز فلر به میعانات ۳۴
۲-۲-۵-۷- تزریق گاز همراه به چاه های نفت جهت ازدیاد برداشت ۳۵
۲-۲-۵-۸- صادرات گاز همراه ۳۶
۲-۳- اصول اولیه بازیافت گاز فلر ۳۸
۲-۴- عوامل موثر در طراحی سیستم بازیابی ۳۹
۲-۴-۱- دبی گازهای ارسالی به فلر در حالت پیوسته ۴۰
۲-۴-۲- حداکثر فشار مجاز در مخزن ضربه گیر ۴۰
۲-۴-۳- ترکیب یا جرم مولکولی گاز ۴۰
۲-۴-۴- دمای گاز ۴۰
۲-۴-۵- فشار خروجی واحد بازیافت ۴۰
۲-۴-۶- دمای گاز خروجی از سیستم بازیافت ۴۰
۲-۴-۷- قطر و جنس لوله انتقال گازهای فلر ۴۰
۲-۴-۸- ارزش گاز فلر ۴۱
۲-۵ مقایسه کلی وضعیت انرژی (در حالت موجود و مطبوب) ۴۱
۳-۱کاربرد دروس دوره ارشد در روند اجرای پروژه ۴۴
۳-۲ مطالعات و فعالیت های انجام شده در سطح دنیا ۴۵

۳-۳مطالعات و فعالیت های انجام شده در ایران ۵۰
۳-۳-۱ برنامه ریزی های انجام شده جهت بازیافت گاز فلر در ایران ۵۲
۳-۳-۱-۱ مناطق نفت خیز جنوب ۵۲
۳-۳-۱-۲ نفت مناطق مرکزی ۵۳
۳-۳-۱ -۳- نفت فلات قاره ۵۳
۳-۳-۱ -۴- منطقه گازی پارس جنوبی ۵۴
۳-۳-۱-۵- پالایشگاه های نفت ۵۴
۳-۴ بررسی تأثیرات پروژه مورد مطالعه بر بهبود راندمان ۵۴
۳-۵- روش های کاهش تولید و بازیابی گازهای ارسالی به فلر ۵۶
۳-۵-۱- انتخاب راهکار مناسب ۵۶
۳-۵-۱-۱- بخش فرآیند ۵۶
۳-۵-۱-۲- شبکه جمع آوری ۵۷
۳-۵-۱-۳- سیستم فلر ۵۷
۳-۵-۲- روش های کاهش تولید گازهای ارسالی به فلر از طریق بهبود شرایط فرآیندها ۵۷
۲-۲-۲-۱- جلوگیری از نشتی شیرهای اطمینان و سایر وسائل مشابه ۵۸
۳-۵-۲-۲- جلوگیری از نشتی در کمپرسورها ۵۸
۳-۵-۲-۳- اصلاح فرآیند واحدهای آب ترش ۵۹
۳-۵-۲-۴- جایگزینی هیدروکربن استریپ کننده با نیتروژن ۵۹
۳-۵-۲-۵- جایگزینی هیدروکربن پوشاننده با نیتروژن ۵۹
۳-۵-۲-۶- ظرفیت تجهیزات ۶۰
۳-۵-۲-۷- استفاده از اندازه گیرهای جریان چندفازی ۶۰
۳-۵-۲-۸- استفاده از پمپ های چندفازی ۶۰
۳-۵-۳- کاهش تولید گازهای فلر از طریق بهبود عملکرد سیستم فلر ۶۰
۳-۵-۳-۱- کاهش گازهای تخلیه ۶۰
۳-۵-۳-۲- وضعیت سر مشعل ۶۱
۳-۵-۳-۳- جایگزینی پرج هیدروکربن با پرج نیتروژن ۶۱
۳-۵-۳-۴- اصلاح یا جایگزینی پیلوت های مشعل ۶۱
۳-۵-۳-۵- اصلاح یا جایگزینی سیستم های جرقه زنی ۶۱

۳-۵-۳-۶- اصلاح شبکه فلر پالایشگاه و تعدا فلرهای در حال استفاده..... ۶۱
۳-۵-۴- روش های بازیابی گازهای ارسالی به فلر..... ۶۲
۳-۵-۴-۱- انواع روش های بازیابی گازهای فلر..... ۶۲
۳-۵-۴-۲- اصول اولیه بازیابی گازهای فلر..... ۶۳
۳-۵-۴-۳- فرآیند بازیافت گاز فلر FGR..... ۶۴
۳-۵-۴-۴- کمپرسورهای با رینگ مایع..... ۶۵
۳-۶- تعیین پارامترهای طراحی سیستم بازیابی گاز فلر..... ۶۷
۳-۶-۱- ویژگی های عمومی خطوط فلر..... ۶۸
۳-۶-۲- تعیین ترکیب گازها در سیستم فلر..... ۶۹
۳-۶-۲-۱- روش اسپکتروفتومتری..... ۶۹
۳-۶-۲-۲- روش تابش..... ۷۰
۳-۶-۲-۳- روش تابش شیمیایی..... ۷۰
۳-۶-۲-۴- روش آشکار ساز شعله..... ۷۰
۳-۶-۲-۵- روش آشکار ساز پرتو نورانی..... ۷۰
۳-۶-۲-۶- روش کروماتوگرافی گاز (GC)..... ۷۱
۳-۶-۲-۷- روش اسپکترومتری جرمی..... ۷۱
۳-۶-۲-۸- روش سلول الکتروشیمیایی..... ۷۱
۳-۶-۲-۹- روش آرایه دیود نوری/فرابنفش..... ۷۱
۳-۶-۲-۱۰- وسایل پارامگنتیک..... ۷۱
۳-۶-۳- تعیین دبی جریان گاز فلر [۱]..... ۷۲
۳-۶-۳-۱- دلایل استفاده از دبی سنج روی خطوط فلر..... ۷۲
۳-۶-۳-۲- احتیاجات و مشخصات یک دبی سنج مناسب جهت فلر..... ۷۳
۳-۶-۳-۳- دبی سنج توربینی..... ۷۳
۳-۶-۳-۴- دبی سنج گرمائی..... ۷۴
۳-۶-۳-۵- دبی سنج انوبار..... ۷۵
۳-۶-۳-۶- دبی سنج آلتراسونیک..... ۷۶
۳-۶-۴- محل قرار گرفتن اندازه گیرها..... ۷۸
۳-۶-۵- تعیین سایر مشخصات سیستم فلر جهت طراحی سیستم بازیابی..... ۷۹

۳-۷- ملاحظات ایمنی در سیستم های بازیابی گاز فلر [۴] ۷۹
۳-۷-۱- دسترسی به فلر ۷۹
۳-۷-۲- جریان برگشتی ۸۰
۳-۷-۳- ویژگی های گاز فلر ۸۰
۳-۸- ملاحظات طراحی سیستم های بازیافت گاز فلر [90] ۸۰
۳-۸-۱- سایزینگ ۸۰
۳-۸-۲- موقعیت ۸۱
۳-۸-۳- اتصال فلر ۸۳
۴-۱-پالایشگاه‌ها: ۸۷
۴-۲- پالایشگاه(پالایشگاه شماره ۲ تهران) ۸۷
۴-۲-۱- اطلاعات جغرافیایی و آب و هوایی محل سایت ۸۷
۴-۲-۲- سرویس های جانبی مورد نیاز سایت ۸۷
۴-۲-۳- سوخت های مصرفی در پالایشگاه ۸۹
۴-۲-۳-۱- سوخت گازی ۸۹
۴-۳- تعیین مشخصات گازهای ارسالی به فلر در پالایشگاه تهران ۹۱
۴-۳-۱- تعیین آنالیز گازهای ارسالی به فلر ۹۱
۴-۳-۲- تعیین دبی جریان گازهای ارسالی به فلر ۹۳
۱) تعیین دبی گاز با استفاده از ترکیب مولکولی گاز ارسالی به مشعل ۹۶
۲) تعیین دبی گاز با استفاده از میزان باز بودن شیر های کنترل جریان گاز واقع در بالای ظرف آب بند ۹۶
۳) تعیین دبی گاز با استفاده از شبیه سازی جریان گاز عبوری از خط لوله بین ظرف مایع گیر و آب بند گاز ۹۷
۴) محاسبات تعیین دبی گاز با استفاده از میزان بخار مورد نیاز ۹۷
۵) محاسبات تعیین دبی گاز با استفاده از روش موازنه جرم در واحد ۹۷
۴-۴- اصلاح شبکه فلرینگ و تغییرات مورد نیاز سیستم ۹۹
۴-۴-۱- تعیین ظرفیت و مشخصات سیستم بازیابی ۱۰۰
۴-۴-۲- تعیین تکنولوژی مناسب جهت سسیستم بازیافت ۱۰۲
۴-۵سکوها: ۱۰۴
۴-۵-۱ اطلاعات جغرافیایی و آب و هوایی محل سایت ۱۰۴
۴-۵-۲سیستم برق سکو: ۱۰۴

۴-۶آنالیز گاز فلر: ۱۰۷
۴-۶-۱توربین گاز: ۱۱۱
۴-۶-۱-۱بررسی کلی: ۱۱۱
۴-۶-۱-۲انواع میکروتوربین ها ۱۱۲
۴-۶-۱-۳اجزاء سیستم: ۱۱۳
۴-۶-۱-۴ریکو پرتر recuperator ۱۱۳
۴-۶-۱-۵کامبوستر Combustor : ۱۱۵
۴-۶-۱-۶بلبرینگ‌ها: ۱۱۵
۴-۶-۱-۷ویژگی‌های طراحی ۱۱۶
۴-۶-۱-۸عملکرد سیستم: ۱۱۷
۴-۶-۱-۹مقایسه هزینه و عملکرد: ۱۱۸
۴-۶-۱-۱۰ ملاحظات طراحی میکرو توربین ها ۱۱۸
۴-۶-۱-۱۰-۱تاثیر نسبت تراکم و دمای ورودی به توربین بر بازده و قدرت توربین ۱۱۸
۴-۶-۱-۱۰-۲عملکرد در بار جزئی: ۱۲۰
۴-۶-۱-۱۱تاثیر شرایط محیط بر کارکرد میکرو توربین: ۱۲۰
۴-۶-۱-۱۱-۱تاثیر دما: ۱۲۰
۴-۶-۱-۱۱-۲تاثیر ارتفاع ۱۲۲
۴-۶-۱-۱۲ویژگی های انتشار گازهای گلخانه ای: ۱۲۲
۴-۶-۱-۱۳سیکل ترکیبی ۱۲۳
۴-۶-۱-۱۴دمای احتراق ورودی توربین ۱۲۳
۴-۶-۱-۱۴-۱سرمایش هوای داخلی: ۱۲۴
۴-۶-۱-۱۴-۲سوخت سیستم: ۱۲۴
۴-۶-۲موتورهای رفت و برگشتی ۱۲۴
۴-۶-۲-۱مکانیزم ۱۲۵
۴-۶-۲-۲بازیابی گرما: ۱۲۶
۴-۶-۲-۳انواع موتور: ۱۲۸
۴-۶-۲-۳-۱موتور با محفظه احتراق باز: ۱۲۸
۴-۶-۲-۳-۲موتورهای با اتاق احتراق جداگانه: ۱۲۸

۴-۶-۲-۳-۳ موتور دوگانه سوز: ۱۲۹
۴-۶-۲-۴عملکرد در بار جزئی: ۱۳۰
۴-۶-۲-۵تاثیر دما وارتفاع: ۱۳۰
فصل پنجم: تجزیه و تحلیل اطلاعات و ارائه مدل بهینه ۱۳۲
۵-۱- محاسبات ارزیابی سرمایه گذاری ۱۳۳
۵-۱-۱- فرآیند بودجه‌بندی سرمایه‌ای ۱۳۳
۵-۱-۲- روش‌های ارزیابی پروژه‌ها در بودجه‌بندی سرمایه‌ای ۱۳۳
۵-۱-۳- روش نرخ بازده داخلی ۱۳۳
۵-۱-۴- روش ارزش فعلی خالص ۱۳۵
۵-۱-۵- شاخص سودآوری ۱۳۶
۵-۱-۶- روش دوره برگشت سرمایه ۱۳۷
۵-۱-۷- معکوس دوره برگشت سرمایه ۱۳۸
۵-۱-۸ داده های نرم افزاری از بانک اطلاعات دستگاه ها ۱۳۸
۵-۲- مدلسازی اقتصادی و مالی ۱۳۸
۵-۲-۱- تحلیل و ارزیابی اقتصادی سیستم های کاهش و بازیابی گاز فلر ۱۳۹
۵-۲-۱-۱- فرضیات درنظر گرفته شده در محاسبات اقتصادی ۱۳۹
۵-۲-۱-۲- روش تحلیل و ارزیابی اقتصادی ۱۴۰
۵-۲-۱-۳- هزینه های سرمایه گذاری ۱۴۰
۵-۲-۱-۴- محاسبه قیمت خرید تجهیزات ۱۴۱
۵-۲-۱-۵- منحنی های هزینه ۱۴۲
۵-۲-۱-۶- محاسبه قیمت تمام شده محصول ۱۴۶
۵-۳ فعالیت های انجام گرفته ۱۴۷
۵-۳-۱ طراحی سیکل تولید برق در نرم افزار termoflow ۱۴۸
۵-۴ پالایشگاه تهران: ۱۴۹
۵-۴-۱ سیکل تولید برق در پالایشگاه تهران بوسیله توربین گاز در یک سیکل ترکیبی ۱۴۹
۵-۴-۱-۱هزینه سرمایه گذاری Capital Cost: ۱۵۰
۵-۵ سکو سلمان: ۱۵۲
۵-۵-۱ میکرو توربین ۱۵۲

۵-۵-۱-۱ عملکرد سیستم: ۱۵۲
۵-۵-۱-۲ هزینه سرمایه گذاری Capital Cost ۱۵۳
۵-۵-۱-۳ عمر و قابلیت: ۱۵۵
۵-۵-۲ موتور ۱۵۵
۵-۵-۲-۱عملکرد سیستم: ۱۵۵
۵-۵-۲-۲ هزینه سرمایه گذاری Capital Cost: ۱۵۶
۵-۵-۲-۲-۱ مقایسه دو سیستم موتوری بدون CHP : ۱۵۷
۵-۵-۲-۲-۲مقایسه دو سیستم موتوری با CHP : ۱۵۸
۵-۵-۲-۳عمر و قابلیت: ۱۵۸
۵-۵-۴ مقایسه عملکرد و هزینه سیستم موتوری و میکروتوربینی: ۱۵۸
۵-۶ نتایج محاسبات ارزیابی سرمایه گذاری راهکارها و سناریوهای ارائه شده ۱۶۱
۵-۶-۱ تجزیه و تحلیل اقتصادی و مالی سناریوهای بازیافت ۱۶۳
فصل ششم: نتیجه گیری ۱۶۴
۶-۱نتایج وبحث ۱۶۶
۶-۱-۱- نتایج بدست آمده از نصب سیستم بازیابی گاز فلر در پالایشگاه شمالی تهران ۱۶۹
۶-۱-۲- نتایج بدست آمده از نصب سیستم بازیابی گاز فلر در سکوی سلمان ۱۷۰
۶-۲نتیجه گیری: ۱۷۲

فهرست جداول:

جدول ۱- ۱ مقدار تخمینی گازهای سوزانده شده بر اساس اطلاعات ماهوارهای از سال ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۰ (مقادیر بر حسب میلیارد متر مکعب) ۷

جدول۱_ ۲ گاز سوزانده شده در شرکت های عملیاتی نفت (میلیون متر مکعب در روز) [۱۲]..... ۱۰

جدول ۱-۳ تلفات و ضایعات پالایشگاه های نفت خام (واحد: درصد وزنی) [۱۲]..... ۱۱

جدول۱-۴ تلفات فرآورش گاز به تفکیک سیستم های فرآورشی گاز در سال های۸۷-۱۳۸۶ (میلیون مترمکعب در روز) [۱۲] ۱۲

جدول ۲-۱ مقایسه دو نوع فلر زمینی و مرتفع [۱]..... ۲۳

جدول ۲-۲ ضرایب انتشار آلاینده ها برای عملکرد فلرها (رتبه انتشار آلاینده ها: **B**) [۵۱] ۲۹

جدول ۲-۳ ترکیبات هیدروکربنی گازهای انتشار یافته فلر [۵۱] ۳۰

جدول ۲-۴ برنامه تزریق گاز به میادین نفتی کشور (میلیارد متر مکعب در سال) [۶۳]..... ۳۵

جدول ۴-۱ توان الکتریکی مورد نیاز ۸۸

جدول ۴-۲مشخصات شبکه بخار مصرفی؛ سطوح فشاری و دمایی و میزان مصرف ۸۸

جدول ۴-۳ کندانسیت..... ۸۸

جدول ۴-۴ مشخصات هوای ابزار دقیق..... ۸۸

جدول ۴-۵ آب خنک کننده..... ۸۸

جدول ۴-۶ نیتروژن..... ۸۹

جدول ۴-۷ مشخصات سوخت گازی مصرفی در پالایشگاه تهران ۸۹

جدول ۴-۸ مشخصات گاز طبیعی دریافتی از شبکه..... ۹۰

جدول ۴-۹ نتایج آنالیز نمونه های گرفته شده از گازهای ارسالی به فلر در پالایشگاه تهران..... ۹۲

جدول ۴-۱۰ ترکیب متوسط گازهای ارسالی به مشعل پالایشگاه شمالی تهران ۹۳

جدول ۴-۱۱ قابلیت ابزار های گوناگون برای اندازه گیری شدت جریان گاز..... ۹۴

جدول ۴-۱۲ مقادیر متوسط دبی و خطا ها در هر سه روش محاسبه دبی گاز فلر..... ۹۸

جدول ۴-۱۵ ترکیب متوسط گازهای ارسالی به مشعل سکوی سلمان..... ۱۰۷

جدول ۴-۱۶ مقادیر متوسط دبی در روش محاسبه دبی گاز فلر ۱۰۹

جدول ۴-۱۷ ارزش گاز از لحاظ ارزش حرارتی در محدوده گاز طبیعی، و به راحتی برای تولید برق قابل استفاده می باشد..... ۱۰۹

جدول ۴-۱۸ پارامتر های کارایی اجزاء میکرو توربین..... ۱۱۸

جدول ۴-۱۸ میزان الایندگی سیستم های مورد بررسی..... ۱۲۳
فصل پنجم: تجزیه و تحلیل اطلاعات و ارائه مدل بهینه..... ۱۳۲
جدول ۵-۱ فرضیات مورد استفاده در محاسبات اقتصادی..... ۱۳۹
جدول۵-۲ درصد هزینه های مستقیم در سرمایه گذاری در واحدهای صنعتی دارای فرایند سیال [۸۶]..... ۱۴۰
جدول ۵-۳ درصد هزینه های غیر مستقیم در سرمایه گذاری در واحدهای صنعتی دارای فرایند سیال [۸۶]۱۴۰
جدول ۵-۴ محاسبه سرمایه گذاری کل براساس سرمایه گذاری ثابت..... ۱۴۱
جدول ۵-۵ خلاصه هزینه محاسبه شده تجهیزات اصلی سیستم بازیافت گاز فلر ۱۴۲
جدول۵-۶ کارایی اجزاء سیکل ترکیبی..... ۱۴۹
جدول۵-۷ هزینه و درآمد سیکل ترکیبی ۱۵۰
جدول۵-۸ سود سالانه سیکل ترکیبی ۱۵۱
جدول۵-۹ قدرت اجزا سیکل ترکیبی..... ۱۵۱
جدول ۵-۱۰ عملکرد و کارایی اجزاء برای سیستم میکرو توربین..... ۱۵۲
جدول ۵-۱۱ هزینه قطعات و تجهیزات برای سیستم میکرو توربین..... ۱۵۴
جدول ۵-۱۲هزینه و کارایی اجزاء موتور رفت و برگشتی برای دو سیستم ۱۰۰ و ۳۰۰ کیلو واتی..... ۱۵۵
جدول ۵-۱۳ هزینه قطعات و تجهیزات برای سیستم موتوری بدون CHP ۱۵۷
جدول ۵-۱۴ هزینه قطعات و تجهیزات برای سیستم موتوری با CHP..... ۱۵۸
جدول ۵-۱۵ مقایسه دو سیستم موتوری و میکروتوربین..... ۱۵۹
جدول ۵-۱۶ هزینه های سرمایه گذاری سیستم بازیافت گازهای فلر..... ۱۶۱
جدول ۵-۱۷ کاهش میزان آلاینده های زیست محیطی و درآمدهای حاصل از دریافت گواهی های کاهش انتشار ۱۶۲
جدول ۵-۱۸ نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل اقتصادی سناریوهای ارائه شده جهت بازیافت گازهای فلر پالایشگاه تهران ۱۶۳
فصل ششم: نتیجه گیری ۱۶۴
جدول ۶- ۱نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل اقتصادی سناریوهای ارائه شده جهت بازیافت گازهای فلر پالایشگاه تهران ۱۷۰
جدول ۶-۲ مقایسه سیستم موتوری و میکروتوربین ۱۷۱
جدول ۶-۳ هزینه انرژی ۱۷۲

فهرست شکل ها:

فصل اول: مقدمه ۱

شکل ۱-۱ طرح مفهومی کلی از بازیابی، تصفیه و استفاده مجدد از گازهای ارسالی به فلر از واحدهای مختلف یک کارخانه فرآیندی مانند پالایشگاه، جهت مصارف گوناگون موجود در واحدها ۴

شکل ۱-۲ تصویر ماهواره ای از فلرینگ در نقاط مختلف جهان در سال ۲۰۰۹ [۱۱]..... ۸

شکل ۱-۳ مقایسه میان حجم گازهای فلر شده در ایران بر مبنای تخمین های ماهواره ای مرکز NOAA [۱۱]۸

شکل۱- ۴- تصویر ماهواره ای از فلرهای موجود در ایران در سال ۲۰۰۸ [۱۱]..... ۹

شکل ۱-۵ مقدار میانگین کل گازهای فلر شده در ایران بین سال های ۱۹۹۴-۲۰۱۰ [۱۱] ۹

شکل ۱-۶ روند تاریخی گازهای سوزانده شده در مناطق عملیاتی نفتی ایران (رشد متوسط سالیانه: ۱/۵۱) [۱۲] ۱۰

شکل ۱-۷ درصد تلفات و ضایعات پالایشگاه های نفت به هر بشکه نفت تولیدی طی سالهای ۸۷-۱۳۸۰ [۱۲]۱۲

شکل ۱-۸ روند تاریخی تلفات کل سیستم های فرآورش گاز طی سا لهای ۸۷-۱۳۸۰ [۱۲] ۱۳

شکل ۱-۹ نمودار تحلیل ارزش اقتصادی بازیافت گاز فلر بر مبنای (2$Million BTU) [۱۳]..... ۱۴

فصل دوم ۲۰

شکل ۲-۱ اجزاء تشکیل دهنده یک نمونه سیستم فلر مرتفع با عامل اختلاط کننده بخار [۴۷]..... ۲۴

شکل ۲-۲ ظرف مایع گیر سیستم فلر [۴]..... ۲۵

شکل ۲-۳ ساختارهای مختلف اتکای فلرهای مرتفع [۳]..... ۲۶

شکل ۲-۴ شمای آب گازی نوع ملکولی [۵]..... ۲۷

شکل ۲-۵ شماتیک نوک آتشخان یک فلر مجهز به عامل اختلاط بخار [۴]..... ۲۸

شکل ۲-۶ مقایسه پارامتر عدد متان برای سوخت های گازی متداول [۵۸] ۳۱

شکل ۲-۷ بازیابی غشائی LPG و هیدروژن از گاز فلر [۶۰]..... ۳۳

شکل ۲-۸ شماتیک سیکل بازیابی گاز مایع طبیعی از گاز فلر با روش غشائی ۳۴

شکل ۲-۹ نمای کلی از راه کارهای بازیافت و بکارگیری گازهای فلر ۳۷

شکل ۲-۱۰ شماتیک کلی واحد بازیافت گاز فلر [۶۵]..... ۳۹

شکل ۲-۱۱ مقایسه برخی شاخص ها در ایران با دنیا و OECD ۴۱

..... ۴۲

شکل ۲ -۱۲ نمودار دسته بندی کشورها بر اساس درجه آزادی اقتصادی و شدت انرژی [3] ۴۲

فصل سوم: ۴۳

شکل ۳-۱ چرخه سوخت و انرژی در سکوهای نفتی ۵۵
شکل ۳-۲ سه قسمت اصلی سیستم فلر [۱] ۵۶
شکل ۳-۳ شمای کلی از یک نمونه واحد بازیافت گازهای فلر FGRU [۱۳] ۶۵
شکل ۳-۴ نمایی از سیستم روتور کمپرسور با رینگ مایع [۵۶] ۶۶
شکل ۳-۵ نمای واحد بازیافت گازهای فلر با استفاده از سیال آمین در رینگ کمپرسور [۵۷] ۶۷
شکل ۳-۶ دبی سنج توربینی گازی ۷۴
شکل ۳-۷ نمایش نحوه عملکرد دبی سنج گرمایی ۷۵
شکل ۳- ۸ شماتیک محاسبات دبی سنج آلتراسونیک تاخیر زمانی ۷۶
شکل ۳-۹ نمایی از دبی سنج آلتراسونیک FGM محصول کمپانی Roxar [۶۷] ۷۸
شکل ۳-۱۰ نحوه قرار گرفتن مناسب اندازه گیرها در سیستم بازیافت گاز فلر [۶۸] ۷۹
شکل ۳-۱۱ نمونه ای عمومی از سیستم بازیابی گاز فلر (API 521) ۸۲
شکل ۳-۱۲ فشار ورودی سیستم بازیابی گاز فلر (API 521) ۸۳
فصل چهارم ۸۶
شکل ۴-۱ نصب یک نمونه دبی سنج آلتراسونیک ثابت روی خط لوله اصلی فلر ۹۵
شکل ۴-۲ مقایسه میان مقادیر محاسبه شده دبی گازهای فلر پالایشگاه شمالی تهران توسط روش های مختلف. ۹۸
شکل ۴-۳ میزان فلرینگ ماهیانه واحدهای مختلف پالایشگاه تهران بر اساس روش موازنه جرم ۹۹
شکل ۴-۴ طرح شماتیک سیستم بازیابی گاز فلر با تکنولوژی کمپرسور رینگ مایع ۱۰۳
شکل ۴-۵ سیکل میکرو توربین تک شفت ۱۱۲
شکل ۴-۶ سیکل میکرو توربین با دو شفت ۱۱۳
شکل ۴-۷ نمای از یک نوع ریکو پرتور ۱۱۴
شکل ۴-۸ نمودار تاثیر بازده ریکوپریتور بر بازده بازده میکرو توربین ۱۱۵
شکل ۴-۹ تغییرات بازده بر اساس تغییرات نسبت فشار و دمای ورودی به توربین ۱۱۹
شکل ۴-۱۰ تغییرات قدرت خرجی توربین نسبت به تغییرات نسبت فشار و دمای ورودی به توربین ۱۱۹
شکل ۴-۱۲ نسبت تغییرات بازده الکتریکی و قدرت به دمای محیط در توربین تک شفت ۱۲۱
شکل ۴-۱۳ نسبت تغییرات بازده الکتریکی و قدرت به دمای محیط در توربین دو شفت ۱۲۱
شکل ۴-۱۴ تأثیر ارتفاع را بر قدرت خروجی میکروتوربین ۱۲۲
شکل ۴-۱۵ شماتیک یک مولد برق با موتور رفت و برگشتی اشتعال جرقه‌ای ۱۲۶

شکل ۴-۱۶ شماتیک یک موتور مولد برق با بازیافت حرارتی در یک سیکل بسته..... ۱۲۷

شکل ۴-۱۷ نمای از یک موتور با اتاق احتراق جداگانه..... ۱۲۸

شکل ۴-۱۸ تغییرات بازده الکتریکی نسبت به درصد بار الکتریکی که از سیستم گرفته می شود ۱۳۰

فصل پنجم: تجزیه و تحلیل اطلاعات و ارائه مدل بهینه..... ۱۳۲

شکل ۵-۱ منحنی هزینه جهت تراکم گاز (از ۱ تا ۳۰ barg) برای کاربرد گاز فلر در تولید برق..... ۱۴۲

شکل ۵-۲ منحنی هزینه دی هیدراتسیون گاز مورد استفاده در انتقال با فواصل طولانی، مصارف بالا، یا دمای پائین محیط ۱۴۳

شکل ۵-۳ منحنی هزینه برای خنک کاری گاز ۱۴۳

شکل ۵-۴ منحنی های هزینه برای شیرین سازی گاز ترش قبل از مصارف ثانویه..... ۱۴۴

شکل ۵-۵ منحنی هزینه برای تقطیر و ذخیره سازی گاز ۱۴۴

شکل ۵-۶ منحنی هزینه برای خطوط لوله گاز (۱۰-۴۰ بار، ۱۰۰ کیلومتر)..... ۱۴۵

شکل ۵-۷ منحنی هزینه برای نصب موتور جهت تولید برق ۱۴۵

شکل ۵-۸ منحنی هزینه برای نصب توربین گاز جهت تولید برق..... ۱۴۶

شکل ۵-۹ سیکل اول توربین گاز برای پالایشگاه ۱۴۸

شکل ۵-۱۰ سیکل دوم توربین گاز برای پالایشگاه..... ۱۴۸