دانشگاه سیستان و بلوچستان

تحصیلات تکمیلی

پایان نامه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی شیمی – گرایش طراحی فرایند

عنوان:

بهینه سازی مصرف هیدروژن در پالایشگاه با روش برنامه نویسی ریاضی

استاد راهنما:

دکتر فرهاد شهرکی

استاد مشاور:

دکتر داود رشتچیان

۱۳۸۸/۹/۲۰

اطلاعات و مدارک علمی جهاد

تحقیق و نگارش:

محمد جواد حلوانی حقیقی

(این پایان نامه از حمایت مالی معاونت پژوهشی دانشگاه سیستان و بلوچستان بهره مند شده است)

آبان ۱۳۸۸

۱۲۷۲۷۱ ـ ۲۰۷۰۵

به نام خدا

این پایان‌نامه با عنوان **بهینه‌سازی مصرف هیدروژن در پالایشگاه با روش برنامه‌نویسی ریاضی** قسمتی از برنامه‌ی آموزشی دوره‌ی کارشناسی ارشد مهندسی شیمی توسط دانشجو **محمد جواد حلوانی حقیقی** تحت راهنمایی استاد پایان‌نامه **دکتر فرهاد شهرکی** تهیه شده است. استفاده از مطالب آن به منظور اهداف آموزشی با ذکر مرجع و اطلاع کتبی به حوزه تحصیلات تکمیلی دانشگاه سیستان و بلوچستان مجاز می‌باشد.

محمد جواد حلوانی حقیقی

این پایان‌نامه ۸ واحد درسی شناخته می‌شود و در تاریخ ۱۳۸۸/۸/۱۱ توسط هیئت داوران بررسی و درجه بسیار خوب به آن تعلق گرفت.

	نام و نام خانوادگی	امضا	تاریخ
استاد راهنما:	دکتر فرهاد شهرکی		۸۸/۸/۱۱
استاد مشاور:	دکتر داود رشتچیان		
داور ۱ :	دکتر سعید فراهت		۸۸/۸/۱۱
داور ۲ :	دکتر محمد خرم		۸۸/۸/۱۱
نماینده تحصیلات تکمیلی:	دکتر اکبری		

دانشگاه سیستان و بلوچستان

تعهدنامه اصالت اثر

اینجانب محمد جواد حلوانی حقیقی تأیید می کنم که مطالب مندرج در این پایان نامه حاصل کار پژوهشی اینجانب است و به دستاوردهای پژوهشی دیگران که در این نوشته از آن استفاده شده است مطابق مقررات ارجاع گردیده است. این پایان نامه پیش از این برای احراز هیچ مدرک هم سطح یا بالاتر ارائه نشده است.

کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به دانشگاه سیستان و بلوچستان می باشد.

نام و نام خانوادگی دانشجو: محمد جواد حلوانی حقیقی

امضاء

تقدیم به:

پدر، مادر و برادرم.

سپاسگزاری

خداوند را شاکرم که در تمام عمر، مرا مورد لطف خود قرار داده است.

در این جا لازم است از زحمات جناب آقای دکتر شهرکی، استاد راهنما، که در مدت زمان انجام پروژه همواره راهنما و یاری‌گر من بودند، تشکر نمایم. همچنین از جناب آقای دکتر رشتچیان، استاد مشاور، به خاطر راهنمایی‌های ارزشمند در انجام پروژه، متشکرم. برای من، انجام پروژه زیر نظر ایشان، مایه‌ی افتخار بود.

از جناب آقای مهندس بابک به نژاد، مشاور صنعتی، به خاطر مساعدت در جمع آوری داده‌های فرایندی پالایشگاه تهران و همچنین همفکری در انجام پروژه، بسیار متشکرم. همچنین از جناب آقای نیکبخت، مدیریت بخش پژوهش پالایشگاه تهران، به خاطر همکاری ایشان در انجام پروژه، ممنونم. در پایان، از کلیه‌ی مسئولین شرکت پالایش و پخش فراورده‌های نفتی، به خصوص مدیریت و کارکنان بخش پژوهش و فناوری، به خاطر همکاری در انجام پروژه تشکر می‌کنم.

چکیده

یکی از مسایل مهم و حیاتی در تولید سوخت‌های پاک، مدیریت اثر قوانین زیست‌محیطی جدید بر میزان مصرف هیدروژن در پالایشگاه می‌باشد. نیازهای بازار و قوانین زیست‌محیطی نیاز به هیدروژن در پالایشگاه‌های نفتی را افزایش می‌دهند، در حالی‌که به موازات آن محدودیت‌های بیشتری روی منابع هیدروژن از قبیل واحدهای تبدیل کاتالیستی ایجاد می‌کنند. همچنین با توجه به تمایل پالایشگاه‌ها در استفاده از نفت خام سنگین و کاهش فروش مستقیم آن‌ها، استفاده از هیدروکراکینگ‌ها، که از مصرف‌کنندگان عمده‌ی هیدروژن می‌باشند، به شدت افزایش یافته است. بنابراین استفاده‌ی بهینه، از هیدروژن موجود در پالایشگاه اجتناب ناپذیر است. در این پروژه، ابتدا، واحدهای تولید کننده و مصرف کننده‌ی هیدروژن، در پالایشگاه مرور و در ادامه مقدماتی در مورد انتگراسیون جرمی و روش‌های آن ارائه می‌شود. در پایان، شبکه‌ی توزیع هیدروژن در پالایشگاه تهران مورد بررسی قرار گرفته و بر اساس یک روش ریاضیاتی جدید، به نام ابرساختار میزان بازیافت هیدروژن خروجی از شبکه، بیشتر گردیده است. در این روش بر اساس قید فشاری، شبکه‌ی توزیع هیدروژن در پالایشگاه در دو حالت بررسی می‌شود. در حالت اول فقط با تجهیزاتی که در حال حاضر در پالایشگاه موجود است، بهینه‌سازی انجام می‌شود. در این حالت، خروجی واحد تولید هیدروژن و هزینه‌های عملیاتی کاهش نمی‌یابد. به عبارت دیگر، در حال حاضر، شبکه‌ی توزیع هیدروژن در نزدیکی نقطه‌ی پینچ قرار دارد. اما در حالت دوم، با فرض این که از نظر اقتصادی، توانایی خرید دستگاه‌های جدید به خصوص دستگاه بازیافت هیدروژن وجود دارد، بهینه‌سازی انجام می‌شود. سپس، میزان صرفه جویی در هزینه‌های عملیاتی با در نظر گرفتن زمان بازگشت سرمایه کمتر از دو سال، محاسبه می‌شود. نتایج نشان می‌دهند که با خرید یک واحد تصفیه‌ی هیدروژن، دبی جریان خروجی واحد تولید هیدروژن، در بخش شمال ۱۹٪ و در بخش جنوب ۲۸٪ کاهش می‌یابد. همچنین با افزودن دستگاه بازیافت هیدروژن و با تابع هدف هزینه‌های عملیاتی، این هزینه‌ها در بخش شمال ۱۴٪ و در بخش جنوب ۱۰٪ کاهش می‌یابند.

کلمات کلیدی: بهینه‌سازی، هیدروژن، پالایشگاه تهران، انتگراسیون، برنامه ریزی غیرخطی، ابرساختار

فهرست مطالب

عنوان صفحه

فصل اول: مدیریت هیدروژن در پالایشگاه ۱
۱-۱- مدیریت هیدروژن ۲
۱-۲- اهمیت مدیریت هیدروژن در پالایشگاه ۴
۱-۳- عوامل موثر در افزایش مصرف هیدروژن ۵
۱-۴- عوامل انگیزه‌بخش در مدیریت هیدروژن مورد نیاز در پالایشگاه ۶
۱-۵- چشمه‌ها و چاه‌های هیدروژن در پالایشگاه ۶
۱-۶- اهمیت موازنه‌ی هیدروژن در پالایشگاه‌ها ۹
۱-۷- روش کار ارائه شده در گزارش ۱۰
فصل دوم: مروری بر واحدهای فرایندی در پالایشگاه ۱۲
۲-۱- نفت خام و اجزای تشکیل دهنده‌ی آن ۱۳
۲-۲- تولیدکنندگان هیدروژن ۱۶
۲-۲-۱- واحد تبدیل کاتالیستی یا ریفورمینگ (Reforming) ۱۶
۲-۲-۱-۱- خوراک واحدهای ریفورمینگ ۱۷
۲-۲-۱-۲- اثر پارامترهای عملیاتی در واحد ریفورمینگ ۱۸
۲-۲-۱-۳- فراورده‌های ریفورمینگ ۱۸
۲-۲-۱-۴- شرح عملیات و واکنش‌های بخش تصفیه (Unifying) ۱۹
۲-۲-۱-۵- شرح عملیات و واکنش‌های بخش پلاتفرمر(Platformer) ۲۰
۲-۲-۱-۶- واکنش‌های واحد پلاتفرمر ۲۲
۲-۲-۲- واحد تولید هیدروژن ۲۳
۲-۲-۳- کراکینگ کاتالیزوری ۲۴
۲-۲-۳-۱- کت کراکر یا کراکینگ به وسیله‌ی کاتالیست سیال ۲۷
۲-۲-۳-۱-۱- شرح فرایند کراکینگ به وسیله‌ی کاتالیست سیال ۲۸
۲-۲-۴- کراکینگ حرارتی یا پیرولیز (Thermal cracking or Pyrolysis) ۳۰
۲-۳- مصرف‌کنندگان هیدروژن ۳۱
۲-۳-۱- فرایند تصفیه با هیدروژن (Hydro Treating) ۳۱
۲-۳-۱-۱- خوراک‌های فرایند تصفیه با هیدروژن ۳۴
۲-۳-۱-۲- فراورده‌های فرایند تصفیه با هیدروژن ۳۴
۲-۳-۱-۳- کاتالیزورهای فرایند تصفیه با هیدروژن ۳۴
۲-۳-۱-۴- واکنش‌های فرایند تصفیه با هیدروژن ۳۴
۲-۳-۱-۵- متغیرهای عملیاتی در فرایند تصفیه با هیدروژن و محدوده‌ی آن‌ها ۳۵
۲-۳-۱-۶- روش‌های صنعتی تصفیه با هیدروژن ۳۶
۲-۳-۱-۷- عملیات مربوط به بنزین‌ها ۳۶

عنوان | صفحه

۲-۳-۱-۷-۱- عملیات تصفیه‌ی خوراک‌های ریفورمینگ کاتالیزوری ۳۶
۲-۳-۱-۷-۲- هیدروژن‌دار کردن انتخابی بنزین‌های کراکینگ ۳۷
۲-۳-۱-۸- عملیات مربوط به نفت سفید، حلال‌ها و سوخت‌جت ۳۷
۲-۳-۱-۹- عملیات مربوط به فراورده‌های میان تقطیر ۳۷
۲-۳-۱-۱۰- عملیات مربوط به فراورده‌های میان تقطیر ۳۸
۲-۳-۱-۱۱- عملیات مربوط به روغن‌های روان ساز ۳۸
۲-۳-۲- فرایند هیدروکراکینگ یا شکستن هیدروکربن‌ها توسط هیدروژن (Hydrocracking) ۳۹
۲-۳-۲-۱- دستگاه آیزوماکس ۴۱
۲-۳-۲-۲- فراورده‌های هیدروکراکینگ ۴۲
۲-۳-۲-۳- ویژگی اصلی هیدروکراکینگ ۴۲
۲-۳-۲-۴- نقش هیدروژن در هیدروکراکینگ ۴۲
۲-۳-۲-۵- واکنش‌های واحد هیدروکراکینگ در هیدروکراکینگ ۴۳
۲-۳-۲-۶- واحدهای هیدروکراکینگ در ایران ۴۴
۲-۳-۳- اختلاط فراورده‌ها ۴۴
۲-۳-۴- هیدروژن دار کردن (Hydrogenation) ۴۵
۲-۳-۵- هیدروژن‌زدایی (Dehydrogenation) ۴۵
۲-۳-۶- هیدروفرمیلاسیون (Hydroformylation) ۴۵
۲-۳-۷- مجتمع روغن‌سازی ۴۶
فصل سوم: سیستم‌های بازیافت هیدروژن ۴۷
۳-۱- سیستم‌های بازیافت هیدروژن ۴۸
۳-۲- جذب سطحی با تغییر فشار (PSA) ۴۸
۳-۲-۱- جذب سطحی ۵۱
۳-۲-۲- کاهش فشار همسو ۵۱
۳-۲-۳- افت فشار غیر همسو ۵۲
۳-۲-۴- مرحله‌ی دفع ۵۳
۳-۲-۵- فشارگیری دوباره ۵۳
۳-۳- غشا ۵۴
۳-۴- مقایسه‌ی بین واحدهای بازیافت ۵۵
فصل چهارم: انتگراسیون گرافیکی و ریاضی ۵۷
۴-۱- روش‌های گرافیکی ۵۹
۴-۱-۱- انتگراسیون حرارتی ۶۰
۴-۱-۲- نمودارهای انتگراسیون جرمی ۶۲
۴-۲- روش‌های ریاضیاتی ۷۰
۴-۳- قیدهای چاه ۷۲

عنوان | صفحه

۴-۴- قیدهای چشمه ۷۲
۴-۵- کمپرسورهای موجود ۷۲
۴-۶- کمپرسورهای جدید ۷۳
۴-۷- تصفیه کننده‌ها ۷۴
۴-۸- بهینه سازی در نرم افزار MATLAB ۷۶
۴-۸-۱- fmincon ۷۶
۴-۸-۱-۱- Active – Set Optimization ۷۸
۴-۹- تابع هدف اقتصادی روش ریاضی ۸۱
۴-۹-۱- هزینه‌های عملیاتی ۸۱
۴-۹-۱-۱- هزینه‌ی سوخت ۸۱
۴-۹-۱-۲- هزینه‌ی الکتریسیته ۸۲
۴-۹-۱-۳- هزینه‌ی عملیاتی واحد تولید هیدروژن ۸۲
۴-۹-۱-۴- هزینه‌ی عملیاتی واحد بازیافت ۸۳
۴-۹-۱-۵- هزینه‌ی عملیاتی فرایند PSA ۸۳
۴-۹-۱-۶- هزینه‌ی عملیاتی فرایند بازیافت به کمک غشا ۸۴
۴-۹-۱- هزینه‌های ثابت ۸۶
۴-۹-۱-۱- هزینه‌ی خرید کمپرسور ۸۶
۴-۹-۱-۲- هزینه‌ی خرید PSA ۸۶
۴-۹-۱-۳- هزینه‌ی لوله کشی ۸۶
فصل پنجم: بهینه‌سازی شبکه‌ی توزیع هیدروژن پالایشگاه تهران ۸۸
۵ -۱- پالایشگاه نفت تهران ۸۹
۵-۲- واحد شمال پالایشگاه تهران ۸۹
۵-۲-۱- بهینه‌سازی بدون افزودن واحد بازیافت هیدروژن ۹۳
۵-۲-۲- بهینه‌سازی با افزودن واحد بازیافت هیدروژن ۹۷
۵-۲-۲-۱- تابع هدف خروجی واحد هیدروژن ۹۸
۵-۲-۲-۲- تابع هدف اقتصادی ۹۹
۵-۲-۲-۱-کاهش هزینه‌های عملیاتی ۹۹
۵-۲-۲-۲- کاهش هزینه‌های عملیاتی با محدودیت بودجه‌ی ۵ میلیون دلار ۱۰۰
۵-۲-۲-۳- کاهش هزینه‌های عملیاتی با محدودیت بودجه‌ی ۸ میلیون دلار ۱۰۱
۵-۲-۲-۴- کاهش هزینه‌های عملیاتی با محدودیت بودجه‌ی ۶ میلیون دلار ۱۰۲
۵-۲-۲-۵- کاهش هزینه های عملیاتی با محدودیت بودجه‌ی ۷ میلیون دلار ۱۰۲
۵-۲-۳- بهینه‌سازی با افزایش مصرف واحد Isomax بدون افزودن PSA ۱۰۴
۵-۲-۳-۱- بهینه‌سازی حالت افزایش مصرف واحد Isomax با تابع هدف کمینه کردن خروجی واحد تولید هیدروژن بدون افزودن PSA ۱۰۴

عنوان | صفحه

۵-۲-۲-۳-۲- بهینه‌سازی حالت افزایش مصرف واحد Isomax با تابع هدف کم کردن هزینه‌های سالانه بدون افزودن PSA ۱۰۵
۵-۲-۲-۴-بهینه‌سازی با افزایش مصرف واحد Isomax با افزودن PSA ۱۰۵
۵-۲-۲-۴-۱- بهینه‌سازی با افزایش مصرف واحد Isomax با افزودن PSA و تابع هدف خروجی واحد تولید هیدروژن ۱۰۵
۵-۲-۲-۴-۲- بهینه‌سازی با افزایش مصرف واحد Isomax با افزودن PSA و تابع هدف اقتصادی ۱۰۶
۵-۳- واحد جنوب پالایشگاه تهران ۱۰۸
۵-۳-۱- بهینه‌سازی بدون افزودن واحد تصفیه‌کننده‌ی هیدروژن ۱۱۲
۵-۳-۲- بهینه‌سازی با افزودن واحد تصفیه‌کننده‌ی هیدروژن ۱۱۳
۵-۳-۲-۱- بهینه‌سازی با افزودن واحد تصفیه‌کننده‌ی هیدروژن با تابع هدف خروجی از واحد تولید هیدروژن ۱۱۵
۵-۳-۲-۲- بهینه‌سازی با افزودن واحد تصفیه‌کننده‌ی هیدروژن با تابع هدف کم کردن هزینه‌های عملیاتی ۱۱۵
۵-۳-۳- بهینه‌سازی با افزایش ظرفیت واحد Isomax ۱۱۸
فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها ۱۲۱
۵-۱- نتیجه‌گیری ۱۲۲
۵-۲- پیشنهادها ۱۲۳
مرجع‌ها ۱۲۵
پیوست‌ها ۱۲۷

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول ۱-۱. واحدهای تولیدکننده‌ی هیدروژن در پالایشگاه و میزان تولید آن‌ها ۸
جدول ۱-۲. مصرف کنندگان هیدروژن در پالایشگاه و میزان مصرف آن‌ها ۹
جدول ۲ – ۱. خوراکهای واحد ریفورمینگ ۱۷
جدول ۲-۲. فرایندهای صورت گرفته در Hydro Treater و اهداف آن‌ها ۳۳
جدول ۵-۱. داده های فرایندی واحدهای بخش شمال پالایشگاه تهران ۹۱
جدول ۵-۲. داده های مربوط به کمپرسورهای واحدهای بخش شمال پالایشگاه تهران ۹۲
جدول۵-۳. نمودار آبشاری چشمه ها و چاه های واحد شمال ۹۲
جدول۵-۴. داده های چشمه ها و چاه ها و اتصال‌های ممکن بین آن ها در بخش شمال ۹۴
جدول۵-۵. داده‌های بهینه شده‌ی بخش شمال با افزودن PSA و تابع هدف خروجی واحد تولید هیدروژن ۹۸
جدول۵-۶. داده‌های بهینه شده‌ی بخش شمال با افزودن PSA و تابع کاهش هزینه های عملیاتی ۱۰۰
جدول۵-۷. داده‌های بهینه شده‌ی بخش شمال با افزودن PSA و تابع کاهش هزینه های عملیاتی (محدودیت بودجه‌ی ۵ میلیون دلار) ۱۰۱
جدول۵-۸. داده‌های بهینه شده‌ی بخش شمال با افزودن PSA و تابع کاهش هزینه های عملیاتی (محدودیت بودجه‌ی ۸ میلیون دلار) ۱۰۲
جدول۵-۹. داده‌های بهینه شده‌ی بخش شمال با افزودن PSA و تابع کاهش هزینه های عملیاتی (محدودیت بودجه‌ی ۷ میلیون دلار) ۱۰۳
جدول۵-۱۰. داده‌های بهینه شده‌ی بخش شمال در حالت افزایش ظرفیت واحد Isomax و تابع هدف خروجی واحد تولید هیدروژن ۱۰۶
جدول۵-۱۱. داده‌های بهینه شده‌ی بخش شمال در حالت افزایش ظرفیت واحد Isomax و تابع هدف کمینه کردن TAC ۱۰۷
جدول۵-۱۲. داده‌های بهینه شده‌ی بخش شمال در حالت افزایش ظرفیت واحد Isomax و تابع هدف کمینه کردن TAC ۱۰۷
جدول ۵-۱۳. داده های فرایندی واحدهای بخش جنوب پالایشگاه تهران ۱۰۹
جدول ۵-۱۴. داده های مربوط به کمپرسورهای واحدهای بخش جنوب پالایشگاه تهران ۱۱۰
جدول۵-۱۵. نمودار آبشاری چشمه ها و چاه های واحد شمال ۱۱۰
جدول۵-۱۶. داده‌های چشمه‌ها و چاه‌ها و اتصال‌های ممکن بین آن‌ها در بخش جنوب ۱۱۱
جدول۵-۱۷. داده‌های بهینه شده‌ی بخش جنوب با افزودن PSA و تابع هدف خروجی واحد تولید هیدروژن ۱۱۵
جدول۵-۱۸. داده‌های بهینه شده‌ی بخش جنوب با افزودن PSA و تابع کاهش هزینه های عملیاتی ۱۱۶
جدول۵-۱۹. داده‌های بهینه شده‌ی بخش جنوب با افزودن PSA و تابع کاهش هزینه های عملیاتی ۱۱۶

عنوان | صفحه

جدول۵-۲۰. داده‌های بهینه شده‌ی بخش جنوب با افزودن PSA و تابع کاهش هزینه های عملیاتی (محدودیت بودجه‌ی ۵ میلیون دلار) ۱۱۷
جدول۵-۲۱. داده‌های بهینه شده‌ی بخش جنوب در حالت افزایش ظرفیت واحد Isomax و تابع هدف خروجی واحد تولید هیدروژن ۱۱۹
جدول۵-۲۲. داده‌های بهینه شده‌ی بخش جنوب در حالت افزایش ظرفیت واحد Isomax و تابع هدف کمینه کردن TAC ۱۱۹

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۲-۱. شمای کلی فرایندهای یک پالایشگاه ۱۵
شکل ۲-۲. شمای کلی یک واحد Unifiner ۱۹
شکل ۲ –۳. شمای کلی یک واحد Platformer ۲۱
شکل ۲-۴. شمای کلی یک Fluid Catalytic Cracker ۲۷
شکل ۲-۵. شمای کلی یک واحد Hydrocracker ۴۰
شکل ۳-۱. شمای کلی یک فرایند PSA ۵۰
شکل ۳-۲. شمای کلی یک فرایند غشا ۵۴
شکل ۴-۱. ویژگی‌های طراحی مناسب یک واحد شیمیایی و ارتباط آن‌ها با بودجه‌ی پیش‌بینی شده ۵۹
شکل ۴-۲. نمودار ترکیبی چاه‌های هیدروژن ۶۴
شکل ۴-۳. نمودار ترکیبی چشمه‌های هیدروژن ۶۴
شکل ۴-۴. نمودارهای ترکیبی چشمه‌ها و چاه‌ها در یک نمودار ۶۵
شکل ۴-۵. منحنی‌های ترکیبی چشمه‌ها و چاه‌ها را نزدیک می‌کنیم تا با هم تماس پیدا کنند ۶۵
شکل ۴-۶. نقطه‌ی پینچ، کمترین میزان نیاز به هیدروژن از واحدهای تسهیلاتی و کمترین میزان ممکن هدرروی هیدروژن ۶۶
شکل ۴-۷. نمودار ترکیبی برای چشمه‌ها و چاه‌ها ۶۷
شکل ۴-۸. نمودار جریان اضافی هیدروژن در هر درصد خلوص ۶۷
شکل ۴-۹. با کاهش میزان جریان با درصد خلوص بالا، در نقطه‌ای به نام پینچ، جریان اضافی هیدروژن صفر می‌شود ۶۸
شکل ۴-۱۰. با اضافه شدن یک واحد تصفیه‌ی هیدروژن، یک چاه و دو چشمه به سیستم افزوده می‌شوند ۷۵
شکل ۵-۱. نمای کلی واحدهای پالایشی موجود در بخش شمال پالایشگاه تهران ۹۰
شکل ۵-۲. نمای کلی واحدهای تولید و مصرف کننده هیدروژن در بخش شمال پالایشگاه تهران ۹۰
شکل ۵-۳. نمای کلی چشمه ها و چاه های هیدروژن در بخش شمال پالایشگاه تهران ۹۳
شکل ۵-۴. نمای کلی چشمه ها و چاه های هیدروژن در بخش شمال پالایشگاه تهران با افزودن PSA ۹۸
شکل ۵-۵. شبکه‌ی بهینه شده بخش شمال با افزودن PSA با تابع هدف کم کردن خروجی واحد تولید هیدروژن ۹۹
شکل ۵-۶. شبکه‌ی بهینه شده بخش شمال با افزودن PSA با تابع هدف کم کردن هزینه های عملیاتی ۱۰۳
شکل ۵-۷. نمای کلی بخش شمالی با افزایش مصرف هیدروژن در واحد Isomax ۱۰۴
شکل ۵-۸. شبکه ی بهینه شده ی بخش شمالی با افزایش مصرف هیدروژن در واحد Isomax ، تابع هدف کم کردن خروجی واحد تولید هیدروژن و افزودن PSA ۱۰۶
شکل ۵-۹. شبکه‌ی بهینه شده‌ی بخش شمالی با افزایش مصرف هیدروژن در واحد Isomax ، تابع هدف کم کردن هزینه‌های سالانه و افزودن PSA ۱۰۸

عنوان | صفحه

شکل ۵-۱۰. نمای کلی واحدهای پالایشی موجود در بخش جنوب پالایشگاه تهران ۱۰۸
شکل ۵-۱۱. نمای کلی واحدهای تولید و مصرف کننده هیدروژن در بخش جنوب پالایشگاه تهران ۱۰۹
شکل ۵-۱۲. نمای کلی چشمه‌ها و چاه‌های هیدروژن در بخش جنوب پالایشگاه تهران ۱۱۱
شکل ۵-۱۳. نمای کلی چشمه ها و چاه های هیدروژن در بخش جنوب پالایشگاه تهران با افزودن PSA ۱۱۴
شکل ۵-۱۴. شبکه‌ی بهینه شده بخش جنوب با افزودن PSA با تابع هدف کم کردن خروجی واحد تولید هیدروژن ۱۱۵
شکل۵-۱۵. شبکه ی بهینه شده بخش جنوب با افزودن PSA و تابع کاهش هزینه های عملیاتی(با محدودیت بودجه و بدون محدودیت بودجه) ۱۱۷
شکل ۵-۱۶. نمای کلی بخش جنوب با افزایش مصرف هیدروژن در واحد Isomax ۱۱۸
شکل۵-۱۷. شبکه‌ی بهینه شده بخش جنوب در حالت افزایش ظرفیت واحد Isomax و تابع هدف کمینه کردن TAC ۱۲۰

فهرست علائم

علامت	نشانه
A	سطح مورد نیاز غشا
a_k	پارامتر طول گام
ARC	باقیمانده‌ی خام برج تقطیر اتمسفری
AS	Active - Set
$c_{electricity}$	هزینه‌ی سالانه الکتریسیته
C_{Fuel}	هزینه‌ی سوخت
CG	conjugate gradient
C_{H2}	هزینه‌ی عملیاتی واحد تولید هیدروژن
C_{Heat}	هزینه به ازای واحد انرژی حرارتی
c_p	ظرفیت گرمایی مولار گاز
Cr	کرم
C_R	هزینه‌ی بازیافت به ازای واحد تولید محصول هیدروژن
CR Reforming	تبدیل کاتالیستی (Catalytic reforming)
CRU	واحد تبدیل کاتالیستی
d	بردار جواب زیرمسئله‌ی QP
D	قطر لوله
E.U.	اتحادیه‌ی اروپایی
f	جریان مولی
F	مقدار جریان چشمه یا چاه
F(x)	تابع هدف
FCC	کراکینگ کاتالیستی بستر سیال
G	مقدار جریان چاه
G(x)	قید
GP	مسئله‌ی کلی
H.P	دارای فشار بالا
HSR	Heavy straight run
IP	Interior – Point
LP	برنامه‌ی خطی
L.P	در فشار پایین
LPG	گاز مایع
LSNHDT	واحد تصفیه‌ی نفتا با هیدروژن
LSR	Light straight run
M	بار چشمه یا چاه

علامت	نشانه
MINLP	برنامه‌ی غیر خطی ناپیوسته
Mo	مولیبدن
M.P	دارای فشار متوسط
MW	وزن مولکولی
Ni	نیکل
NLP	برنامه‌ی غیر خطی
NO_X	اکسید نیتروژن
Oxygenates	ترکیبات اکسیژن‌دار
PAH	Polycyclic aromatic hydrocarbons
PCG	preconditioned conjugate gradients
POX	Partial oxidation
PSA	واحد جذب سطحی با تغییر فشار
Q	دبی تولید محصول هیدروژن خالص شده
Qty	Quantity
QP	برنامه‌ریزی غیر خطی
R	درصد بازیافت هیدروژن
SO_X	اکسید گوگرد
SQP	Sequential Quadratic Programming
TAC	هزینه‌های سالانه
TRT	Trust – Region – Reflective
VPSA	واحد جذب سطحی با تغییر فشار تحت خلا
VRC	باقیمانده‌ی برج تقطیر در خلا
W	تنگستن، مقدار جریان چشمه
W_c	کار کمپرسور
y	درصد خلوص
Y	بازدهی بازیافت هیدروژن
Z	درصد خلوص هر چاه، درصد مولی هیدروژن در خوراک گازی
ΔH°_{H2}	گرمای استاندارد احتراق هیدروژن
$\Delta H^\circ_{C,CH4}$	گرمای استاندارد احتراق متان
ρ	چگالی در شرایط موجود
ρ_s	چگالی در شرایط استاندارد
$\psi(x)$	تابع شایستگی(merit)
η	نسبت ظرفیت حرارتی گاز در فشار ثابت به ظرفیت حرارتی در حجم ثابت
$\| \ \|$	نرم اقلیدسی

فصل اول

مدیریت هیدروژن در پالایشگاه

در فصل اول، ابتدا، مدیریت هیدروژن را تعریف می‌کنیم. سپس به اهمیت مدیریت هیدروژن در صنایع امروزی می‌پردازیم. همچنین دلایل افزایش مصرف هیدروژن را بررسی می‌کنیم. در پایان، پژوهش‌های انجام شده در این زمینه را مرور می‌کنیم و به اختصار روش استفاده شده در پایان‌نامه را توضیح می‌دهیم.

۱-۱- مدیریت هیدروژن:

به مجموعه‌ای از تحقیق‌ها، که عوامل اقتصادی و فنی موثر را در زمینه‌ی تولید ، مصرف و نیاز به هیدروژن، مورد بررسی قرار می‌دهند، مدیریت هیدروژن گفته می‌شود. نتایجی که از مدیریت هیدروژن انتظار می‌رود به قرار زیر است[۱]:

۱- کاهش اتلاف هیدروژن.

۲- بهینه‌سازی کیفی تولید و مصرف هیدروژن.

۳- کمینه‌کردن سرمایه‌گذاری.

۴- کاهش هزینه‌ی تولید هیدروژن.

۵- در اختیار گذاشتن یک موازنه‌ی هیدروژن در پالایشگاه.

۶- آگاهی بخشی از پتانسیل موجود در داخل پالایشگاه برای بهینه‌سازی.

۷- توانایی طراحی و تخمین پتانسیل پروژه‌های مناسب در راستای استراتژی کلی سرمایه‌گذاری پالایشگاه.

اما مدیریت هیدروژن اهدافی را دنبال می‌کند که این اهداف به دو گروه تقسیم می‌شوند[۱]:

۱-اهداف کلی: که بهینه‌سازی عملکرد پالایشگاه را، بر اساس هزینه‌ی درحال افزایش تامین هیدروژن و انعطاف‌پذیری پالایشگاه در برابر نیازهای بازار و مقررات زیست محیطی، مورد بررسی قرار می‌دهد.

۲- اهداف جزیی: که از این جمله می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

الف) بیشینه‌کردن بازیافت هیدروژن از خروجی‌ها و Fuel Gas.

ب) بهینه‌کردن شبکه‌ی توزیع، تولید و مصرف هیدروژن.

ج) کمینه‌کردن نیاز به هیدروژن ورودی از منبع خارجی.

د) انعطاف‌پذیری در واحدهای تولید کننده و مصرف کننده.

ه)کمینه‌کردن هزینه‌های سرمایه‌گذاری.

اما برای دسترسی به اهداف پیش‌بینی شده برای مدیریت هیدروژن، اقدامات زیر را می‌توان انجام داد[۱]:

۱-موازنه‌ی هیدروژن در پالایشگاه.

۲- کاهش اتلاف هیدروژن.

۳- بهینه‌سازی واحدهای مصرف هیدروژن.

۴- بهینه‌سازی واحدهای تولید هیدروژن.

۵- بهینه‌سازی شبکه‌ی توزیع هیدروژن.

۶- بهینه‌سازی عملکرد پالایشگاه.

۷- به‌کارگیری طرح‌های ابتکاری در پالایشگاه. .

بهینه‌سازی هیدروژن در پالایشگاه در واحدهای مصرف‌کننده‌ی هیدروژن می‌بایست با توجه به اثر آن بر متغیرهای عملیاتی این واحدها انجام شود که به برخی موارد اشاره می‌شود:

الف) بهینه‌سازی هیدروژن و رابطه‌ی آن با کیفیت محصول.

ب) بهینه‌سازی هیدروژن و رابطه‌ی آن با بازدهی تولید محصول.

ج) بهینه‌سازی هیدروژن و رابطه‌ی آن با طول عمر کاتالیست.

بهینه‌سازی هیدروژن در واحدهای تولید هیدروژن از روش‌های مختلفی قابل انجام است که به برخی از آن‌ها اشاره می‌شود[۱]:

الف) بازیافت و تصفیه‌ی هیدروژن هدر رفته در پالایشگاه.

ب) انعطاف‌پذیری واحد تبدیل کاتالیستی (CRU).

ج) ترکیب تولیدکنندگان هیدروژن با کارخانه‌های همسایه.

۱-۲- اهمیت مدیریت هیدروژن در پالایشگاه:

به تازگی، سوخت‌های سنگین موقعیت بسیار ویژه‌ای را در پالایشگاه‌ها از نظر اقتصادی بودن پیدا کرده‌اند. سوخت‌های سنگین با توجه به بالا بودن میزان گوگرد، چگالی و ویسکوزیته، هزینه‌ی پالایش زیادی دارند. اما این نوع سوخت بعد از تبدیل به سوخت‌های سبک در پالایشگاه، ارزش افزوده‌ی به مراتب بیشتری پیدا می‌کنند. همچنین سوخت‌های سنگین به مقدار زیاد و در اعماق کم در چاه‌ها یافت می‌شوند که هزینه‌ی حفاری و استخراج نفت را کاهش می‌دهند. اما این سوخت‌ها اثرات به شدت زیان‌باری بر محیط زیست دارند. زیرا، نسبت کربن به هیدروژن آن‌ها بالا می‌باشد و در نتیجه هنگام سوختن میزان CO_2 بیشتری تولید می‌کنند. پس این نوع سوخت‌ها به گستره‌ی بیشتری از تکنیک‌های پالایشی نیاز دارند تا بتوانند به سطح استاندارد پاکی سوخت‌ها برسند و این یعنی افزایش مصرف هیدروژن در تصفیه‌ی آن‌ها. همچنین، تکنولوژی‌های پیشرفته به موازات توجه به قوانین زیست محیطی، بازدهی سوختی فراورده‌ها را نیز افزایش می‌دهند[۲].

پالایشگاه‌ها همچنین می‌بایست میزان آلاینده‌ها، به خصوص آلاینده‌های اتمسفری مانند CO_2 ، NO_X و SO_X را کاهش دهند. SO_X یک گاز اسیدی است که در حین احتراق سوخت‌های گوگرددار تولید می‌شود و بیشتر به صورت SO_2 انتشار می‌یابد. SO_X و NO_X با یکدیگر تشکیل باران اسیدی می‌دهند. NO_X شامل اسید نیتریک و دی اکسید نیتروژن می‌باشد و معمولا از احتراق سوخت‌های فسیلی در بویلرها، هیترها، موتورها و فلرها و توربین‌ها انتشار می‌یابد و تابعی از نوع و میزان سوخت و همچنین دستگاه احتراق می‌باشد. NO_X در حضور مواد آلی معلق، نور خورشید، تشکیل مه (دود) می‌دهد. علاوه بر این، پیمان کیوتو، که هنوز توسط برخی کشورها مانند آمریکا و استرالیا پذیرفته نشده است، رو به گسترش است. موضوع گرم شدن زمین، به یک موضوع مهم در بین رهبران جهان، نمایندگان صنایع و محیط زیست شناسان تبدیل شده است. همچنین، یک توافق عمومی در بین دانشمندان در مورد اثرات مخرب گازهای گلخانه‌ای، که اثرات طولانی مدت بر آب و هوای کره‌ی زمین دارند، به وجود آمده است. بنابراین، نیاز به تولید سوخت‌های پاک‌تر و بهتر یکی از مهمترین دغدغه‌های صنایع شیمیایی می‌باشد.

یکی از موارد بسیار مهم در تولید سوخت‌های بدون گوگرد یا کم گوگرد، نیاز به داشتن موازنه‌ی صحیح از هیدروژن در شبکه‌ی پالایشگاه می‌باشد. خصوصیات سوخت‌های کم گوگرد، تمایل بازار به استفاده از سوخت‌های سبک و در نتیجه اشتیاق پالایشگاه در استفاده از نفت خام سنگین و آلوده‌تر، موجب افزایش مصرف هیدروژن در پالایشگاه گردیده است. از طرف دیگر، واحدهای تولید هیدروژن پاسخگوی این افزایش مصرف