



مؤسسه آموزش عالی غیر دولتی غیر انتفاعی انرژی

بهینه سازی و مدلسازی مصرف انرژی و ارائه روشی برای خنک سازی امکانات فشرده سازی گاز در ایستگاه های تقویت فشار

پایان نامه یا رساله برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

در رشته مهندسی مکانیک - گرایش تبدیل انرژی

نام دانشجو

سید ابوالحسن شاهرخ

استاد راهنمای اول:

دکتر سید ایمان واصفی

استاد راهنمای دوم:

دکتر حیدر مداح

خرداد ماه ۱۴۰۰



مؤسسه آموزش عالی غیر دولتی غیر انتفاعی انرژی

بهبود سازی و مدلسازی مصرف انرژی و ارائه روشی برای خنک سازی امکانات فشرده سازی گاز در ایستگاه های تقویت فشار

پایان نامه یا رساله برای دریافت درجه کارشناسی ارشد
در رشته مهندسی مکانیک - گرایش تبدیل انرژی

نام دانشجو

سید ابوالحسن شاهرخ

استاد راهنمای اول:

دکتر سید ایمان واصفی

استاد راهنمای دوم:

دکتر حیدر مداح

خرداد ماه ۱۴۰۰

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

تأییدیه‌ی صحت و اصالت نتایج

باسمه تعالی

اینجانب سید ابوالحسن شاهرخی به شماره دانشجویی ۹۸۱۳۵۲۸۰۰۳ دانشجوی رشته مهندسی مکانیک- تبدیل انرژی مقطع تحصیلی کارشناسی ارشد تأیید می‌نمایم که کلیه‌ی نتایج این پایان‌نامه/رساله حاصل کار اینجانب و بدون هرگونه دخل و تصرف است و موارد نسخه‌برداری‌شده از آثار دیگران را با ذکر کامل مشخصات منبع ذکر کرده‌ام. در صورت اثبات خلاف مندرجات فوق، به تشخیص دانشگاه مطابق با ضوابط و مقررات حاکم (قانون حمایت از حقوق مؤلفان و مصنفان و قانون ترجمه و تکثیر کتب و نشریات و آثار صوتی، ضوابط و مقررات آموزشی، پژوهشی و انضباطی...) با اینجانب رفتار خواهد شد و حق هرگونه اعتراض در خصوص احقاق حقوق مکتسب و تشخیص و تعیین تخلف و مجازات را از خویش سلب می‌نمایم. در ضمن، مسئولیت هرگونه پاسخگویی به اشخاص اعم از حقیقی و حقوقی و مراجع ذی‌صلاح (اعم از اداری و قضایی) به عهده‌ی اینجانب خواهد بود و دانشگاه هیچ‌گونه مسئولیتی در این خصوص نخواهد داشت.

نام و نام خانوادگی: سید ابوالحسن شاهرخی

امضا و تاریخ:

مجوز بهره‌برداری از پایان‌نامه

بهره‌برداری از این پایان‌نامه در چهارچوب مقررات کتابخانه و با توجه به محدودیتی که توسط استاد راهنما به شرح زیر تعیین می‌شود، بلامانع است:

- ☐ بهره‌برداری از این پایان‌نامه/ رساله برای همگان بلامانع است.
- ☐ بهره‌برداری از این پایان‌نامه/ رساله با اخذ مجوز از استاد راهنما، بلامانع است.
- ☐ بهره‌برداری از این پایان‌نامه/ رساله تا تاریخ..... ممنوع است.

نام استاد یا اساتید راهنما: سید ابوالحسن شاهرخی

تاریخ:

امضا:

تقدیم ہے:

خانوادہ عزیزم

شکرو قدردانی:

از اساتید کرامتقدر

چکیده

همچنانکه می دانیم رشد تقاضا جهت مصرف انرژی در هر کشور تابعی از سطح زندگی و رفاه عمومی مردم و تجهیزات و امکانات موجود جهت تولید و رفع نیازهای آنان می باشد. امروزه ۷۵ درصد انرژی مورد نیاز جهان از نفت و گاز تامین می شود. در نتیجه مصرف روزافزون انرژی و در نتیجه رشد تقاضای آن از یک سو و رو به پایان بودن منابع نفتی در آینده ای نزدیک از سمتی دیگر و با عنایت به جایگاه ایران در بین کشورهای دارای منابع غنی گاز طبیعی اهمیت این صنعت رو به رشد بیشتر نمایان می گردد. جهت گازرسانی به مناطق مختلف کشور از سیستم لوله کشی گاز استفاده شده است و به این صورت گاز به مناطق مختلف انتقال داده شده است. گاز در اثر عبور از لوله ها فشارش کاهش پیدا میکند لذا نیاز است تا به کمک تأسیساتی تحت عنوان ایستگاه های تقویت فشار، کار لازم صورت گیرد و فشار خط را در حد معینی باقی نگاه دارد. در این تحقیق به شبیه سازی ایستگاه تقویت فشار گاز ساوه و بندرعباس پرداخته شده است و سیستم خنک کننده مورد استفاده در تأسیسات ساوه شرح داده شده است. همینطور از اطلاعات مربوط به تأسیسات بندرعباس استفاده شده است و کارآیی نسبی ماهیانه و سالانه ایستگاه تقویت فشار محاسبه شده است.

واژه های کلیدی: ایستگاه تقویت فشار، شبیه سازی، HYSYS، فشرده سازی گاز، شاخص کارآیی نسبی، کارآیی عملیاتی نسبی

فهرست مطالب

فصل ۱: مقدمه	۱
۱-۱- مقدمه	۲
۲-۱- ایستگاه تقویت فشار	۳
۳-۱- اجزای اصلی ایستگاه تقویت فشار	۴
۳-۱-۱- اسکرابرها	۴
۳-۱-۲- توربوکمپرسورها	۵
۳-۱-۳- خنک کننده گاز	۷
۴-۱- شماره گذاری قسمت های مختلف ایستگاه	۹
۴-۱-۱- اتاق کنترل	۹
۴-۱-۲- اتاق UPS	۹
۴-۱-۳- اتاق باتری ها	۱۰
۴-۱-۴- اتاق برق فشار قوی	۱۰
۴-۱-۵- اتاق mcc خنک کننده های گاز	۱۰
۴-۱-۶- اتاق مولد برق اضطراری	۱۰
۴-۱-۷- اتاق کمپرسور هوای ابزار دقیق	۱۰
۴-۱-۸- مرکز تقلیل فشار	۱۱
۴-۱-۹- قسمت تخلیه گاز	۱۱
۵-۱- ارتباط ایستگاه تقویت فشار با خطوط سراسری	۱۱
۶-۱- توربین	۱۲
۷-۱- کمپرسور	۱۵
۷-۱-۱- کاربرد کمپرسورها	۱۵
۷-۱-۲- کمپرسور سانتریفوژ	۱۶
فصل ۲: مروری بر منابع	۱۸
۱-۲- مروری بر منابع	۱۹
فصل ۳: روش تحقیق	۳۲
۱-۳- مقدمه	۳۳
۲-۳- فرایند شبیه سازی شده	۳۴

فهرست مطالب

۳۶.....	۳-۲-۱- بسته ترمودینامیکی مورد استفاده و معادلات حاکم بر آن.....
۳۷.....	۳-۲-۲- نمودار عملکرد کمپرسورهای از نوع سانتریفیوژ گاز.....
۴۲.....	۳-۳- فرایند ایستگاه تقویت فشار گاز ساوه و شبیه سازی آن.....
۵۰.....	۳-۴- اعتبارسنجی و تعیین محدوده کار با فایل شبیه ساز ایستگاه گاز ساوه ۲.....
۵۳.....	۳-۵- شاخص کارایی ایستگاه تقویت فشار.....
۵۶.....	فصل ۴: نتایج و تفسیر آنها.....
۵۷.....	۴-۱- مقدمه.....
۵۸.....	۴-۲- سیستم های خنک سازی.....
۶۰.....	۴-۳- نتایج کارایی عملیات نسبی ایستگاه تقویت فشار بندرعباس.....
۶۴.....	فصل ۵: جمع بندی و پیشنهادها.....
۶۵.....	۵-۱- نتیجه گیری.....
۶۵.....	۵-۲- پیشنهادات.....

فهرست جداول

جدول (۱-۳) اطلاعات PFD مربوط به طراحی ایستگاه گاز ساوه ۲.....	۳۳
جدول (۲-۳) مشخصات ترکیبات گاز ورودی به ایستگاه تقویت فشار گاز ساوه.....	۳۴
جدول (۳-۳) میزان درصد خطای نسبی فایل شیب ساز در مقایسه با شرایط میدانی.....	۵۱
جدول (۴-۳) محدوده ورودی دما، فشار و دبی جرمی به فایل شیب ساز.....	۵۲
جدول (۵-۳) میزان دما و فشار در ورود و خروج.....	۵۴
جدول (۶-۳) میزان انرژی مصرفی ایستگاه تقویت فشار بندرعباس.....	۵۴
جدول (۱-۴) میزان آنتالپی ورودی و خروجی.....	۶۰
جدول (۲-۴) میزان کار انجام گرفته.....	۶۱
جدول (۳-۴) میزان شاخص کارایی هر ماه.....	۶۱
جدول (۴-۴) میزان کارایی عملیات نسبی ماهانه.....	۶۲

فهرست اشکال

- شکل (۱-۱) نمای شماتیکی از یک اسکرابر گاز..... ۵
- شکل (۲-۱) نمای شماتیکی از یک توربوکمپرسور..... ۶
- شکل (۳-۱) نمای شماتیکی از خنک کننده های گاز..... ۸
- شکل (۴-۱) نمونه ای از توربین چرخ پلتون..... ۱۳
- شکل (۵-۱) نمونه ای از یک توربین بخار چند محوره..... ۱۳
- شکل (۶-۱) فرایند تبدیل انرژی در یک موتور حرارتی..... ۱۴
- شکل (۷-۱) کمپرسورهای سانتریفیوژ برای افزایش سرعت گاز از پروانه های خاصی استفاده می کنند..... ۱۷
- شکل (۱-۲) شبکه گازرسانی گاز طبیعی..... ۲۰
- شکل (۲-۲) شماتیک مسیر عبور گاز از ایستگاه تقلیل فشار..... ۲۱
- شکل (۳-۲) اجزای گرمکن غوطه ور در آب [۵۸]..... ۲۲
- شکل (۱-۳) نمودار عملکرد یک کمپرسور سانتریفیوژ..... ۳۸
- شکل (۲-۳) نمودارهای عملکردی کمپرسور مدل SUMMY..... ۳۹
- شکل (۳-۳) نمودار محاسبه ضریب تراکم پذیر گاز طبیعی..... ۴۱
- شکل (۴-۳) شماتیک کلی از فرایند ایستگاه تقویت فشار گاز..... ۴۲
- شکل (۵-۳) ایرکولرهای ایستگاه تقویت فشار گاز..... ۴۳
- شکل (۶-۳) نمای کلی از مرکز تقلیل فشار گاز..... ۴۵
- شکل (۷-۳) شرایط عملیاتی جریان ورودی به ایستگاه تقویت فشار..... ۴۶
- شکل (۸-۳) خصوصیات فیزیکی جریانات حاکم در اسکرابر اول..... ۴۷
- شکل (۹-۳) نمای کلی از جریان های ورودی و خروجی از اسکرابرهای شبیه سازی شده..... ۴۷
- شکل (۱۰-۳) نمای کلی از جریان های ورودی و خروجی از کمپرسورهای شبیه سازی شده..... ۴۸
- شکل (۱۱-۳) پارمترهای کمپرسور اول شبیه سازی شده..... ۴۹
- شکل (۱۲-۳) خصوصیات فیزیکی کمپرسور شبیه سازی شده..... ۴۹
- شکل (۱۳-۳) نمای کلی از جریان های ورودی و خروجی از خنک کننده های شبیه سازی شده..... ۵۰
- شکل (۱۴-۳) محدوده کاری تعریف شده کمپرسورهای گاز در فایل شبیه ساز ایستگاه..... ۵۲
- شکل (۱-۴) خصوصیات فیزیکی جریان ورودی..... ۵۷
- شکل (۲-۴) خصوصیات فیزیکی جریان خروجی..... ۵۸
- شکل (۳-۴) تغییرات دما نسبت به تغییر فشار..... ۵۹
- شکل (۴-۴) تغییرات دما نسبت به تغییر فشار..... ۵۹

فصل ۱:

مقدمه

۱-۱- مقدمه

همچنانکه می دانیم رشد تقاضا جهت مصرف انرژی در هر کشور تابعی از سطح زندگی و رفاه عمومی مردم و تجهیزات و امکانات موجود جهت تولید و رفع نیازهای آنان می باشد. امروزه ۷۵ درصد انرژی مورد نیاز جهان از نفت و گاز تامین می شود. در نتیجه مصرف روزافزون انرژی و در نتیجه رشد تقاضای آن از یک سو و رو به پایان بودن منابع نفتی در آینده ای نزدیک از سمتی دیگر و با عنایت به جایگاه ایران در بین کشورهای دارای منابع غنی گاز طبیعی اهمیت این صنعت رو به رشد بیشتر نمایان می گردد. ایران با داشتن ۲۸ تریلیون متر مکعب تقریباً معادل ۱۸ درصد ذخایر ثابت شده گاز جهان را در اختیار دارد و به عنوان دومین کشور بزرگ دارنده گاز طبیعی مطرح است. در این میان روسیه با داشتن ۳۰ درصد، اولین کشور و پس از ایران نیز کشورهای قطر با ۹ درصد، امارات ۴ درصد و عربستان سعودی با ۳.۷ درصد و ... قرار دارند. امروزه نفت و گاز نقش مهم و انکار ناپذیری در تامین انرژی جهان دارند. با توجه به محدود بودن منابع نفتی و مزایای متعدد سوخت گازی، نقش گاز پر رنگ تر گردیده به طوری که منابع گازی جای خود را در جهان به عنوان یکی از منابع اصلی تامین انرژی بیش از پیش باز نموده است.

شرکت ملی گاز ایران نیز در سال ۱۳۴۴ تاسیس و اولین خط لوله سراسری به قطرهای ۴۲ و ۴۰ در سال ۱۳۴۹ شمسی جهت انتقال گاز ایران به کشور شوروی سابق از پالایشگاه بیدبلند تا آستارا کشیده شد و هزینه این لوله کشی و ایستگاههای تقویت فشار روی آن به همراه هزینه احداث کارخانه های ذوب آهن اصفهان و ماشین سازی اراک توسط صادرات گاز به این کشور پرداخت گردید.

سولفید هیدروژن و دی اکسید کربن به علت دارا بودن خواص خوردگی، شن و ماسه، آب شود و نیتروژن از ارزش حرارتی گاز، پالایشگاهها وظیفه تصفیه این ناخالصی ها را به عهده دارند.

می دانیم که گاز برای حرکت از نقطه ای به نقطه دیگر به اختلاف فشار نیاز دارد. یعنی گاز از نقطه با فشار بیشتر به نقطه با فشار کمتر خواهد رفت. البته گاز پس از استخراج دارای فشار بالایی گاه تا ۱۳۰۰ Psi می باشد ولی در طی مسیر خود باید از مناطق کوهستانی و پستی و بلندیهای زیادی عبور کند و البته عبور از این مناطق نیازمند غلبه بر عواملی همچون افزایش ارتفاع، اصطکاک گاز درون لوله و اتصالات مربوطه می- باشد. طبق قانون برنولی و با در نظر گرفتن گاز طبیعی به عنوان گاز کامل خواهیم داشت:

کاهش فشار بین دو نقطه متناسب است با مجموع تغییرات سرعت، ارتفاع و افت فشار ناشی از اصطکاک گاز با خط لوله و اتصالات مربوطه. علاوه بر این انشعابات و مصارفی که در طول مسیر از خطوط لوله سراسری

گرفته می شود باعث افت فشار می شود. ایستگاههای تقویت فشار گاز همچنان که از نامشان پیداست این افت فشارها را در طول مسیر جبران خواهند نمود. در ضمن گاز ماده ای تراکم پذیر بوده و می توان با افزایش فشار حجم آن را کاهش داد و در نتیجه حجم بیشتری از گاز را در شرایط استاندارد انتقال داد. با توجه به اینکه درصد بالایی از مصرف گاز در کشور ما مربوط به مصارف خانگی و صنعتی از قبیل نیروگاه ها و صنایع فولاد می باشد و در سال های اخیر قسمتی از گاز کشور به همسایگان ایران از جمله ترکیه صادر می شود لازم است گاز تولیدی به مناطق مصرف ارسال گردد. گاز تولیدی از طریق خطوط سراسری و انشعابات فرعی به قطب های صنعتی و شهرهای پرجمعیت از جمله تهران و نقاط مرزی جهت صادرات ارسال می گردد.

بر اساس توافقنامه هایی که در سال ۱۳۴۴ شمسی بین ایران و اتحاد جماهیر شوروی به امضا رسید ایران در مقابل ساخت کارخانه ذوب آهن اصفهان و ماشین سازی اراک توسط شوروی تعهد کرد که به آن کشور گاز صادر کند .

اجرای شدن این پروتکل به ایجاد شرکت ملی گاز ایران در همان سال منجر شد و قرار داد فروش سالانه ده میلیارد متر مکعب گاز به شوروی در سال ۱۳۴۹ به امضای طرفین رسید و صدور گاز آغاز شد. پس از پیروزی انقلاب اسلامی در سال ۱۳۵۸ به دلیل عدم توافق ایران و شوروی بر سر قیمت، صادرات گاز قطع شد. بر اساس گزارش در مدت اجرای قرار داد ۷۱ میلیارد متر مکعب گاز طبیعی به شوروی صادر شده بود. پس از یک وقفه طولانی توافق بر سر قیمت دو کشور در سال ۱۳۶۹ قرار داد پانزده ساله ای برای صادرات گاز امضاء کردند و صادرات گاز (۱۳۷۰ شمسی) به آن کشور دوباره از سر گرفته شد و تا زمان فروپاشی اتحاد جماهیر شوروی در سال ۱۹۹۱ ادامه یافت اما از آن زمان این خط لوله برای انتقال گاز به مناطق غربی و مصارف داخلی به کار گرفته شده است.

۱-۲- ایستگاه تقویت فشار

خطوط سراسری به وسیله دو شیر اصلی به ورودی و خروجی ایستگاه متصلند. معمولاً این دو شیر ارتباط بین خط و ایستگاه را برقرار می نمایند ولی در صورتیکه یک ایستگاه به دو خط سراسری متصل باشد علاوه بر دو شیر فوق در ورودی و خروجی خط، دو شیر دیگر نیز در ورودی و خروجی ایستگاه نصب می شوند و مابین شیرهای ایستگاه و خط، اتصالات مربوط به ارتباط ایستگاه با دیگر خطوط تعبیه می گردند. ضمن اینکه خطوط سراسری علاوه بر دو شیر جهت ارتباط با ایستگاه مجهز به شیر دیگری با عنوان شیر بای پاس

هستند و در صورتیکه بنا به هر دلیلی نیازی به استفاده از ایستگاه نباشد و یا ایستگاه با ESDI متوقف گردد، این شیر باز بوده و در غیر این صورت و در زمان کارکرد ایستگاه بایستی بسته باشد. همچنین خطوط سراسری به وسیله لوله ها و اتصالاتی می توانند به یکدیگر متصل شوند.

ایستگاههای تقویت فشار در جهت تامین فشار مورد نیاز برای انتقال گاز از نقطه ای به نقطه دیگر طراحی شده اند و برای انجام هدف نهایی خود از یک پروسه از پیش طراحی شده تبعیت می کنند این پروسه به تجهیزات و تاسیساتی نیاز دارد که این فصل به بررسی عملکرد آنها می پردازد.

توربوکمپرسورها، فشار گاز را افزایش داده و در نهایت باعث حرکت گاز در خطوط سراسری می شوند. در نتیجه برای حفظ و نگهداری بهتر و البته بالا بردن راندمان آنها، یک سری تجهیزات جانبی مانند اسکرابر ها و فن های خنک کننده و... وجود دارند که شرح آن در زیر آمده است. تجهیزات فوق الذکر، تجهیزات اصلی هستند که مستقیماً با فرایند فشرده سازی گاز در ارتباط می باشند. تجهیزات دیگری در ایستگاه وجود دارد که با نام تجهیزات کمکی شناخته می شوند. این تجهیزات از تجهیزات اصلی پشتیبانی کرده و زمینه کار را برای آنها فراهم می آورند.

همچنین برخی دیگر از نیازها نیز توسط این تجهیزات مرتفع می شود. در ادامه به توضیح بیشتری در خصوص تاسیسات اصلی و کمکی پرداخته می شود.

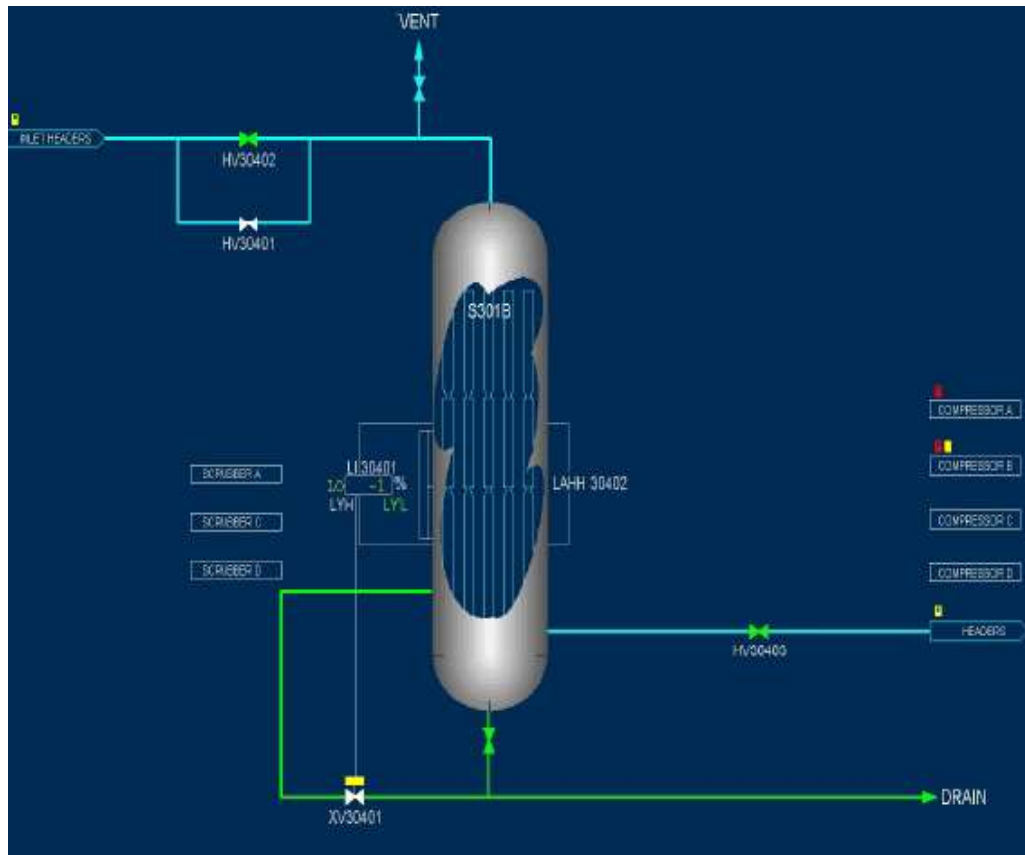
۱-۳- اجزای اصلی ایستگاه تقویت فشار

۱-۳-۱- اسکرابر ها

به منظور جلوگیری از ورود ذرات و قطرات کوچک مایع به کمپرسورهای گاز، اسکرابر ها در نظر گرفته شده اند. گاز ورودی به ایستگاه از طریق هدر ورودی اسکرابر ها توزیع شده و به تمیزکننده های گاز وارد می شود. اسکرابر ها که معمولاً تعدادشان به تعداد واحدهای ایستگاه است بصورت موازی نصب می شوند. اسکرابر ها انواع مختلفی دارند برخی انواع قدیمی تر، از صفحات فلزی مشبک جهت فیلتر کردن گاز استفاده می نمایند. بدین ترتیب که گاز از وسط اسکرابر وارد شده و در اثر برخورد با این صفحات ذرات جامد و مایع گاز به سمت پایین جریان یافته و از طریق شیر تخلیه به بیرون هدایت می شوند.

در برخی اسکرابر ها در جهت بالا بودن بازده و نتیجه بهتر علاوه بر عمل چرخش گاز داخل مخزن، جداسازی ذرات، بوسیله فیلترهای عمودی که بصورت لوله نصب شده اند انجام می گیرد تا عمل تصفیه بهتر انجام

گیرد تا عمل تصفیه بهتر انجام گیرد. ضمن اینکه برای اطمینان از جذب ذرات جامد و مایع باقی مانده در قسمت خروجی لایه ای توری مانند نصب می شود تا این مقدار ذرات باقی مانده را نیز به دام اندازد.



شکل (۱-۱) نمای شماتیکی از یک اسکرابر گاز

شیرهای ورودی و خروجی اسکرابرها در زمان مورد نیاز آنها را از خط لوله سراسری و ارتباط با کمپرسورهای گاز جدا می کند. علاوه بر این شیر تخلیه گاز نیز در انتهای هدر ورودی در نظر گرفته شده است تا در زمان های مورد نظر و اضطراری بتوان در سریع ترین زمان ممکن گاز را تخلیه نمود. ضمن اینکه هر اسکرابر نیز مجهز به یک شیر تخلیه گاز دستی می باشد که به شبکه تخلیه گاز متصل می باشد.

۱-۳-۲- توربوکمپرسورها

گاز تصفیه شده در اسکرابرها وارد هدر ورودی واحدها شده، جهت افزایش فشار از طریق شیر ورودی واحد به سمت کمپرسورهای گاز که بطور موازی نصب شده اند می رود. هر واحد توربوکمپرسور را می توان به دو بخش توربین گاز و کمپرسور گریز از مرکز گاز تقسیم نمود که در

هر واحد در این بخش از قسمت های زیر تشکیل شده است:

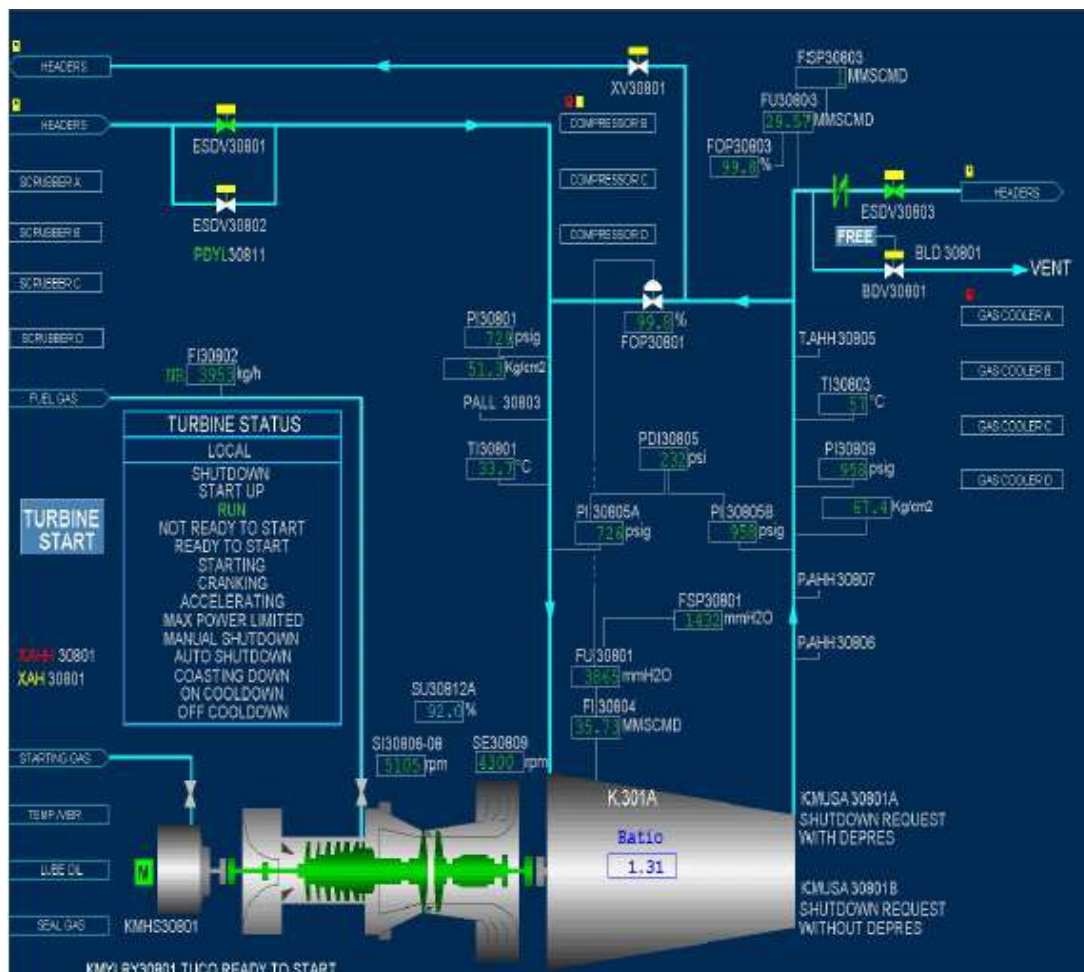
روغنکاری، خنک کننده روغن، فیلتر هوای ورودی، سیستم آگروز، سیستم کنترل و....

(۲) یک کمپرسور گاز از نوع گریز از مرکز

(۳) یک خط برگشت گاز به منظور جلوگیری از سرچ کمپرسور گاز

هر توربین گاز از دو مجموعه پره مستقل تشکیل شده است. به توربین مرحله اول توربین فشار قوی گفته می شود که به روتو کمپرسور هوا متصل بوده و آن را می چرخاند و در ضمن باعث چرخش شفت تجهیزات فرعی نیز می شود.

توربین مرحله دوم یا توربین فشار ضعیف نیز کمپرسور گاز را می چرخاند. طراحی دو مرحله ای توربین ها موجب عملکرد دو توربین در دورهای مختلف و دلخواه شده در نتیجه می توان بارگذاری دلخواهی را بر روی کمپرسور گاز نمود.



شکل (۱-۲) نمای شماتیکی از یک توربوکمپرسور

هر توربوکمپرسور دارای یک سیستم روغنکاری یکپارچه شامل؛ پمپ های روغن، فیلترها، سیستم حفاظت در برابر دمای بیش از حد، تانک ذخیره روغن و یک خنک کننده روغن که در خارج از توربوکمپرسور قرار دارد می باشد.

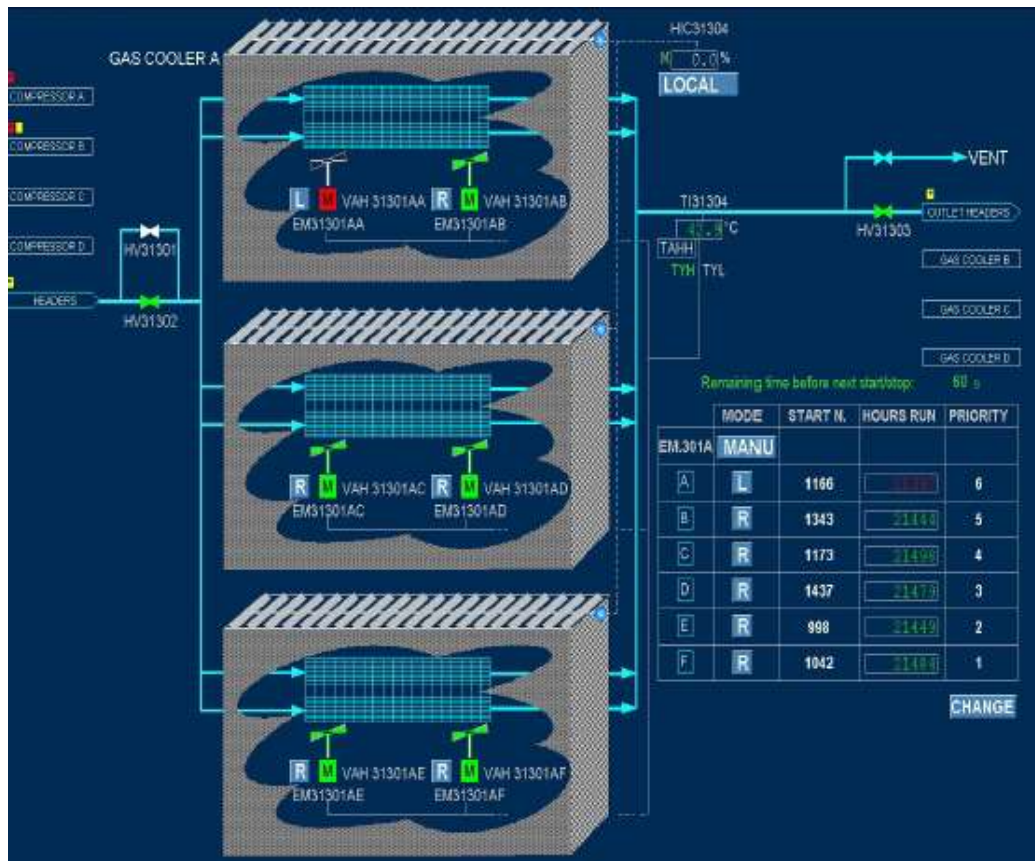
علاوه بر موارد فوق هر توربوکمپرسور دارای فیلتر هوای ورودی خود تمیز کن، شیر آنتی سرج مجزا، عایق های صوتی ۳۲ در خروجی به منظور به حداقل رساندن سر و صدا و راهروها و نردبان هایی برای بازدید و چک کردن واحد می باشد.

خط ضد سرج، خروجی و ورودی کمپرسور را از طریق یک خط لوله ارتباط می دهد که در آن فلوی خروجی کمپرسور به ورودی متصل می شود. ابتدای استارت، شیر ورودی باز می شود ولی شیر خروجی تا رسیدن به دور خاصی بسته می ماند و گاز از طریق شیر آنتی سرج از خروجی به ورودی می رود. سرج پدیده خطرناکی است که در صورت کمبود فلو با توجه به دور توربین، بوجود آمده و در صورت وقوع موجب لرزش های شدید کمپرسور و در نتیجه توربین خواهد شد سیستمهای حفاظت توربین در صورت نزدیکی به شرایط سرج به صورت اتوماتیک به شیر آنتی سرج فرمان باز شدن خواهد داد تا فشار و در نتیجه فلوی ورودی را تقویت کرده و از بروز این پدیده خطرناک جلوگیری نماید. در صورتیکه به هر دلیلی این شیر نتواند از سرج جلوگیری کند و یا در سرویس نیاید سیستمهای حفاظت از واحد، فرمان توقف اضطراری را خواهند داد. در تمام طول کار کمپرسور، دمای گاز ورودی و خروجی کمپرسور به منظور جلوگیری از بیش از حد گرم شدن کمپرسور اندازه گیری و کنترل می شود. در کمپرسورهای گاز از سیستم آب بندی گازی به منظور آب بندی کمپرسور و در توربین گازی از سیستم هوا برای آب بندی و خنک کاری استفاده می شود.

۱-۳-۳- خنک کننده گاز

گاز پس از فشار دار شدن و گذر از شیر خروجی واحد، وارد هدر خروجی واحدها شده سپس به سمت هدر ورودی خنک کننده هدایت می شود تا به دمای مطلوب برسد. به دلیل محدودیت های موجود در متریکال خط لوله سراسری و البته بالا بردن راندمان گاز فشرده خروجی واحدها را خنک می کنند.

این سیستم به چند قسمت مختلف جهت خنک کردن گاز خروجی از کمپرسورها مجهز شده است. هر قسمت آن شامل چند فن خنک کننده است. تعداد قسمتها و در نهایت فن ها به تعداد توربو کمپرسورها و البته شرایط محیطی منطقه ای که ایستگاه در آن قرار دارد بستگی دارد.



شکل (۳-۱) نمای شماتیکی از خنک کننده های گاز

کولرهای گاز از نوع جریان اجباری می باشند. حداکثر دمای خروجی مجاز در حدود ۵۰ می باشد، که بوسیله یک عدد ترانسسمیتر دما که در خروجی هر قسمت واحد خنک کننده نصب شده کنترل و بر همین اساس هم فن ها بصورت اتوماتیک روشن و خاموش می شوند. این کولرها در دو حالت اتوماتیک و دستی قابل استفاده هستند.

در حالت اتوماتیک دمای پایین دست کولرهای گاز از طریق یک اندازه گیر دما اندازه گیری و کنترل شده و بر اساس این مقدار فرمان استارت یا توقف موتورهای الکتریکی فن ها به سوئیچ های آنها فرستاده می شود. به منظور (SCS) کارکرد یکسان فن های هر واحد، یک ترتیب در استارت و توقف فن ها از طریق سیستم کنترل و نظارت صورت می گیرد. اما در حالت دستی از اتاق کنترل و با فرمان بهره بردار می توان آنها را روشن یا خاموش نمود.

کولرها را می توان از طریق دکمه ۳۳ هایی که در محل قرار دارد نیز روشن و خاموش کرد. ضمناً هر یک از این فن ها دارای یک حفاظت در برابر ارتعاشات می باشند هر چند در طراحی این واحدها مود اتوماتیک ۳۴ نیز در نظر گرفته شده است، اما با وجود کارآمدی سیستم کنترلی واحدهای خنک کننده گازی با تصور به

حداقل رساندن تعداد استارت ها و جلوگیری از روشن و خاموش شدن پی در پی واحدهای خنک کننده به صورت دستی کنترل می شوند. در صورت افزایش بیش از حد دما، ترانسمیتر های دمایی که در خروجی بنک ها قرار داده شده اند واحدها را متوقف می کنند. هر کدام از موتور فن ها بوسیله یک ارتعاش سنج در برابر لرزش بیش از حد محافظت شده اند. خنک کننده های گاز به دریچه هایی که میزان باز و بسته بودن آنها توسط بهره بردار بصورت اتوماتیک یا بصورت محلی تعیین می گردد مجهز شده اند. چنانچه جهت تعمیرات یا کارهای متفرقه نیاز به از سرویس خارج کردن آنها باشد می توان توسط یک شیر بای پاس گاز را بدون وارد کردن به سیستم خنک کننده به خط خروجی ایستگاه منتقل کرد. در این حالت گاز بدون عبور از کولرهای گاز توسط خط بای پاس آن به خط لوله سراسری هدایت می شود.

۱-۴- شماره گذاری قسمت های مختلف ایستگاه

جهت شناسایی بهتر و نامگذاری تجهیزات و ابزار آلات مربوطه در ایستگاههای جدید، معمولاً قسمتهای مختلف ایستگاه را با یک عدد ۶ رقمی نشان می دهند. در این نامگذاری به ترتیب از سمت چپ رقم اول نشانگر ایستگاه و رقم دوم و سوم نشانگر نام واحد می باشد. رقم چهارم نمایانگر نام تجهیز و ارقام پنجم و ششم، شماره تجهیز را نشان می دهند.

۱-۴-۱-۱ اتاق کنترل

اتاق کنترل که محل استقرار بهره برداران نیز می باشد اتاقی است که ت وان کنترل تجهیزات ایستگاه و توربوکمپرسورها را به وسیله دریافت تمامی اطلاعات فرستاده شده توسط حسگرها به بهره برداران خواهد داد .

۱-۴-۲- اتاق UPS

که تجهیزات مخصوص به آن و کلیه تجهیزاتی که نیاز به برق با فرکانس کنترل شده دارند در این اتاق نصب شده اند. طرز عمل سیستم فوق در گفتار تجهیزات جانبی و در قسمت برق ایستگاه توضیح داده شده است.

۱-۴-۳- اتاق باتری ها

باتریها در صورت قطع برق سراسری تا مدت زمان مشخصی (بسته به نوع طراحی آن) برق ایستگاه را تامین می نماید. طراحی این باتریها باید به گونه ای باشد که در صورت ادامه قطعی برق شبکه ، نیاز واحدها را تا پایان مدت زمان COOL DOWN تامین نماید.

۱-۴-۴- اتاق برق فشار قوی

برق با ولتاژ ۲۰ کیلو ولت وارد این اتاق شده و پس از ورود بوسیله بریکرهای مربوطه و گذر از ترانسها جهت کاهش ولتاژ تا ۳۸۰ ولت به اتاق ولتاژ پایین فرستاده می گردد. این بریکرها می توانند بصورت محلی و یا از طریق مانیتور PMS کنترل شوند.

۱-۴-۵- اتاق mcc خنک کننده های گاز

برق ۲۰ کیلو ولت از طریق دو عدد بریکر مستقیما به سمت این اتاق رفته و در ورودی آن توسط ترانسهای مربوطه ولتاژ ۳۸۰ آن تامین می شود. در این اتاق بریکرها و استارترهای هر کدام از فن ها نصب شده اند.

۱-۴-۶- اتاق مولد برق اضطراری

که مولد برق اضطراری و کلیه تجهیزات مربوطه اعم از نرم افزاری و سخت افزاری در آن نصب گردیده است. البته معمولا خنک کننده های این مجموعه بیرون از اتاق نصب هستند. این مولد وظیفه تامین برق ایستگاه را در زمان قطع برق شبکه به عهده دارد.

۱-۴-۷- اتاق کمپرسور هوای ابزار دقیق

که معمولا شامل دو عدد کمپرسور هوا از نوع رفت و برگشتی و یا پیچشی، فیلترهای هوا و روغن، واحد

خشک کننده جهت جدا نمودن رطوبت از هوا و کلیه شیرها و ابزار آلات مخصوص به خود می باشد و مخزن ذخیره آن نیز در کنار این اتاق قرار دارد.

۱-۴-۸- مرکز تقلیل فشار

که وظیفه تامین گاز مصرفی سوخت توربین گاز، مولد برق اضطراری، بویلرها و گاز مصرفی ساختمان های ایستگاه را بعهده دارد. در صورتیکه از بویلر برای گرم کردن گاز استفاده شود اتاق بویلرها که معمولا شامل دو عدد بویلر و پمپ های مربوطه، مخزن استنباطی و شیرآلات و تجهیزات مخصوص اندازه گیری می باشد نیز در نزدیکی این مرکز وجود دارد.

۱-۴-۹- قسمت تخلیه گاز

به منظور کاهش وقوع آتش سوزی و انفجار و یا هر وضعیت خطرناک دیگر طراحی می گردد. گازها بوسیله فرمان شیرهای تخلیه و توسط لوله های آن به محل تخلیه گاز هدایت می شوند. این محل باید در یک محوطه ایمن صورت گیرد که برای قسمتهای مهم ایستگاه مشکل ساز نباشد. برای انتخاب این قسمت باید جهت وزش باد نیز در نظر گرفته شود.

۱-۵- ارتباط ایستگاه تقویت فشار با خطوط سراسری

هر خط انتقال گاز در مبادی ورودی ایستگاهها دارای یک شیر ورودی، یک شیر خروجی و یک شیر بای پاس ایستگاه می باشد که بهره بردار می بایستی نحوه عملکرد شیرهای مذکور را بداند. در صورتیکه ایستگاه بخواهد روی این خط کار کند باید شیرهای ورودی و خروجی باز و شیر بای پاس بسته باشد و در غیر این صورت شیرهای ورودی و خروجی بسته و شیر بای پاس را باز می گذارند تا جریان گاز بصورت آزاد و بدون فشار دار شدن در ایستگاه به مسیر ادامه دهد.

توجه به این نکته ضروری است که ایستگاههایی که در مجاورت ۲ و یا چند خط سراسری قرار دارند برای خود شیرهای ورودی و خروجی مجزا دارند. خطوط سراسری علاوه بر شیرهای فوق شیرهایی جهت دریافت

و پرتاب پیگ دارند.

هر ایستگاه تقویت فشار روی یک خط سراسری ساخته می شود ولی جهت بالا بردن انعطاف کاری ایستگاههایی که در مجاور هم روی خطوط موازی احداث شده اند ضمن برق راری ارتباط بین خطوط سراسری مجاور، ایستگاهها را نیز توسط شیرها و لوله هایی به یکدیگر مرتبط می نمایند تا در شرایط مختلف هر ایستگاهی بتواند بطور مجزا روی خطوط کار کند و یا اینکه دو ایستگاه با هم از یک و یا دو خط بصورت همزمان تغذیه شده و بنا به صلاحدید خروجی مجزا و یا مشترک داشته باشند.

۱-۶- توربین

گاز جهت متراکم و فشار دار شدن، وارد ایستگاههای تقویت فشار گاز می شود و این عمل توسط کمپرسور گاز انجام می گیرد. با توجه به توضیحات فصل بعد کمپرسور گاز ایستگاهها از نوع گریز از مرکز بوده و با چرخش به دور مرکز خود گاز را فشرده می نماید. لذا برای چرخاندن کمپرسور گاز آنهم با دور و توان بالا به وسیله ای احتیاج داریم تا توان و قدرت کافی جهت چرخش کمپرسور گاز ایجاد نماید. دو روش زیر امکان فوق را برایمان فراهم می آورند:

استفاده از الکتروموتور: *

در این روش می توان کمپرسور گاز را به وسیله یک میله فلزی (روتور) به الکتروموتوری قوی وصل نمود تا توان و سرعت لازم را به آن منتقل نماید، جهت اجرای روش فوق به شبکه برق مطمئن و مناسبی نیاز است که مهمترین دلیل عدم اجرای روش مذکور در کشورمان نیز می باشد.

استفاده از توربین گاز: *

این روش متداول تر بوده و پیشینه بیشتری در کشور دارد و توانسته اطمینان کارفرمایان را در فرایند انتقال به خود جذب نماید. از این رو از سیستم توربین گاز برای چرخاندن کمپرسور گاز در ایستگاههای تقویت فشار کشور استفاده می گردد.

توربین وسیله ای است که انرژی سیال متحرک را به کار تبدیل می کند یعنی سیال با فشار به آن برخورد کرده، فشار آن گرفته شده و در نهایت به قدرت تبدیل می شود. این سیال می تواند آب، بخار آب، باد و یا هوای داغ باشد که البته در تمامی موارد فوق سیالات می بایستی فشار دار باشند.



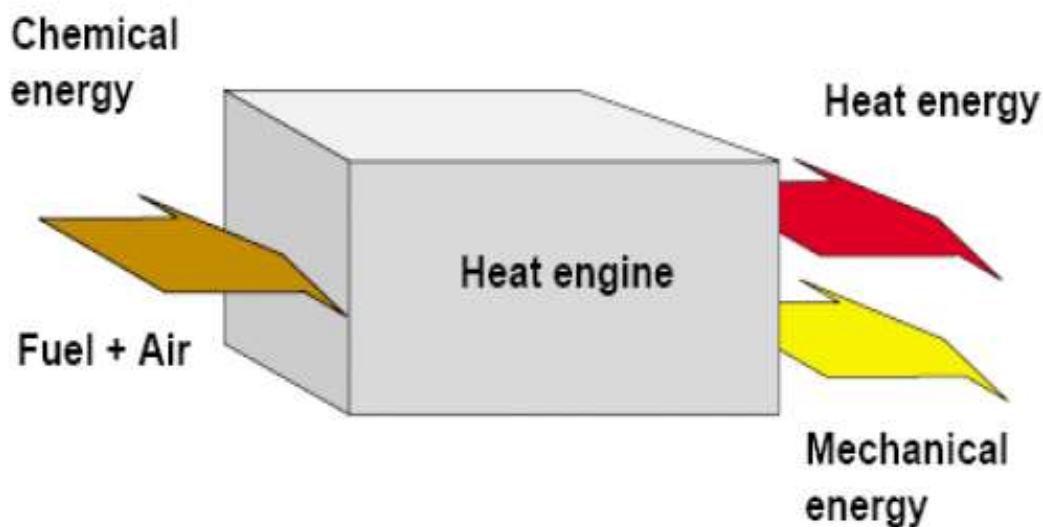
شکل (۱-۴) نمونه ای از توربین چرخ پلتون



شکل (۱-۵) نمونه ای از یک توربین بخار چند محوره

طبق تعاریف ترمودینامیکی، توربین گاز، یک نوع موتور گرمایی است که انرژی حرارتی حاصل از ترکیب هر نوعی از سوخت و هوا را به انرژی مکانیکی تبدیل می کند. البته این موتور گرمایی تنها قسمتی از انرژی را به کار تبدیل می نماید و راندمان نسبتاً پایینی دارد. (بازده آن بسته به نوع طراحی سیستم بین ۲۵ تا ۴۵

درصد اس (ت) سوخت مصرفی در توربین گاز می تواند جامد، مایع و یا گاز باشد و صرف نظر از نوع آن، از آنجایی که ترکیب سوخت و هوا در نهایت، گاز داغ پرفشار است به آن توربین گاز می گویند. در ترمودینامیک انواع سیکل های توان تولید، به دو نوع گازی و بخاری تقسیم می شوند. سیکل های نوع گازی، خود به سه گروه اتو، دیزل و برایتون تقسیم شده که توربین گاز در حقیقت یک سیکل برایتون می باشد. توربین گاز یک موتور گرمایی است یعنی موتوری که انرژی حرارتی را به انرژی مکانیکی تبدیل می کند. انرژی حرارتی معمولاً از سوختن یک سوخت گازی به همراه اکسیژن هوا حاصل می گردد. موتور ابتدا انرژی شیمیایی سوخت را به انرژی حرارتی تبدیل کرده و سپس انرژی حرارتی را به انرژی مکانیکی تبدیل می کند. در یک توربین گاز همانند انواع دیگر موتورهای حرارتی، تنها بخشی از انرژی حرارتی می تواند به انرژی مکانیکی تبدیل گردد. مابقی انرژی به اتمسفر تخلیه خواهد شد.



شکل (۱-۶) فرایند تبدیل انرژی در یک موتور حرارتی

کمپرسور هوای توربین گازی

کمپرسور مورد استفاده دیگر یک فن ساده نبود بلکه به منظور متراکم نمودن پیوسته جریان هوا تا رسیدن به فشار مطلوب با پیچیدگی های بیشتری طراحی گردیده است. معمولاً در توربینهای گاز دو نوع کمپرسور، جریان محوری و جریان شعاعی استفاده می گردد. کمپرسورهای جریان محوری جهت بدست آوردن نسبت تراکم بالا مناسب تر بوده و دارای کارایی بیشتری می باشد لذا در اینجا این کمپرسورها توضیح داده می شوند. کمپرسور جریان محوری از یک یا چند مجموعه رتور تشکیل گردیده است. روتور حامل تیغه ها بوده و بین یاتاقانها قرار گرفته است. پره های استاتور نیز روی پوسته کمپرسور قرار

دارند. یک کمپرسور دارای چندین مرحله می باشد به گونه ای که فشار هوا در هر مرحله مقدار کمی افزایش پیدا می کند. هر مرحله کمپرسور از یک ردیف تیغه های دورا که به دنبال آنها یک ردیف پره های استاتور نیز آمده است تشکیل گردیده است.

۱-۷- کمپرسور

ماشینهای جذب کننده قدرت مکانیکی که انرژی را به صورتهای مختلفی از قبیل انرژی حرارتی، انرژی جنبشی و یا پتانسیل به سیالات تراکم پذیر اعمال می کنند. طیف وسیعی را شامل فن ها، دمنده ها و کمپرسورها تشکیل می دهند، از این میان کمپرسورها دارای نسبت تراکم بیشتری می باشند. کمپرسورهای جریان محوری و سانتریفوژ در دسته کمپرسور های دینامیک و کمپرسورهای رفت و برگشتی و چرخشی (پیچشی و حلزونی) در دسته کمپرسورهای جابجایی مثبت قرار دارند. کمپرسورهای حلزونی و پیچشی انواعی از کمپرسورهای چرخشی هستند. طراحان بر اساس محدوده های خاصی که از نظر نسبت تراکم و شدت جریان گاز در مراجع وجود دارد نوع خاصی از کمپرسور را برای هدف مورد نظر انتخاب می کنند.

۱-۷-۱- کاربرد کمپرسورها

مساله افزایش فشار در فرایندهای مختلف صنعتی بسیار حایز اهمیت است. صنایع و زمینه های متعددی وجود دارند که در هر کدام از آنها کمپرسور نقش دارد. این زمینه ها عبارتند از: تهویه ساختمان ها، تونل ها و معادن و کوره ها تامین هوای فشرده جهت احتراق در ماشینهای احتراق داخلی و دیگ های بخار انتقال گاز (تامین فشار لازم جهت جریان گاز و افت های مسیر) تامین فشار مخازن ذخیره تحت فشار تزریق گاز به میدان های نفتی سیستم تبرید فرایندهای شیمیایی و تصفیه گاز بالا بردن سرعت واکنش ها در فرایندهای شیمیایی

انتقال برخی پودرها توسط گاز فشرده شده

بطور کلی مکانیزم های ایجاد فشار به ۴ دسته تقسیم می شوند که عبارتند از:

(۱) حبس مقدارهای پی در پی از گاز در نوعی محفظه، کاستن حجم، افزودن فشار و سپس تخلیه گاز فشرده به بیرون محفظه

(۲) حبس مقادیر پی در پی از گاز در نوعی محفظه، انتقال آن بدون تغییر حجم به طرف دریچه خروجی، تراکم گاز توسط مقاومت سیستم خروجی و سپس ارسال گاز به بیرون محفظه.

(۳) تراکم گاز با عمل دینامیکی پروانه یا روتور پره دار در حال دوران که گاز در حال عبور فشرده شده و سرعت می گیرد و سهم سرعت سرانجام در دیفیوزر یا پره های ثابت به فشار مبدل می شود.

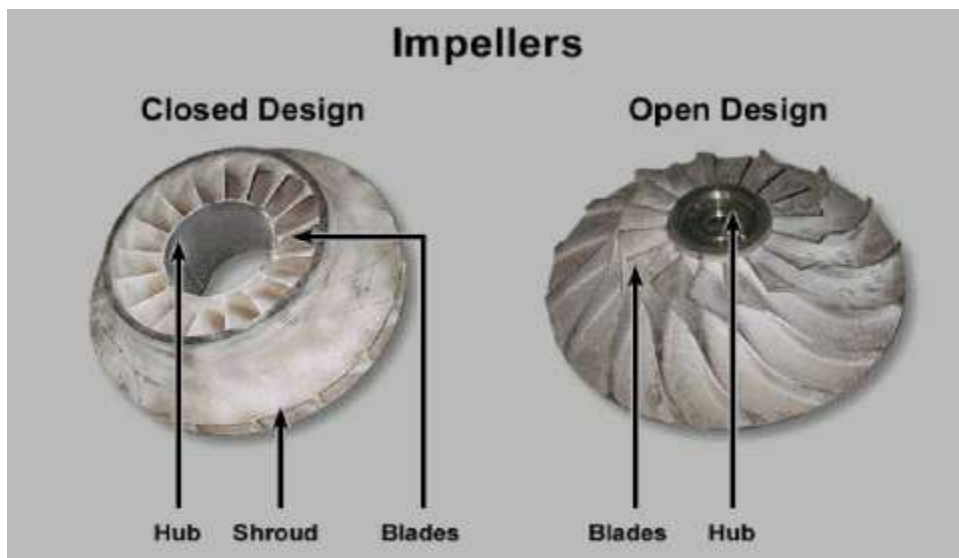
(۴) همراه کردن گاز با یک جت خیلی سریع از همان گاز یا یک گاز دیگر (به طور معمول اما نه الزاما از بخار آب استفاده می شود) و تبدیل گاز مخلوط دارای سرعت بالا به فشار در یک دیفیوزر.

کمپرسورهای نوع اول و دوم جریان ناپیوسته بوده و معروف به جابجایی مثبت و کمپرسورهای نوع سوم و چهارم جریان پیوسته بوده و معروف به دینامیکی هستند. کمپرسورهای نوع چهارم شیپوره نامیده می شوند و معمولا با فشار مکش زیر اتمسفر کار می کنند. در حقیقت این مکانیزمهای ایجاد و اعمال فشار مبنای تقسیمات اصلی و تفاوت های اساسی از نظر مقادیر جریان، مقادیر فشار، قابلیت کنتر ظرفیت، تحمل در مقابل تغییرات خواص گاز، نگهداری، محدوده های راندمان، قابلیت اطمینان و دسترسی، شرایط نصب، فضای مورد نیاز و دیگر مشخصه ها هستند و این مشخصه ها زمینه های کاربرد و توانایی دستگاه را برای یک سرویس معین دیکته می کنند.

در شکل زیر محدوده عملکرد هر یک از کمپرسورها از نظر فشار و ظرفیت بیان شده است کمپرسور گاز در ایستگاههای تقویت فشار گاز از نوع سانتریفوژ و کمپرسورهای هوای ابزار دقیق از نوع رفت و برگشتی و یا پیچشی می باشند لذا در این بخش به بررسی این کمپرسورها خواهیم پرداخت.

۱-۷-۲- کمپرسور سانتریفوژ

کمپرسور سانتریفوژ از نوع کمپرسورهای دینامیکی است و در آن انتقال انرژی از طریق مجموعه ای از پره های دوار به صورت ترکیبی از فشار و سرعت درآمده و تبدیل بیشتر سرعت به فشار بعد از خروج پره های پروانه در جزء ثابت موسوم به دیفیوزر انجام می پذیرد. نمونه ای از یک پروانه در شکل زیر ارائه شده است.



شکل (۱-۷) کمپرسورهای سانتریفوژ برای افزایش سرعت گاز از پروانه های خاصی استفاده می کنند.

کمپرسورهای سانتریفوژ از نوع کمپرسورهای دینامیکی هستند یعنی بر خلاف کمپرسورهای رفت و برگشتی که در آنها تراکم گاز بوسیله یک عضو متراکم کننده (پیستون) انجام می شود، کمپرسورهای سانتریفوژ عضو متراکم کننده ای ندارند و تراکم گاز در آنها عمدتاً با نیروی گریز از مرکز و سرعتی که از چرخش سریع گاز به وسیله پروانه حاصل می شود انجام می گیرد.

فصل ۲:

مروری بر منابع

۲-۱- مروری بر منابع

ایستگاههای تقویت فشار در جهت تامین فشار مورد نیاز برای انتقال گاز از نقطه ای به نقطه دیگر طراحی شده اند و برای انجام هدف نهایی خود از یک پروسه از پیش طراحی شده تبعیت می کنند این پروسه به تجهیزات و تاسیساتی نیاز دارد که این فصل به بررسی عملکرد آنها می پردازد. توربوکمپرسورها، فشار گاز را افزایش داده و در نهایت باعث حرکت گاز در خطوط سراسری می شوند. در نتیجه برای حفظ و نگهداری بهتر و البته بالا بردن راندمان آنها، یک سری تجهیزات جانبی مانند اسکرابرها و فن های خنک کننده و... وجود دارند که شرح آن در زیر آمده است. تجهیزات فوق الذکر، تجهیزات اصلی هستند که مستقیماً با فرایند فشرده سازی گاز در ارتباط می باشند. تجهیزات دیگری در ایستگاه وجود دارد که با نام تجهیزات کمکی شناخته می شوند. این تجهیزات از تجهیزات اصلی پشتیبانی کرده و زمینه کار را برای آنها فراهم می آورند.

همچنین برخی دیگر از نیازها نیز توسط این تجهیزات مرتفع می شود. در ادامه به توضیح بیشتری در خصوص تاسیسات اصلی و کمکی پرداخته می شود.

ایستگاههای تقلیل فشار گاز بخش مهمیاز سیستم گازرسانی بوده که با اشکال و تجهیزات متفاوت طراحی و نصب میگردند. با پیشرفت علوم و فناوری، ساخت این تجهیزات به طور مرتب تغییر و ارتقا می یابد. در یک تقسیم بندی کلی جهت هماهنگی مشخصات گاز موجود در خطوط لوله با مشخصات گاز مورد نیاز مصرف کنندگان، ایستگاههای تقلیل فشار گاز به دو نوع ایستگاههای برون شهری و ایستگاههای درون شهری طراحی و ارائه می گردند.

ایستگاههای برون شهری به صورت کمربندی در اطراف شهرها نصب میگردند و با ظرفیتهای ۱۰، ۲۰ و ۳۰ هزار مترمکعب بر ساعت و یا بیشتر، فشار گاز را از ۱۰۰۰ psig به حدود ۲۵۰ psig کاهش می دهند. ایستگاههای درون شهری با ظرفیتهای ۲/۵، ۵ و ۱۰ هزار مترمکعب بر ساعت علاوه بر تقلیل فشار گاز به ۶۰ psig ناخالصی های موجود و مقدار جریان ورودی و خروجی گاز را کنترل می کنند.

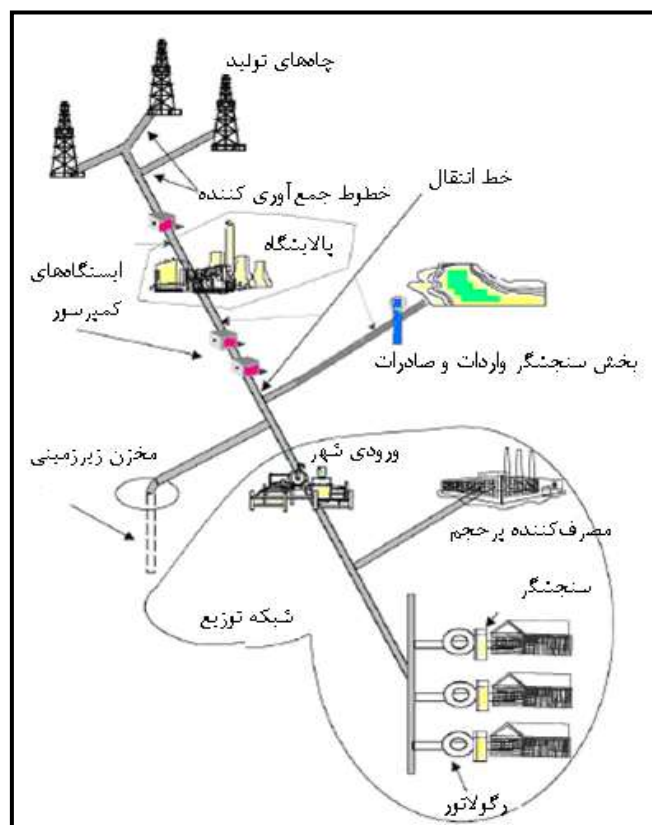
در شکل (۱) از استخراج تا رسیدن گاز طبیعی به دست مصرف کننده بصورت شماتیک آورده شده است. در شکل (۲) مسیر عبور گاز از ایستگاههای تقلیل فشار بصورت شماتیک نشان داده شده است.

در سال ۱۳۸۶ با مطالعاتی که توسط شرکت بهینه سازی مصرف سوخت صورت گرفت فرصتهای صرفه جویی قابل توجهی در مصرف انرژی در ایستگاههای تقلیل و تقویت فشار پیشبینی شد. در این پژوهش، عملکرد ایستگاههای تقلیل فشار از نظر مصرف انرژی مورد بررسی قرار گرفت [۵۶].

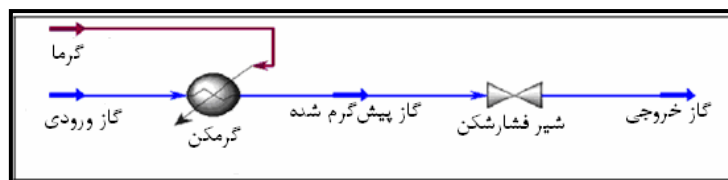
همچنین مشخصات شرکت ملی گاز و نیز کلیه پالایشگاههای کشور ارائه شد. خطوط اصلی انتقال گاز کشور و همچنین ایستگاههای تقویت فشار گاز که بر روی آن خطوط قرار گرفته اند نیز معرفی شدند. پتانسیل- سنجی بازیابی حرارتی از توربینهای گازی موجود در ایستگاههای تقویت فشار گاز از دیگر مواردی صورت گرفته است.

در پروژه ای دیگر، شرکت گاز استان زنجان با اصلاح محفظه احتراق و نصب شیر برقی مقدار مصرف ساعتی سوخت را از ۶۵ تا ۷۰ متر مکعب به ۴۵ تا ۵۰ متر مکعب کاهش داد [۵۷].

در این طرح پس از بررسی گرمکن و عوامل زرد سوزی، با تغییر در ساختار محفظه احتراق و گازرسانی، رنگ شعله ها و مصرف سوخت بهبود یافت. ناقص سوزی گاز به دلیل کمبود اکسیژن و وجود شعله های بلند، زبانه دار، زرد و دودی شکل، کوچک بودن محفظه هوا و کمبود اکسیژن در این حالت عنوان شد. در این طرح بعد از اصلاح محفظه احتراق یک شیر سولونوئید در مسیر گاز ورودی به محفظه احتراق نصب و دمای مخزن بین ۳۷ تا ۴۳ درجه سانتیگراد تنظیم شد که به ترتیب در دمای ۳۷ درجه سانتیگراد دستور باز شدن و در دمای ۴۳ درجه سانتیگراد دستور بسته شدن شیر و قطع گاز را اجرا میکند. با نصب این شیر، حالت کاری در فشار پایین، حذف و ساعت کار گرمکن به مدت ۱۲ ساعت کاهش یافت [۵۷].



شکل (۱-۲) شبکه گازرسانی گاز طبیعی



شکل (۲-۲) شماتیک مسیر عبور گاز از ایستگاه تقلیل فشار

گرمکن های غیر مستقیم، گرما را در یک محفظه جداگانه (معمولاً لوله آتشدان) تولید کرده و به جریان فرآیند از طریق محیط گرماده مانند آب، مخلوط آب- گلیکول، بخار، نمک یا گازهای حاصل از احتراق انتقال می دهند.

یکی از مشکلات اصلی موجود در این مسیر عدم تطابق ظرفیت حرارتی مشعل ها با بار حرارتی مورد نیاز گرمکنها بود.

به علت ظرفیت بسیار بالاتر مشعلها در مقایسه با گرمکنها امکان تنظیم در بهترین راندمان میسر نبود. با افزایش ظرفیت مشعل در این سیستم شاهد دو پدیده با نتایج متفاوت بودیم:

۱. افزایش دمای دودکش: تأثیر منفی در راندمان سیستم دارد.

۲. کاهش مقدار هوای اضافه: تأثیر مثبت در راندمان سیستم دارد.

به علت ظرفیت بالاتر مشعلها نسبت به گرمکنها، با افزایش ظرفیت مشعل به ظرفیتی بیش از بار حرارتی مورد نیاز دیگ، شاهد افزایش ناگهانی دمای دودکش بودیم. این حرارت تولیدی بدون اینکه گرمای خود را به آب درون گرمکن منتقل نماید از دودکش خارج شده و باعث افزایش تلفات دودکش و در نتیجه کاهش راندمان کل گرمکن میگردد.

در سیستمهایی که ظرفیت مشعل و دیگ متناسب با یکدیگر انتخاب میگردند، با افزایش ظرفیت مشعل تا بار حرارتی مورد نیاز دیگ، افزایش چشمگیری در دمای دودکش مشاهده نمیگردد. ولی در سیستمهایی مانند گرمکنهای موجود به علت اینکه توان مشعل بسیار بالاتر از بار حرارتی گرمکن است و همچنین وجود حجم وسیع دوده در محفظه احتراق، با افزایش بیشتر ظرفیت مشعل (جهت کاهش هوای اضافه و افزایش راندمان مشعل)، در ظرفیتهای بالاتر از حداکثر ظرفیت حرارتی دیگ، شاهد افزایش ناگهانی و شدید دمای دودکش و در نتیجه افزایش تلفات دودکش و کاهش راندمان سیستم خواهیم بود.

در دیگهایی که راندمان بالای ۹۰٪ دارند با توجه به دمای شعله گاز طبیعی (1200°C)، دمای گازهای خروجی از دودکش معمولاً بین ۱۸۰-۲۰۰ درجه سانتیگراد میباشد. اما در دیگهایی با راندمان پایینتر که انتقال حرارت بین گازهای حاصل از احتراق و سیال مورد نظر بهطور کامل انجام نمیگیرد دمای گازهای خروجی به مراتب بالاتر بوده که منجر به تلفات بالای دودکش می گردد.

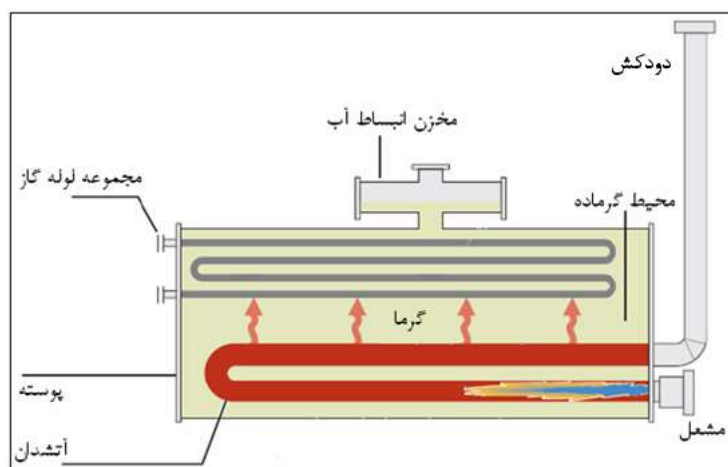
از سویی دیگر غالباً طراحی مشعلها، متناسب با بالاترین ظرفیت نامی کارکرد بوده و در ظرفیتهای بالاتر و یا پایین تر شاهد احتراق ناقص و یا افزایش هوای اضافه و در نتیجه کاهش راندمان احتراق خواهیم بود. بنابراین با افزایش ظرفیت مشعل تا توان نامی و همچنین تنظیم صحیح نسبت هوا به سوخت، مقدار هوای اضافه کاهش و در نتیجه راندمان مشعل افزایش می یابد.

از جمله مزایای اصلی این نوع گرمکنها این است که محیط گرماده گرما را بصورت یکنواخت انتقال می دهد. گرمکنهای غوطه ور آبی معمولترین نوع گرمکنهای ایستگاههای تقلیل فشار هستند. این نوع گرمکن دمای آب را ماکزیمم تا حدود ۷۰ درجه سانتیگراد حفظ میکند.

در ایستگاههای تقلیل فشار مورد نظر پژوهش حاضر این نوع گرمکنها بکار رفته است. در شکل (۴) شمای کلی از ساختار گرمکن غوطه ور در آب نشان داده شده است. گرمکنهای غوطه ور در آب معمولاً طبق استاندارد API 12K طراحی میشوند. مهمترین کاربرد این نوع گرمکنها گرم کردن گاز پرفشاری است که فشار آن در ایستگاههای تقلیل فشار کاهش مییابد.

کاهش فشار گاز منجر به کاهش دمای آن خواهد شد. گاز طبیعی را جهت افزایش بازدهی توربینهای گاز (در صورت وجود در ایستگاههای تقلیل فشار) نیز ممکن است گرم کنند. در این نوع گرمکنها محیط گرماده، آب یا مخلوط آب- گلیکول است و لوله های عبوری سیال گرمشونده در این محیط غوطه ور هستند. لوله آتشدان گرمای آزادشده توسط مشعلها را به محیط گرماده و از آن به لوله های عبوری سیال و در نهایت به سیال منتقل می شود.

در پژوهش ذکر شده، نتایج حاصل از انجام اقدامات بهینه سازی مصرف انرژی در مشعل، شامل تنظیم طول شعله در داخل مشعل متناسب با شکل محفظه احتراق و همچنین تنظیم نسبت هوا به سوخت، در ایستگاه های تقلیل فشار گاز استان اردبیل مورد بررسی قرار گرفت.



شکل (۲-۳) اجزای گرمکن غوطه ور در آب [۵۸]

خطوط لوله سراسری گاز کشور

با توجه به اینکه درصد بالایی از مصرف گاز در کشور ما مربوط به مصارف خانگی و صنعتی از قبیل نیروگاه ها و صنایع فولاد می باشد و در سال های اخیر قسمتی از گاز کشور به همسایگان ایران از جمله ترکیه صادر می شود لازم است گاز تولیدی به مناطق مصرف ارسال گردد. گاز تولیدی از طریق خطوط سراسری و انشعابات فرعی به قطب های صنعتی و شهرهای پرجمعیت از جمله تهران و نقاط مرزی جهت صادرات ارسال می گردد.

بر اساس توافقنامه هایی که در سال ۱۳۴۴ شمسی بین ایران و اتحاد جماهیر شوروی به امضا رسید ایران در مقابل ساخت کارخانه ذوب آهن اصفهان و ماشین سازی اراک توسط شوروی تعهد کرد که به آن کشور گاز صادر کند .

اکسرژی در واقع بیشترین کار تئوری مفید قابل دستیابی است، زمانی که سامانه به سوی تعادل با محیط حرکت می کند و تنها با محیط تبادل گرما انجام می دهد. البته می توان به صورت کمترین کار محوری یا الکتریکی تئوری مورد نیاز برای آن که یک مقدار از ماده را از حالتی که در تعادل با محیط است به یک حالت مشخص ببریم نیز تعریف کرد. بنابراین می توان چنین برداشت کرد که اکسرژی، بیان گر میزان انحراف حالت یک سامانه نسبت به حالت محیط است. محیط، یک سامانه بسیار بزرگ در حالت تعادل است که متغیرهای حالت (T_0, P_0) و پتانسیل شیمیایی اجزای موجود در آن هنگامی که در فرآیندهای ترمودینامیکی به تبادل جرم و گرما با سامانه های دیگر می پردازد، ثابت می ماند. این نکته ی مهمی است که هیچ واکنش شیمیایی نمی تواند بین اجزای محیط صورت گیرد. محیط عاری از هرگونه بازگشت ناپذیری است و اکسرژی محیط برابر صفر می باشد. محیط در واقع قسمتی از فضای اطراف هر سامانه می باشد [۱۲].

اجرایی شدن این پروتکل به ایجاد شرکت ملی گاز ایران در همان سال منجر شد و قرار داد فروش سالانه ده میلیارد متر مکعب گاز به شوروی در سال ۱۳۴۹ به امضای طرفین رسید و صدور گاز آغاز شد. پس از پیروزی انقلاب اسلامی در سال ۱۳۵۸ به دلیل عدم توافق ایران و شوروی بر سر قیمت، صادرات گاز قطع شد. بر اساس گزارش در مدت اجرای قرار داد ۷۱ میلیارد متر مکعب گاز طبیعی به شوروی صادر شده بود. پس از یک وقفه طولانی توافق بر سر قیمت دو کشور در سال ۱۳۶۹ قرار داد پانزده ساله ای برای صادرات گاز امضاء کردند و صادرات گاز به آن کشور دوباره از سر گرفته شد و تا زمان فروپاشی اتحاد جماهیر شوروی در سال ۱۹۹۱ ادامه یافت اما از آن زمان این خط لوله برای انتقال گاز به مناطق غربی و مصارف داخلی به کار گرفته شده است. همین منظور احداث شد تا گاز پالایشگاه بیدبلند را به آستارا در مرز شوروی سابق برساند. نخستین خط لوله سراسری گاز به طول ۱۱۰۰ Km ، قطر ۴۲ و ظرفیت ۴۶ میلیون مترمکعب در روز به ۱۸۰۰ ، قطر ۵۶ و ظرفیت ۱۱۰ میلیون متر مکعب در روز ۱۸۰۰ Km به طول (IGAT II) خط لوله دوم

سراسری گاز پالایشگاه کنگان به خطوط قزوین جهت مصرف منتقل می گردد. زمانی که سامانه نسبت به محیط در حالت سکون قرار می گیرد انرژی های جنبشی و پتانسیل آن کاملاً قابل تبدیل به کار هستند که در واقع در حالت پایانی، پارامترهای محیطی به عنوان مرجع در نظر گرفته می شود. بنابراین اکسرژی پتانسیلی و جنبشی به ترتیب متناظر با انرژی های پتانسیل و جنبشی هستند. [۱۳].

اکسرژی فیزیکی، بیشترین کار قابل دستیابی است، زمانی که سامانه از حالت اولیه با دما و فشار T_0 و P_0 به تعادل فیزیکی با محیط با دمای T_0 و فشار P_0 می رسد [۱۱].

اکسرژی فیزیکی یک سامانه ی بسته در یک حالت خاص توسط عبارت زیر به دست می آید :

$$E^{PH} = (U - U_0) + P_0(V - V_0) - T_0(S - S_0) = (H - H_0) - T_0(S - S_0) \quad (1-2)$$

و به ازای واحد جرم نیز خواهیم داشت :

$$e^{PH} = (u - u_0) + P_0(v - v_0) - T_0(s - s_0) = (h - h_0) - T_0(s - s_0) \quad (2-2)$$

که U ، V و S به ترتیب نشان گر آنتروپی، انرژی داخلی و حجم سامانه می باشند. [۱۱].

زیروند صفر بیان گر حالت همان سامانه در دمای T_0 و فشار P_0 محیط است. البته آهنگ زمانی اکسرژی فیزیکی از تقسیم رابطه ی (۲-۲) بر زمان به دست می آید، بنابراین خواهیم داشت :

$$\dot{E}^{PH} = (\dot{H} - \dot{H}_0) - T_0(\dot{S} - \dot{S}_0) \quad (3-2)$$

که در این رابطه، \dot{H} و \dot{S} به ترتیب بیان گر آهنگ انتالپی و آنتروپی می باشند [۱۱].

تحلیل اکسرژی، مکان و مقدار ناکارآمدی های ترمودینامیکی را در یک سامانه مشخص می سازد. این اطلاعات که از راه دیگری (مثلاً تحلیل انرژی یا قانون اول) قابل دستیابی نمی باشد برای بهبود بخشیدن به کارایی یک سامانه و یا مقایسه کارکرد سامانه های مختلف بسیار مفید است. هم چنین تحلیل اکسرژی، اکسرژی هر کدام از جریان ها، مقدار واقعی اتلاف انرژی و یا به عبارتی ناکارآمدی های ترمودینامیکی و هم-چنین کارایی اکسرژتیک را برای هر کدام از اجزای سامانه تعیین می کند. تحلیل اکسرژی معمولاً برای تعیین بیشینه ی عملکرد مفید یک سامانه می باشد. تحلیل یک سامانه ی پیچیده باید به صورت جداگانه روی تمام اجزای فرآیندی آن صورت گیرد [۱۳].

اکسرژی شیمیایی، بیشترین کار قابل دستیابی است، زمانی که سامانه با دمای T_0 و فشار P_0 علاوه بر تعادل گرمایی و مکانیکی، به تعادل شیمیایی با محیط نیز می رسد. بنابراین علاوه بر دما و فشار، ترکیب شیمیایی

سامانه نیز باید مشخص گردد. باتوجه به آن که محیط طبیعی ما در حالت تعادل نمی باشد باید یک محیط برای مرجع اکسرژی تعیین کنیم [۱۳].

تحلیل اکسرژی ابزاری مهندسی است که به منظور بررسی ترمودینامیکی فرآیند و تعیین بیشترین میزان کار مفید قابل دستیابی از میزان مشخصی انرژی ورودی مورد استفاده قرار می گیرد. در تحلیل اکسرژی، برگشتناپذیری هایی که موجب افزایش کار تلف شده ی سامانه می شوند شناسایی شده و میزان تأثیر آنها روی کارایی فرآیند تعیین می گردد. نتایج حاصل از تحلیل اکسرژی می تواند مبنایی برای بهینه سازی ساختاری فرآیند قرار گیرد. تحلیل اکسرژی با ترکیب قوانین اول و دوم ترمودینامیک، تبدیل به یکی از قوی ترین ابزارها جهت بررسی کمی و کیفی مصرف انرژی در فرآیندها شده است [۱۳].

در تعریف کارایی اکسرژی باید خوراک (سوخت) و محصول را شناسایی کرد. محصول، جریان یا رابطه ای بین جریان هایی از فرآیند است که بیان گر نتیجه ی مطلوبی است که انتظار ما را از یک دستگاه یا سامانه برآورده می کند. بر همین اساس، تعریف محصول باید هماهنگ با هدف از خرید و کاربرد آن دستگاه یا سامانه باشد. از سوی دیگر، سوخت، بیانگر منابع هزینه شده برای تولید محصول می باشد و صرفاً به معنای سوخت واقعی مانند گاز طبیعی، نفت یا ذغال سنگ نیست. در برخی موارد، اکسرژی خوراک، اکسرژی ورودی به هر دستگاه و اکسرژی محصول، تفاضل اکسرژی خوراک و اکسرژی از بین رفته می باشد. اکسرژی از بین رفته را می توان با نوشتن موازنه ی اکسرژی پیرامون هر دستگاه به دست آورد، اما کارایی اکسرژی برای هر دستگاه، رابطه و معادله ی جداگانه ای دارد [۱۳].

هنگامی که یک سامانه در شرایط مشخص، فرآیندی را طی کرده و به شرایط محیط برسد، بیشترین میزان کار تولیدی از این فرآیند، اکسرژی سامانه را تعیین می کند. از آنجایی که در فرآیندهایی که در آنها تولید کار صورت می گیرد، بیشترین میزان تولید کار زمانی خواهد بود که فرآیند برگشت پذیر باشد، می توان اکسرژی را به صورت میزان کاری که از تغییر حالت یک سامانه از حالت مشخص به شرایط محیط طی یک فرآیند برگشت پذیر به دست می آید نیز تعریف کرد. این تعریف بیش از همه بیان گر این است که اکسرژی را می توان معادل کار برگشت پذیر در نظر گرفت. مفهوم کار برگشت پذیر عمومیت بیشتری دارد. کار برگشت پذیر بیشترین میزان کار تولیدی (کمترین میزان کار مصرفی در دستگاه های مصرف کننده کار) است، زمانی که سامانه بین شرایط ابتدایی و پایانی، فرآیندی را طی کند. به این ترتیب وقتی شرایط پایانی را شرایط محیط در نظر بگیریم مفهوم کار برگشت پذیر و اکسرژی برای یک سامانه یکسان می شود [۱۳].

اکسرژی مانند انتالپی و آنتروپی، یک تابع حالت است و در نتیجه تغییر آن طی یک فرآیند، معادل اختلاف اکسرژی حالت های ابتدایی و پایانی می باشد [۱۳].

موازنه ی اکسرژی تجهیزات فرآیندی

مخلوط کننده ها دستگاه های فرآیندی هستند که برگشت ناپذیری ذاتی (آمیختگی) در آن ها رخ می دهد. به دلیل تغییر ترکیب درصد اجزاء جریان در مخلوط کننده ها، باید از اکسرژی کل برای محاسبات مربوط به عملکرد آنها استفاده کرد [۱۳].

در فرآیندهای سردسازی که افت فشار در شیرهای انبساط در دماهای پایین صورت می گیرد، هدف از کاهش فشار سردسازها، تولید سرما برای سرد نمودن منبع سرد می باشد [۱۳].

مبدل های گرمایی، مهم ترین تجهیزات فرآیند مایع سازی گاز طبیعی می باشند و به دلیل انتقال گرمای انجام شده در آن ها، برگشت ناپذیری زیادی تولید می کنند [۱۳].

در کولرهای هوایی، یک جریان از ماده (سردساز) با انتقال گرمای اجباری با هوا تا دمای مشخصی خنک می شود. این دما (دمای خروجی سردساز) معمولاً کمتر از 35°C نیست. همچنین دمای هوای خروجی معمولاً کمتر از 75°C می باشد [۱۳]. جریان ورودی هوا نیز در شرایط استاندارد در نظر گرفته می شود. یک جریان انرژی نیز در کولرهای هوایی وجود دارد که توان مصرفی لازم برای فن ها را جهت انجام انتقال گرما و خنک سازی فراهم می کند.

شیر انبساط، دستگاهی است که در آنتالپی ثابت، فشار جریان ورودی را تا حد مشخصی کاهش داده و بسته به ضریب ژول-تامسون سیال گذرنده از شیر، جریان سرد یا گرم می شود [۱۳]. در فرآیندهای سردسازی مورد بحث، فشار سردساز با عبور از شیر افت کرده و تولید سرمایش می کند.

کمپرسورها، شامل یک جریان ورودی، یک جریان خروجی و یک جریان انرژی برای فراهم کردن توان مصرفی هستند [۱۱].

در واقع کاهش فشار، کاهش دما را به دنبال خواهد داشت. بنابراین تعریف کارایی اکسرژی در این دستگاه ها منطبق بر فرآیند رخ داده در آن ها بیان می شود. به این منظور، اکسرژی هر جریان به دو بخش دمایی و بخش فشاری تقسیم می گردد.

کار از دست رفته برای کمپرسورها به صورت زیر تعریف می شود:

$$I = E_i - E_o = \sum (\dot{m} \cdot e)_i + W \quad (4-2)$$

که w توان واقعی مصرفی و e_i و e_o به ترتیب اکسرژی جریان های ورودی و خروجی می باشند (همگی بر حسب kW). کارایی اکسرژی کمپرسورها می تواند به صورت نسبت کمترین کار مصرفی به کار واقعی مصرفی تعریف شود. کمترین کار لازم برای یک تغییر حالت مشخص در سامانه طی یک فرآیند درون کمپرسور زمانی است که فرآیند به صورت برگشت پذیر انجام گیرد که این کار برگشت پذیر همان اختلاف اکسرژی

جریان های ورودی و خروجی می باشد.

محمد محمدی باغملایی، در پایان نامه کارشناسی ارشد خود به بررسی بهینه سازی عملکرد ایستگاه تقویت فشار گاز طبیعی آبیخش، در جهت کاهش مصرف انرژی از دیدگاه تحلیل اکسرژی و نحوه چیدمان و آرایش قرار گیری کمپرسورهای گاز پرداخت. با توجه به تحقیقات او بازده اکسریک هر توربوکمپرسور شدیداً به شرایط عملیاتی کمپرسورهای گاز و نسبت تراکم آنها وابسته است. بهترین آرایش بدست آمده از تحقیق، آرایش دارای دو کمپرسور گاز سری به انضمام کولرهای خنک کننده هوایی گاز که دارای بازده اکسریک 99.59% و مقدار تخریب اکسرژی 104.941 مگاوات و کاهش 55.87% سوخت نسبت به پرمصرفترین نوع آرایش آزمایش شده بوده است. همچنین از تحقیق وی مشخص شد که چیدمان و آرایش بهینه برای ایستگاه وابسته به نسبت تراکم مورد نظر و مقدار جریان رسیده به ایستگاه می باشد [۱۵].

سعدالدین سیف اله و سعید رستگار، به تحلیل اکسرژی ایستگاه تقلیل فشار شماره یک سمنان به عنوان یک مورد مطالعاتی پرداختند. آنها فهمیدند که اکسرژی، گاز پرفشار ورودی به ایستگاه تقلیل فشار که دارای اکسرژی فیزیکی (از نوع فشاری) بالایی است پس از شکسته شدن فشار آن در شیرهای فشار شکن مرکز تقلیل، کاهش یافته و بخشی از اکسرژی گاز تخریب می شود. طبق محاسبات انجام شده آنها بطور متوسط 198.7 مگاوات اکسرژی در این ایستگاه تقلیل فشار در سال ۱۳۸۸ هدر رفته است. آنها به این نتیجه رسیده اند که با تنظیم دمای مطلوب گرم کننده این ایستگاه تقلیل فشار در زمان عملکرد آن، در سال می توان تا 231.98 مگاوات از هدر رفت اکسرژی که در صرفه جویی اقتصادی نقش بسزایی دارد جلوگیری کرد. [۱۸].

مهدی جهانگیری، به تاثیر دمای محیط بر روی اکسرژی و انرژی کمپرسورهای گاز سانتریفیوژ یک ایستگاه تقویت فشار گاز پرداخت. او به تحلیل اکسرژی و انرژی بر روی دو کمپرسور گاز که اولی تک مرحله ای و دومی دو مرحله ای بود، در بازه دمای محیطی بین ۰ تا ۵۰ درجه سانتی گراد و در فواصل ۱۰ درجه ای پرداخت. در کمپرسور اول و دوم مقدار اکسرژی و بازده اکسرژی با افزایش دمای محیط کاهش یافت [۱۴].

سید نوید پور موسویان و آراز علیزاده، به ارزیابی اقتصادی ایجاد مسیر کنار گذر در بخش خنک کننده های ایستگاه تقویت فشار گاز جهت کاهش مصرف انرژی پرداختن. مطالعات آنها در مورد یکی از ایستگاه های تقویت فشار گاز نشان می دهد که دمای گاز خروجی از کمپرسور گاز در برخی از شرایط عملیاتی در محدوده ای است که گاز نیاز به خنک کاری و کاهش دما ندارد. لذا می توان گاز را بدون عبور دادن از کولرهای خنک کننده که خود باعث افت فشار گاز بدلیل عبور از آنها می شود، به خطوط انتقال گاز تزریق نمود. نتایج پژوهش آنها نشان می دهد که با استفاده از این مسیر کنار گذر با توجه به شرایط عملیاتی، موجب صرفه جویی انرژی سالیانه معادل ۴۲۰۰۰۰۰ مترمکعب گاز در ایستگاه تقویت فشار مورد مطالعه شده است [۱۷].

حمید مرادی و کوروش گودرزی، در مقاله خود به آنالیز حساسیت ایستگاه تقویت فشار گاز پتاوه با استفاده از مفهوم اکسرژی پرداخته اند. آنها در تحقیق و تحلیل خود به این نتیجه رسیده اند که محفظه احتراق توربینها بیشترین پتانسیل بهبود در کل ایستگاه را داراست که این میزان بهبود بیشتر از کمپرسورهای تقویت فشار گاز ایستگاه می باشد. همچنین آنها در تحلیل خود نشان داده اند که با خنک کاری گاز خروجی از یک ایستگاه باعث کاهش دمای گاز در ورودی ایستگاه بعدی شده و در نتیجه آن باعث بالارفتن راندمان ترمودینامیکی و کاهش کار مصرفی می شود [۱۶].

حسن پارسا و همکارانش، به مدل سازی عملکرد ایستگاه تقویت فشار گاز در نقطه طرح و خارج از نقطه طرح به کمک نرم افزار شبیه ساز هایسیس پرداختند. آنها دریافتند که با بکار گیری خطوط تعادل کاری ترسیم شده برای ایستگاه های تقویت فشار گاز، به کاربر این امکان را می دهد تا در هر حالت با توجه به دبی گاز مصرفی ایستگاه، دور کمپرسورها را در حالتی تنظیم کنند که هم توان مورد نیاز آنها تامین شود و هم راندمان اجزای ایستگاه مقدار قابل قبولی داشته باشد. در نتیجه استفاده از این خطوط تعادلی می تواند به بهینه کردن عملکرد ایستگاه با توجه به شرایط کاری مختلف کمک کند [۱۶].

علی طاهری خوزانی و همکارانش برای دستیابی به بهترین عملکرد کاری توربو کمپرسورها در ایستگاه های تقویت فشار گاز با توجه به شرایط کاری مختلف بر روی خطوط انتقال گاز، از یک مدل محاسباتی مناسب مبتنی بر شبکه های عصبی مصنوعی استفاده کرده اند. سپس با استفاده از این مدل نقطه بهینه عملکرد توربو کمپرسور را توسط الگوریتم ژنتیک به تابع هدف بر اساس مقدار معکوس راندمان بدست آورده اند [۲۵]. محمد باقر آسانی و محمد رضا تقی پور، به تحلیل انرژی و اکسرژی یک واحد توربین گاز ایستگاه گاز فراشبند پرداختند. نتایج حاصل از تحقیق آنها نشان داد که راندمان قانون اول و دوم سیکل عملکرد به ترتیب برابر با 23.1% و 23.05 درصد می باشد. محفظه احتراق و دودکش توربین ها بیشترین تخریب اکسرژی را در بین اجزای توربین به خود اختصاص داده اند. تحلیل اکسرژی نشان میدهد که در محفظه احتراق 21.844 مگاوات و دودکش 14.409 مگاوات تخریب اکسرژی رخ داده است. مجموعاً محفظه احتراق و اگزوز از صد در صد تخریب اکسرژی یک واحد توربین گاز 87.74 درصد را به خود اختصاص داده اند [۲۵].

مجید رزاقی و همکارانش، به مدل سازی ترمودینامیکی کمپرسور گاز یک واحد ایستگاه تقویت فشار گاز بیجار پرداخته اند. آنها در این مدل، با استفاده از اصول فیزیکی حاکم بر کمپرسور گاز در حالت پایا، یک الگوریتم برای بررسی عملکرد کمپرسور گاز ایستگاه در خارج از نقطه عملکرد (طراحی) ارائه کرده اند. نتایج آنها نشان داد که با افزایش 13.7% در فشار گاز ورودی به ایستگاه (از فشار 665Psig تا 745Psig)، موجب کاهش 9.8% توان مصرفی و 6.7% بازده آیزونتروپیک و افزایش 6.22% در فشار خروجی کمپرسور گاز شده است [۲۲].

مسعود مصلی نژاد و آرمین محبی و محمد علی قیم، فرایند ایستگاه تقویت فشار گاز کوپال را با استفاده از نرم افزار هایسیس شبیه سازی نموده و سپس اصول تئوری که می تواند موجب بهبود کار کمپرسورها گردد در این شبیه سازی اعمال کرده اند تا صحت آنها تایید شود، و انرژی مصرفی کمپرسورها در این شرایط تعیین گردد. نتایج کار آنها بین این صورت در آمده است که، در صورتی که از کمپرسورهای چند مرحله ای سری در مسیر جریان استفاده شود و اگر نسبت تراکم همه کمپرسورها برابر هم باشند، بیشترین بازده بوجود خواهد آمد و یا به عبارت دیگر انرژی و هزینه کمتری صرف خواهد شد [۲۶].

علی فرهمندپور، به بررسی اتلافات اکسرژی در کمپرسورهای ایستگاه تقویت فشار گاز بنگستان کوپال، که زیر مجموعه شرکت بهره برداری نفت و گاز مارون می باشد، به کمک آنالیز انرژی و اکسرژی پرداخته است. همچنین تغییرات اتلافات در کمپرسورها به ازای تغییر دمای محیط محاسبه و راندمان آیزنتروپیک، اکسرژی فیزیکی و حرارتی، تولید آنتروپی و راندمان قانون دوم ترمودینامیک را برای کمپرسورها به دست آورد. در این مقاله با رویکردی بر مبنای اکسرژی به عنوان تلفیقی از قانون اول و دوم ترمودینامیک، کمیت و کیفیت انرژی در کمپرسورها مورد توجه قرار گرفته است. نتایج تحقیق آنها نشان داد که بیشترین تولید آنتروپی و اکسرژی تخریب شده مربوط به کمپرسور مرحله دوم فشار قوی و کمترین آن مربوط به کمپرسور مرحله چهارم افزایش فشار بوده و نیز بیشترین حساسیت نسبت به تغییر دمای محیط متعلق به کمپرسور مرحله چهارم است. کاهش دمای ورودی به کمپرسور و همچنین کاهش دمای محیط بر کم شدن تخریب اکسرژی و بهبود راندمان کاری آنها موثر است [۲۱].

فرزانه کرد و همکارانش، با بکارگیری گرمای خورشیدی سعی در بهینه سازی مصرف انرژی در ایستگاه تقلیل فشار گاز را داشتند و امکان سنجی اولیه بکارگیری سیستم ذخیره گرمایی خورشیدی در ایستگاه تقلیل فشار گاز را که به گرم کننده قابل کنترل مجهز شده را مدنظر داشتند. سیستم مورد نظر بطور کامل در ترمهای مصرف سوخت و نرخ اتلاف انرژی مورد بررسی قرار گرفته و نتایج با شرایط قبلی مقایسه شد. [۲۳].

محمد فرجی و همکارانش، به تحلیل و شبیه سازی ایستگاه تقلیل فشار گاز طبیعی نیروگاه سیکل ترکیبی شهر خوی از دیدگاه انرژی، اکسرژی و اقتصادی پرداختند. آنها در تحقیق خود بجای استفاده از شیرهای فشار کن (که فشار گاز را از 350Psig تا 60Psig کاهش می دهند، که در نتیجه آن باعث هدر رفت انرژی و اکسرژی زیادی در مسیر انتقال گاز می شوند) از توربین های انبساطی تک مرحله ای و دو مرحله ای استفاده کرده اند. آنها با استفاده از تحلیل اکسرژی، تاثیر افزایش فشار و پیش گرم کردن گاز بر توان تولیدی توربینهای انبساطی تک مرحله ای و دو مرحله ای را بررسی کردند. در مرحله اول آنها محاسبات را با فرض

ورودی گاز متان بدست آوردن و سپس با استفاده از معادله حالت¹ AGA8 و نرم افزار شبیه ساز با فرض ورودی گاز طبیعی به بررسی پرداختند. نتایج نشان داد که فرض گاز متان به عنوان ورودی نتایج بزرگتری را نسبت به فرض ورودی گاز طبیعی به ایستگاه تقلیل فشار نشان می دهد. همچنین از تبرید حاصله در صورت نصب توربین انبساطی در ایستگاه می توان جهت سرمایش هوای ورودی به یکی کمپرسور های نیروگاه سیکل ترکیبی استفاده کرد. همچنین آنها از تحلیل اقتصادی صورت گرفته نشان دادن که زمان بازگشت سرمایه در صورت نصب توربینهای انبساطی بین ۴ تا ۶ سال خواهد بود [۲۳].

هووارد و همکارانش، طی بررسی در اکثر ایستگاه های تقلیل فشار در آمریکای شمالی مشاهده کرده اند که اگر از شیر انبساط جهت کاهش فشار استفاده شود، فرایند انبساط سبب افت دما شده که این افت دما می تواند مشکلاتی را ایجاد نماید. بنابراین گاز می بایست قبل از ورود به شیر انبساط پیش گرم شود. رویکرد جدیدی که آنها مورد استفاده قرار دادن، تلفیقی از یک سیستم سلولی سوختی و توربو اکسپاندر هیبریدی بود. در چنین سیستمی یک سلول سوختی کربنات مذاب برای پیش گرم نمودن گاز قبل از ورود به توربو اکسپاندر استفاده می شود [۲۸].

حسن رحمان دوست و همکارانش در دانشگاه آزاد واحد دماوند و دانشگاه مالک اشتر، به تحلیل رفتار دینامیک فرایند خنک کردن گاز خروجی از سیستم خنک کننده ای نهایی ایستگاه تقویت فشار گاز آسماری پرداخته اند. با توجه به پیچیدگی بسیار زیاد سیستم و اینکه مدل دقیقی از رفتار سیستم در دسترس نبود، آنها برای بدست آوردن یک مدل مناسب از فرایند، از سه شبکه عصبی مصنوعی گوناگون استفاده نموده اند [۲۴].

افتخاری و همکاران طی یک پروژه بر مبنای یک برنامه جامع، خصوصیات ورودی و خروجی جریان گاز طبیعی و نرخ جریان گاز روزانه از CGS را برای یک سال اندازه گیری و ثبت نمودند. بر اساس این دیتاها مقدار الکتریسیته ای که می توان توسط یک توربو اکسپاندر تولید کرد محاسبه شد و مقدار کار بدست آمده می تواند با استفاده از سیستم CHP افزایش یابد. مقدار تولید الکتریسیته برای هر دو سیستم محاسبه و مقایسه شد [۲۷].

Xuanyin و Yuxi Luo برای محاسبه میزان راندمان کاهش فشار یک جریان در جایی که اکسرژی برای ارزیابی یک فرایند استفاده می شود یک رویکرد اتقاض کردن و ضریب تراکم پذیری توسط معادله PR محاسبه مودن و مشاهده کرده اند که بزرگترین انحراف بین اکسرژی محاسبه شده توسط معادله گاز حقیقی و گاز ایده آل در حدود 1% است. ضریب ژول تامسون بر مبنای ضریب تراکم پذیری معادله

1 American Gas Association 8

¹SRK و ²PR برای محاسبه تغییر دمای ناشی از تقلیل فشار استفاده شد و کاهش دما با فرمولهای تجربی که قبلاً محاسبه شده مقایسه شد. نتایج نشان داد که اکسرژی حرارتی به مقدار خیلی کم در تقلیل فشار شرکت می کند. آنها همچنین معادله ساده گاز ایده آل برای محاسبه راندمان کاهش فشار برای جریان هوا در دمای اتمسفریک پیشنهاد کردن [29].

علی صابرمقدم و همکارانش با استفاده از شبیه سازی دینامیک سیالات محاسباتی برای بهینه سازی انرژی در گرمکن ایستگاه تقویت فشار گاز، در مرحله اول علت بازدهی پایین گرمکن ها بررسی شده است. نتایج حاصل از شبیه سازی نشان می دهد که عدم توربولنسی مناسب آب در داخل گرمکن علت اصلی بازدهی پایین این واحد می باشد. یکی از راهکارهای مناسبی که جهت رفع این مشکل می توان پیشنهاد نمود افزایش توربولنسی آب داخل گرمکن با اضافه نمودن یک پمپ در محل مناسب می باشد. نتایج شبیه سازی این قسمت حاکی از انتقال یکنواخت انرژی به سطوح مختلف گرمکن و در نتیجه افزایش راندمان گرمکن و کاهش مصرف انرژی است [32].

عاشوری و همکارانش، طی یک بررسی یک فرآیند محاسباتی برای محاسبه ضریب ژول تامسون گاز طبیعی با استفاده از ترمودینامیکی اساسی و معادله حالت AGA 8 تدوین کردند. سپس حداقل دمای ممکن گاز ورودی به رگلاتور تنظیم فشار ایستگاه را محاسبه نمودند و یک مقایسه بین نتایج محاسبات و دیتاهای جمع آوری شده از ایستگاه طی 10 ماه صورت دادند. نتایج نشان داد که با محاسبه دمای حداقل گاز ورودی به رگلاتور، اتلاف انرژی گرم کننده را تا 43 درصد کاهش داد [31].

آراز علیزاده و همکارانش، برای انتخاب و استفاده از بهترین معادله حالت در خطوط انتقال گاز جهت استفاده در نرم افزار شبیه ساز هایسیس، به بررسی دو ایستگاه تقویت فشار گاز و مسیر خط لوله بین آنها به عنوان نمونه پرداخته اند. آنها فهمیدن که بهترین معادله جریان و معادلات حالت جهت شبیه سازی خطوط انتقال گاز در نرم افزار هایسیس، معادله جریان Weymouth و معادلات حالت ³(PR) و TACITE می باشند. همچنین آنها به این نتیجه رسیده اند که معادله حالت PR به دلیل اینکه معادله حالت TACITE در دمای پایین نسبت به هیدراته شدن گاز پاسخی ارائه نمی دهد، جهت انتخاب در نرم افزار شبیه ساز هایسیس از TACITE مناسبتر است [33].

1 Soave-Redlick-Kwong

2 Peng Robinson

3 Peng Robinson

فصل ۳:

روش تحقیق

۳-۱- مقدمه

مجتمع تقویت فشار گاز ساوه، از سه ایستگاه مجزا تقویت فشار گاز به نام های ساوه ۱، ساوه ۲ و ساوه ۳ تشکیل شده است. که هر کدام از آنها دارای سه عدد کمپرسور سانتریفیوژ دو مرحله ای تقویت کننده فشار گاز، که به ترتیب بر روی خطوط سراسری اول و دوم و سوم انتقال گاز قرار گرفته اند، ساخته شده اند. در این تحقیق جهت شبیه سازی یک ایستگاه تقویت فشار گاز در نرم افزار هایسیس، از اطلاعات و مشخصات ایستگاه تقویت فشار گاز ساوه ۲ به دلیل اهمیت قرار گرفتن آن بر روی خط لوله گاز صادراتی به کشور ترکیه و تقریباً دائم کار بودن این ایستگاه و به طبع آن وجود اطلاعات و داده های کافی و واقعی از شرایط کاری تجهیزات آن و همچنین وجود اسناد مربوط به طراحی و ساخت آن، استفاده شده است. همینطور به دلیل اینکه میزان انرژی مصرفی در یک سال معین از ایستگاه تقویت فشار ساوه در اختیار ما نبود، از اطلاعات ایستگاه تقویت فشار گاز بندرعباس جهت شبیه سازی استفاده نمودیم و شاخص کارایی و همینطور کارایی نسبی ماهیانه ایستگاه را محاسبه نمودیم.

اطلاعات PFD مربوط به طراحی ایستگاه گاز ساوه در جدول (۳-۱) آورده شده است. ملاحظه می گردد که دور کمپرسور برابر با ۴۷۵۰ دور بر دقیقه است. فشار ورودی برابر با ۷۵۰ psig و فشار خروجی برابر با ۱۰۵۰ psig و دبی عبوری از هر ۳ کمپرسور برابر با ۳ میلیون استاندارد متر مکعب بر روز است.

جدول (۳-۱) اطلاعات PFD مربوط به طراحی ایستگاه گاز ساوه ۲

Compressors Rotation(R.P.M)	4750
Input Pressure of the Station (Psig)	750
Output Pressure of the Station (Psig)	1050
Flow Capacity For 3 Compressor (MMSCMD)	80
Mass Flow Input For 3 Compressor (kg/hr)	2577900
Mass Flow To Gas Reduce Center For 4750 R.P.M (kg/hr)	12900
Operating Temperature of Outlet Aircoolers(C)	50
Designed For Ambient Temperature(C)	20
Inlet Temperature of The Station(C)	39.1
Outlet Temperature of The Station(C)	50
Thermodynamic Method	SRK
Compressors Polytropic Efficiency	85.4%
Pressure Drop For Main Scrubbers(Psi)	10

Pressure Drop For Aircoolers(Psi)	10
Pressure Drop For Fuel Gas Scrubber(Psi)	5
Pressure Drop For Fuel Gas Filter(Psi)	14.5
Pressure Drop For Electrical Heater(Psig)	7.25
Output Control Valve The First R.C(Psig)	550
Output Control Valve The Second R.C(Psig)	460
Outlet Temperature of Heater R.C (°C)	50

همانطور که در جدول (۲-۳) مشاهده می شود، مشخصات ترکیبات یک مول از گاز ورودی به ایستگاه تقویت فشار گاز ساوه آورده شده است.

جدول (۲-۳) مشخصات ترکیبات گاز ورودی به ایستگاه تقویت فشار گاز ساوه

Gas Composition	Mole fraction
Methane	0.8778
Ethane	0.0554
Propane	0.0068
i-Butane	0.0014
n-Butane	0.0014
i-Pentane	0.0025
n-Pentane	0.0025
n-Hexane	0
Heptane	0
H ₂ O	0
Nitrogen	0.0422
CO ₂	0.01
H ₂ S	0
Molecular Weight	18.19

۲-۳- فرایند شبیه سازی شده

از آنجای که مطالعات تجربی معمولاً هزینه بر و گاهی ناممکن هستند، لذا شبیه سازی مناسب از یک فرایند می تواند در تضمین راهکارهای مناسب، موثر واقع گردد. از طرفی تکامل و رشد روز افزون تکنولوژی در عرصه نرم افزارهای شبیه سازی میل به استفاده از این روش را دو چندان کرده است. نرم افزار Hysys به عنوان نرم افزاری هوشمند در فرایندهای صنعتی، نمونه کاملی از نرم افزارهای شبیه ساز به شمار می آید.

امروزه با استفاده از نرم افزارهای موجود در زمینه شبیه سازی فرآیندها، پیش بینی وقایع و بهینه سازی فرآیند با صرف هزینه و زمان کمتر، ممکن شده است.

نرم افزار مورد استفاده در این تحقیق، نرم افزار مهندسی Aspen HYSYS است. نرم افزار هایسیس از نرم افزارهای قدرتمند مهندسی شیمی به شمار می رود. این نرم افزار ساخت شرکت نرم افزاری مشهور AspenTech می باشد که در زمینه شبیه سازی فرآیندهای پالایشگاهی، پتروشیمی، الکترولیتی و مواد جامد بسیار قدرتمند و دقیق می باشد. دقت بالای نرم افزار و قدرتمندی آن که ناشی از بسته های خواص مربوط به مواد مختلف می باشد، سبب شده است تا این نرم افزار مدل های بسیار واقعی را ارائه دهد. Hysys محاسبات طولانی و پیچیده مهندسی را در کمترین زمان و توسط دقیق ترین روش ها محاسبه نموده و در اختیار کاربر قرار می دهد.

در ایران شرکت هایی که در زمینه صنایع نفت، گاز، پالایشگاه ها و پتروشیمی ها فعالیت دارند، بیشترین استفاده را از این نرم افزار دارند. به کمک نرم افزار هایسیس علاوه بر شبیه سازی واحدهای شیمیایی، می توان هریک از تجهیزات فرآیندها را نیز به صورت جداگانه شبیه سازی و بررسی نمود. نرم افزار Hysys با توجه به پردازشگر قدرتمندی که دارد، مسائل دشوار و پیچیده مهندسی را در کمترین زمان حل نموده و دقیق ترین تحلیل ها را ارائه می دهد.

نرم افزار Hysys دارای مجموعه ای کامل از مواد شیمیایی خالص و بسته خواص آن ها می باشد. همچنین معادلات ترمودینامیکی مختلف و ضرایب اکیتیویته و بسیاری از داده های ترمودینامیکی دیگر در کتابخانه Hysys موجود می باشد که به کمک آن ها می توان بسیاری از سیستم های ایده آل، شبه ایده آل و غیر ایده آل با فشار های بالا را به راحتی و با دقت بالا شبیه سازی کرد. همچنین هایسیس این قابلیت را نیز فراهم کرده است تا موادی که در کتابخانه آن وجود ندارد را به راحتی درون نرم افزار اضافه کرده و نرم افزار خواص فیزیکی و شیمیایی آن را پیش بینی می کند.

نرم افزار هایسیس قابلیت شبیه سازی بسیاری از تجهیزات فرآیندی نظیر انواع راکتور ها، برج های تقطیر و استخراج، مبدل های حرارتی، میکسر، پمپ ها و کمپرسور ها، تجهیزات جداسازی مواد مختلف، انواع عملیات منطقی و ... را دارا می باشد. همچنین می توان با دقت بالایی فرآیند های شیمیایی را شبیه سازی نموده و به تحلیل و بررسی آن پرداخت.

نرم افزار Aspen Hysys به دلیل بهره گیری از بانک اطلاعاتی قوی، مدل های ترمودینامیکی و مدل های گوناگون برای تجهیزات، جایگاه بسیار ویژه ای در صنعت، پیدا کرده است.

قابلیت های کلیدی نرم افزار Aspen عبارت است از :

۱- قدرتمندترین نرم افزار در زمینه طراحی و شبیه سازی واحدهای فرآیندی، نیروگاهی و مخازن طبیعی

نفت و گاز و تأمین محدوده وسیعی از نیازمندی های متخصصان در شرکت های مشاور، صنایع و نیز دانشگاه ها، و پوشش اکثر فرآیندهای نفت، گاز و پتروشیمی.

۲- امکان تعریف نمودار عملکرد^۱ (PM) برای انواع کمپرسورها و پمپ ها در نرم افزار.

۳- امکان انتخاب انواع معادلات جریان و حالت بر طبق شرایط مساله جهت شبیه سازی.

۳-۲-۱- بسته ترمودینامیکی مورد استفاده و معادلات حاکم بر آن

انتخاب روش ترمودینامیکی مناسب یکی از مهمترین پارامترها در موفقیت شبیه سازی فرآیند است. روش های ترمودینامیکی موجود در نرم افزار Aspen Hysys، امکان تعیین خواص مخلوط هایی از محدوده هیدروکربن های سبک تا سیستم های مخلوط های پیچیده برش های نفتی و سیستم های شیمیایی به شدت غیر ایده آل را فراهم می کنند. معادلات ترمودینامیکی، باید قادر باشند تا خواص ترمودینامیکی و انتقالی سیستم را محاسبه کنند.

خواص ترمودینامیکی عبارتند از : ضریب فوگاسیته، آنتالپی، آنتروپی، انرژی آزاد گیبس.

حجم و خواص انتقالی عبارتند از : ویسکوزیته، ضریب هدایت حرارتی، ضریب نفوذ و کشش سطحی.

اغلب عدم انتخاب مناسب معادلات ترمودینامیکی با توجه به ماهیت مساله، موجب بروز خطا محاسباتی قابل توجه در نتایج شبیه سازی می شود.

معادله حالتی که جهت شبیه سازی ایستگاه تقویت فشار گاز ساوه ۲ در نرم افزار Aspen Hysys مورد استفاده قرار گرفته است، معادله حالت^۲ SRK می باشد. البته می توانیم از معادله حالت^۳ PR نیز استفاده کنیم.

معادله حالت SRK، به صورت رابطه (۱-۳) می باشد :

$$P = \frac{RT}{(V-b)} - \frac{aa}{V(V+b)} \quad (1-3)$$

حجم مولی گاز می باشد. V ثابت گازها، R فشار مطلق، P دمای مطلق، T که در آن

معادله حالت SRK، یکی از پر کاربردترین معادلات حالت است که به دلیل کاربرد گسترده آن در تعیین رفتار فازی مخلوط ها به عنوان یکی از مدل ها در محاسبات مورد استفاده است.

1 Performance Map

2 Soave-Redlick-Kwong

3 Peng Robinson

در این معادله حالت، ضرایب b و a و α به صورت روابطی که در زیر آمده است، محاسبه می شوند:

$$a = 0.42747 \frac{(RT_c)^2}{P_c} \quad (2-3)$$

$$b = 0.08664 \frac{RT_c}{P_c} \quad (3-3)$$

$$\alpha = [1 + m(1 - \sqrt{T_R})]^2 \quad (4-3)$$

$$m = 0.48508 + 1.55171\omega - 0.1561\omega \quad (5-3)$$

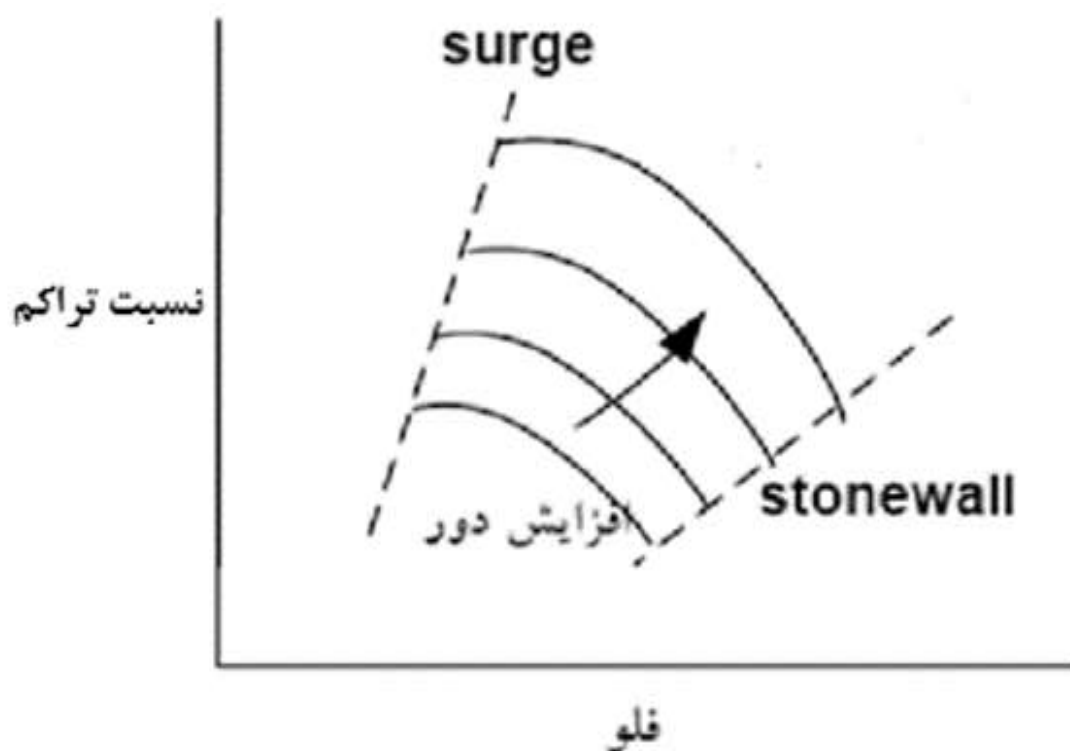
$$T_c = 369.9 \text{ K} , \quad p_c = 42.0 \text{ atm} , \quad \omega = 0.152^5 \quad (6-3)$$

۳-۲-۲- نمودار عملکرد کمپرسورهای از نوع سانتریفیوژ گاز

نمودار عملکرد هر کمپرسور (PM) توسط شرکت سازنده آن تهیه می گردد. این نمودار با توجه به شکل (۳-۱) از دو محور افقی و عمودی و همچنین یک دسته منحنی تشکیل شده که محور افقی میزان فلو (مقدار سیال عبوری) و محور عمودی نسبت تراکم را نشان می دهد. دسته منحنی بیانگر عملکرد کمپرسور در دوره های مختلف می باشد. در این نمودار برای هر دوری یک نقطه حداقل و یک نقطه حداکثر ظرفیت (فلو) وجود دارد که بین این دو نقطه، کارکرد کمپرسور، پایدار و قابل پیش بینی می باشد.

به نقطه حداکثر ظرفیت کمپرسور که سرعت گاز به سرعت صوت میرسد و امکان عبور فلو بیشتر وجود ندارد را نقطه Chock می گویند و با اتصال این نقاط در دوره های مختلف خط Stone wall یا Chock line بدست می آید که محدوده حداکثر فلو کمپرسور است و کار در سمت راست این خط ممکن نیست. به نقطه حداقل ظرفیت نقطه Surge می گویند و با اتصال نقاط سرج در دوره های مختلف خط سرج بدست می آید. اگر کمپرسور در سمت راست این خط کار کند در حالت پایدار و اگر در سمت چپ این خط کار کند در حالت ناپایدار یا سرج می باشد.

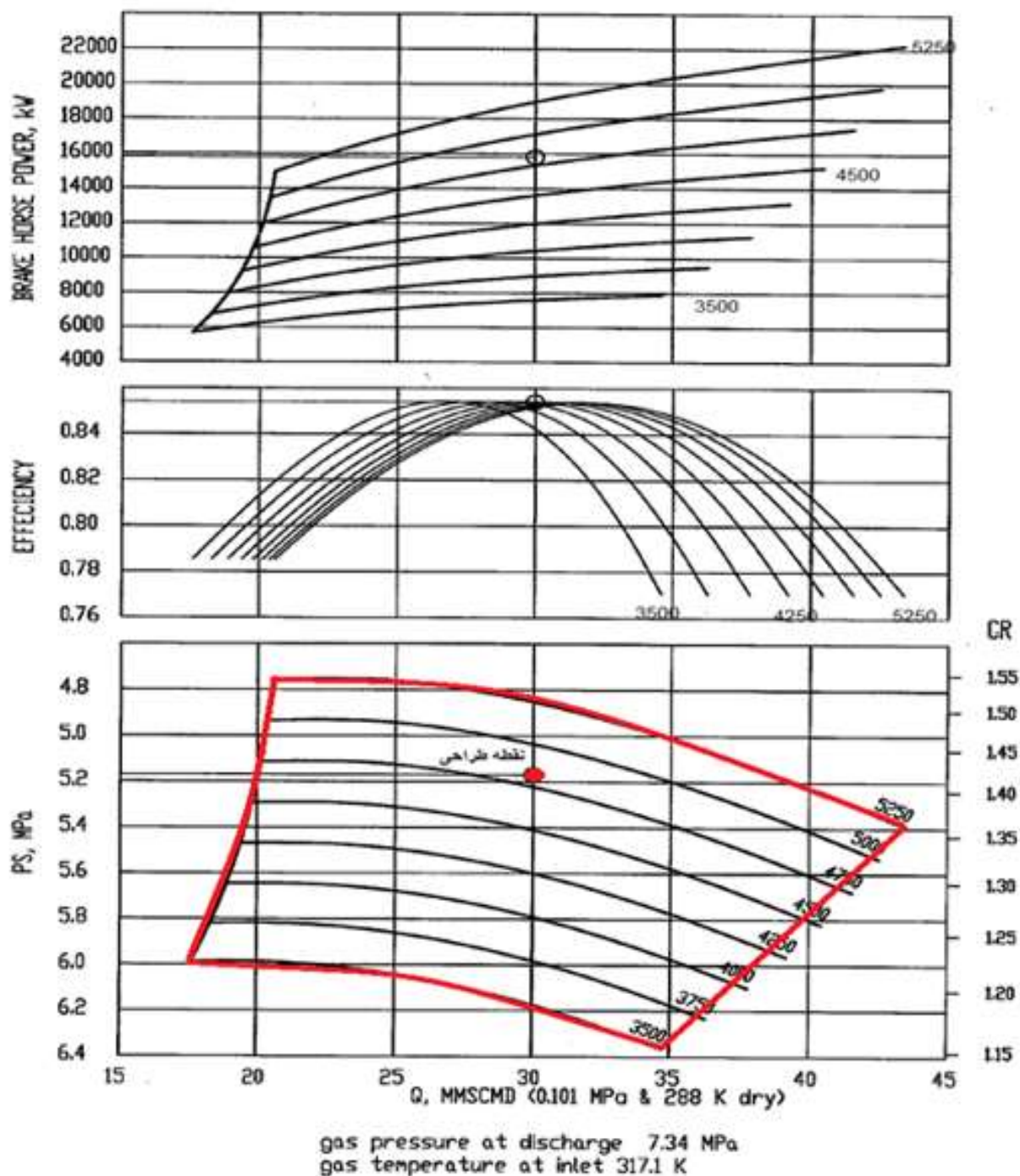
لازم به گفتن است که، پدیده سرج بصورت یک ناپایداری در فلو که اساساً در کمپرسورهای دینامیکی اتفاق می افتد تعریف می شود. این پدیده هنگامی اتفاق می افتد که کمپرسور قادر به تولید هد کافی برای غلبه بر مقاومت پایین دست خود نمی باشد و یا بطور ساده تر فشار خروجی تولیدی توسط کمپرسور کمتر از فشار خروجی خط آن است. در این حالت، یک حرکت رفت و برگشتی (سیکلی) در جریان گاز ایجاد خواهد شد. این جریان رفت و برگشتی که به سیکل سرج معروف است.



شکل (۱-۳) نمودار عملکرد یک کمپرسور سانتریفیوژ

اصطلاح Wheel map در کمپرسورها به محدوده کاری مجاز کمپرسورها در منحنی عملکرد گفته می شود که به Surge limit و Stone wall محدود شده است و یک چهار ضلعی را تشکیل می دهد که در شکل (۳-۲) نشان داده شده است. بدیهی است در این محدوده راندمان های متفاوتی خواهیم داشت. و بیشترین کارایی (راندمان پلی تروپیک) کمپرسورها در دورهای مختلف، در نقطه طراحی کمپرسور در آن دور بدست می آید. بطور مثال برای دور ۴۸۰۰ در شکل (۳-۲) نقطه طراحی که بالاترین راندمان کمپرسور در این دور بدست می آید، به صورت نقطه قرمز (نقطه طراحی) مشخص شده است.

نمودارهای شکل (۳-۳)، نمودارهای مربوط به کمپرسورهای گاز سانتریفیوژ شرکت Summy می باشند که از این نمودارها جهت تعریف عملکرد کمپرسورها در دورهای مختلف در شبیه ساز هایسیس استفاده خواهد شد.



شکل (۲-۳) نمودارهای عملکردی کمپرسور مدل Summy

از آنجای که در نرم افزار Hysys برای تعریف نمودار عملکرد یک کمپرسور گاز در دورهای مختلف ، علاوه بر راندمان پلی تروپیک (η_{poli}) که از نمودار عملکرد کمپرسور در شکل (۳-۳) استخراج می شود، باید هد پلی تروپیک (H_{poli}) و فلوی واقعی عبوری از آن (Q_{act}) نیز مشخص شود. در نتیجه از روابط (۳-۶) تا (۳-۱۱) جهت محاسبه هد پلی تروپیک و فلوی واقعی عبوری از کمپرسور

استفاده میکنیم.

$$H_{poly} = \frac{Z \times R_{\left(\frac{kJ}{kg \cdot K}\right)} \times T_{(k)} \times \frac{n}{n-1} \times \left(Ratio^{\frac{n-1}{n}} - 1\right)}{g_{\left(\frac{m}{s^2}\right)}} \quad (7-3)$$

$$Q_{act} \left(\frac{m^3}{s}\right) = \frac{T_{(k)} \times Z \times Q_{(MMSCMD)} \times 0.040}{(P_{(gage \text{ bar})} + 1)} \quad (8-3)$$

$$\frac{n}{n-1} = \left(\frac{k}{k-1}\right) \times \eta_{poly} \quad (9-3)$$

$$Ratio = \frac{P_{d \text{ comp Abs}}}{P_{s \text{ comp Abs}}} \quad (10-3)$$

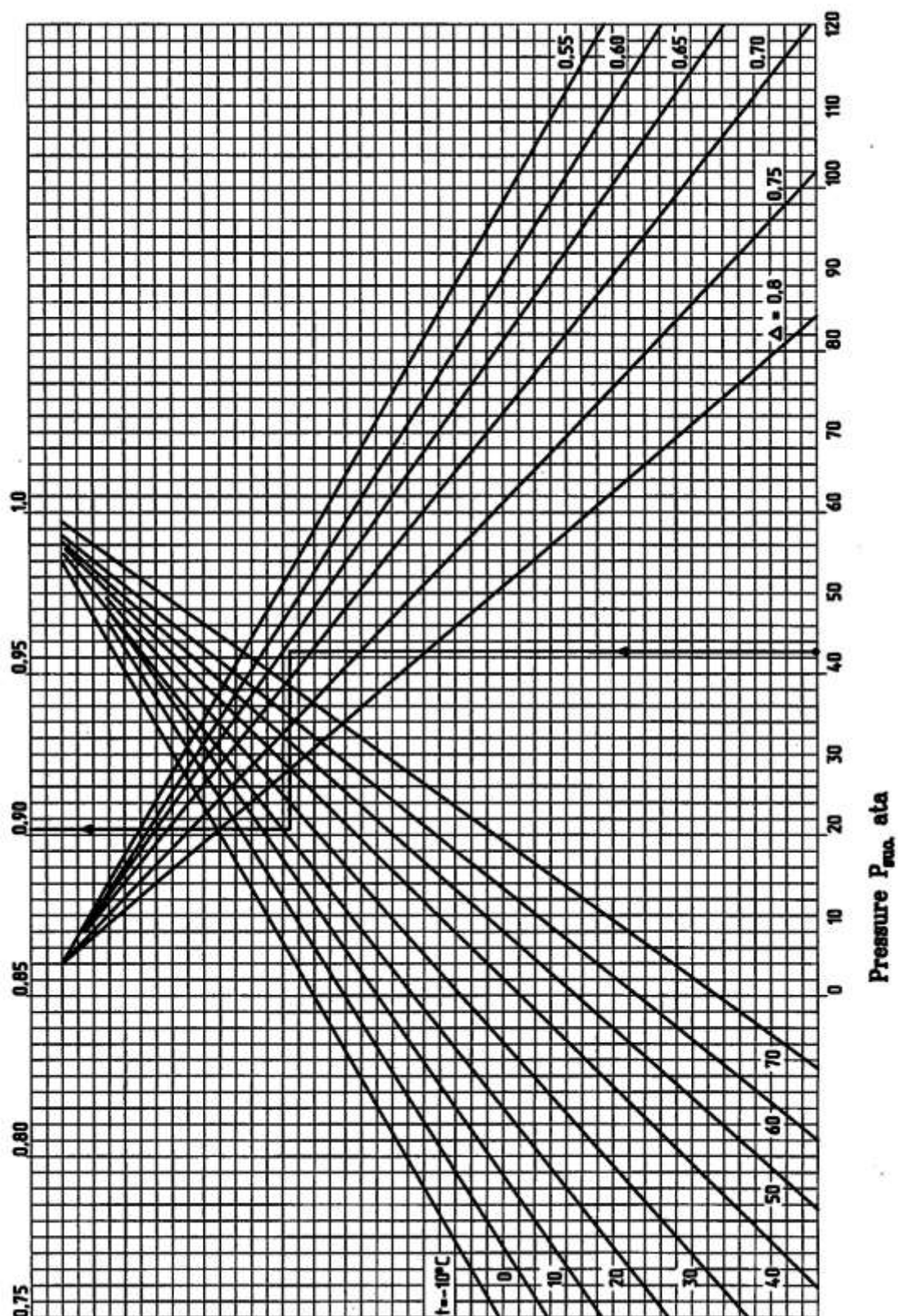
$$R = \frac{\hat{R}_{\left(\frac{kJ}{kmol \cdot K}\right)}}{M_{W \left(\frac{kg}{kmol}\right)}} = \frac{8.3143}{18.19} = 0.45708 \quad (11-3)$$

$$k = \frac{c_p}{c_v} = 1.442 \quad (11-3)$$

در روابط فوق T_k دمای گاز ورودی به کمپرسور بر حسب کلوین، n توان پلی تروپیک، R ثابت گاز طبیعی، $Ratio$ نسبت فشار مطلق خروجی به ورودی کمپرسور، Q فلوی واقعی عبوری از کمپرسور بر حسب استاندارد میلیون مترمکعب در روز، $g=9.81$ ، و $k=1.442$ نسبت گرماهای ویژه گاز طبیعی می باشد. برای محاسبه ضریب تراکم پذیری گاز طبیعی Z (انحراف حالت گاز واقعی از حالت ایده آل) در فشارها و دماها متفاوت ورودی به کمپرسور، از روابط (3-12) و (3-13) و استفاده از این روابط در نمودار شکل (3-3) که شرکت سازنده کمپرسور Summy ارائه کرده است، استفاده میکنیم.

$$\rho_{o(P=1 \text{ atm}, T=20c)} = \frac{P_{atm (kpa)} \times M_{W \left(\frac{kg}{kmol}\right)}}{\hat{R}_{\left(\frac{J}{kmol \cdot K}\right)} \times T_k} = 0.7562 \quad (12-3)$$

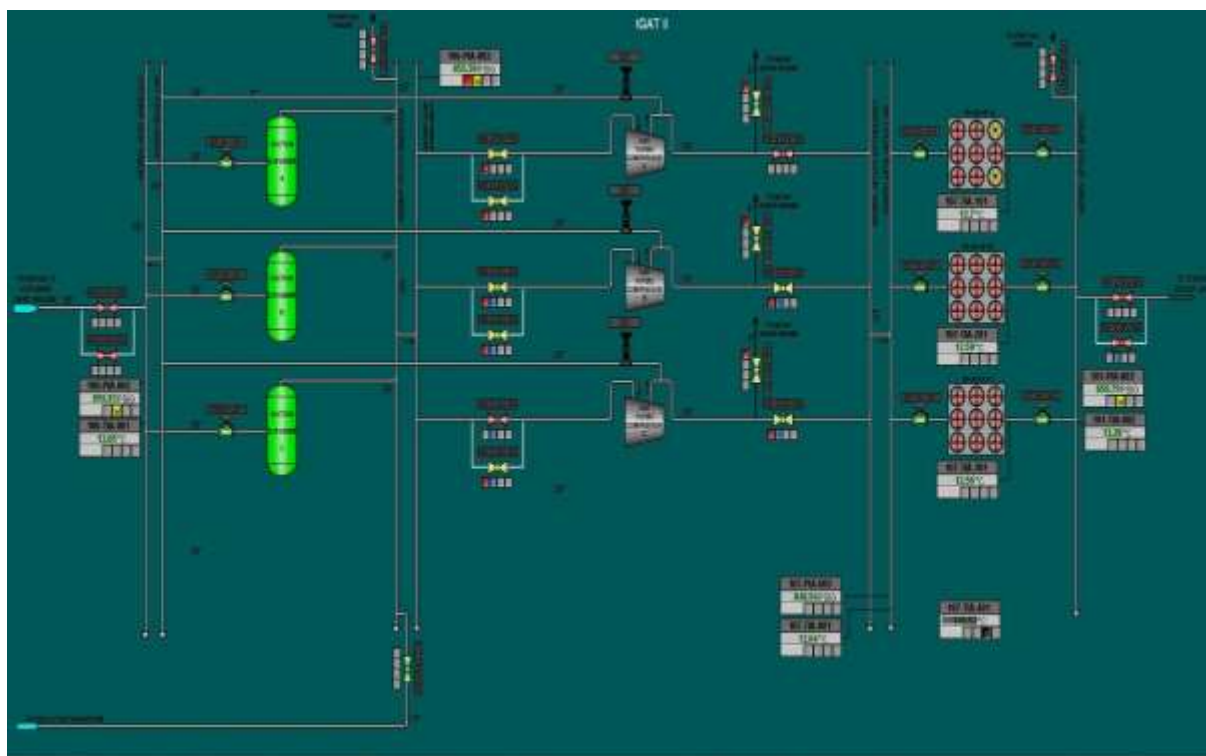
$$\Delta = \frac{\rho_o}{\rho_{Air}} = \frac{\rho_{o \left(\frac{kg}{m^3}\right)}}{1.205 \left(\frac{kg}{m^3}\right)} = \frac{0.7562}{1.205} = 0.62755 \quad (13-3)$$



شکل (۳-۳) نمودار محاسبه ضریب تراکم پذیر گاز طبیعی

۳-۳- فرایند ایستگاه تقویت فشار گاز ساوه و شبیه سازی آن

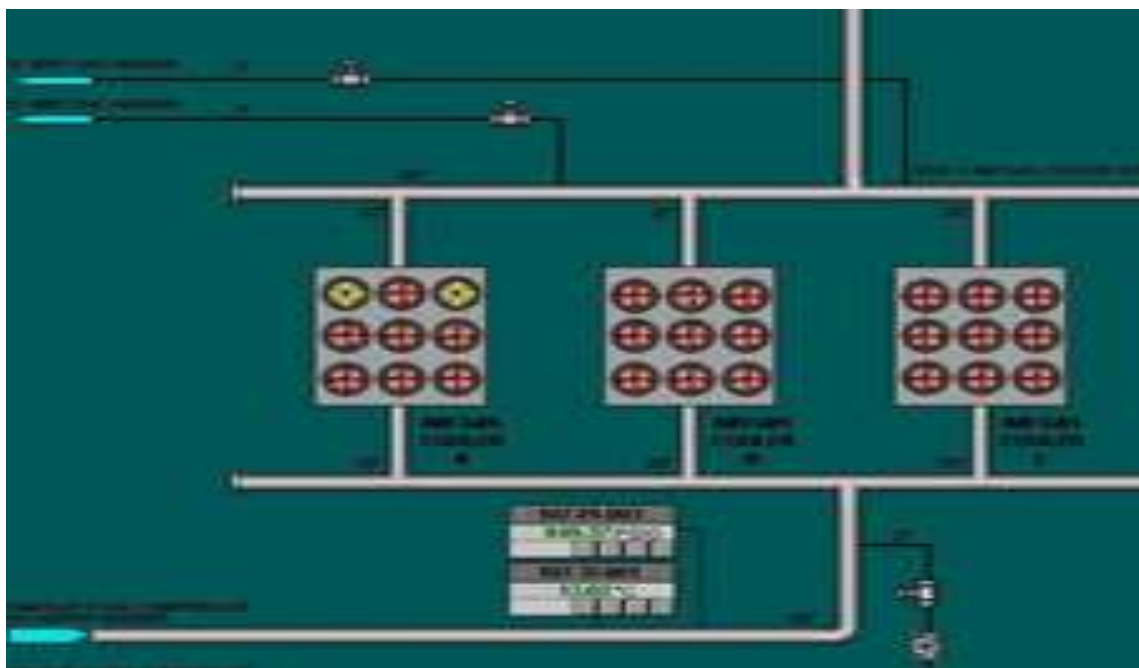
براساس سیاست های شرکت ملی گاز ایران مبنی بر تامین گاز شهرهای غربی و شمال غربی ایران و صادرات گاز به کشورهای همسایه ایران، ایستگاه تقویت فشار گاز ساوه ۲ در مجاورت ایستگاه تقویت فشار گاز ساوه ۱ واقع در شهر صنعتی کاوه در ۱۵ کیلو متری شهر ساوه ساخته شده است. ایستگاه تقویت فشار گاز ساوه ۲ برای تقویت فشار گاز خط دوم سراسری با ظرفیت اسمی ۸۰ میلیون متر مکعب استاندارد در روز طراحی و ساخته شده است. فشار گاز ورودی و خروجی ایستگاه در کیس طراحی آن در دور ۴۷۵۰ R.P.M به ترتیب ۷۵۰ psi و ۱۰۵۰ psi می باشد و همچنین دمای گاز ورودی و خروجی ایستگاه به ترتیب ۳۹.۱ و ۵۰ درجه سانتی گراد در نظر گرفته شده است. طراحی ایستگاه بر پایه آرایش هرپین می باشد و شامل سه عدد توربوکمپرسور و کمپرسور گاز و سه عدد اسکرابر و سه عدد ایرکولر به صورت موازی است. شکل (۳-۴) شماتیک کلی ایستگاه تقویت فشار گاز ساوه ۲ را نشان می دهد.



شکل (۳-۴) شماتیک کلی از فرایند ایستگاه تقویت فشار گاز

گاز ورودی از طریق هدر ورودی اسکرابر ها به ورودی اسکرابر ها وارد شده و پس از حذف ذرات جامد و مایع در اسکرابر ها به هدر خروجی اسکرابر ها تزریق می شود. این اسکرابر ها توانایی جداسازی ذرات جامد و مایع با سایز بیش از ۵ میکرون با راندمان ۹۹.۵٪ را دارند. گاز خروجی از اسکرابر ها به هدر ورودی کمپرسور

ها وارد شده و بعد از تقویت فشار گاز، از طریق هدر کمپرسور ها خارج می شود. گاز بوسیله سه عدد کمپرسور گاز مدل Summy که توسط سه عدد توربوکمپرسور Zorya DU 80 با توان نامی ۲۵ MW و راندمان حرارتی ۳۶.۵٪ با آرایش هرپین، از فشار ۷۴۰ Psi (و دمای حالت طراحی 38.83°C) به فشار ۱۰۶۵ psi تقویت می شود. نوع کمپرسورها از نوع جریان شعاعی با یک محرک مستقیم، و از نوع سانتریفوژ، تک پوسته، انشعاب عمودی با سیستم سیل گازی خشک^۱ (SDG) می باشد. گاز تقویت شده بوسیله کمپرسور های گاز که دارای دمای بالا می باشند، به وسیله سه عدد خنک کننده هوایی گاز مطابق شکل (۳-۵) که آرایش هرپین دارند، خنک می شود.



شکل (۳-۵) ایرکولرهای ایستگاه تقویت فشار گاز

این کولر های خنک کننده شامل سه ردیف سه تایی از فن های مکنده به منظور کاهش دمای گاز تا مقدار 50°C در فشار اتمسفریک می باشند. طراحی این کولرها به این صورت است که جهت احتیاط دارای ۱۰٪ سطح تبادل حرارتی اضافه تر از حالت طراحی می باشد. در ادامه گاز ها پس از خنک شدن توسط ایرکولرها از هدر خروجی خنک کننده های گاز خارج شده و به سمت خط انتقال گاز اصلی که در بیرون ایستگاه قرار دارد، ارسال می شود.

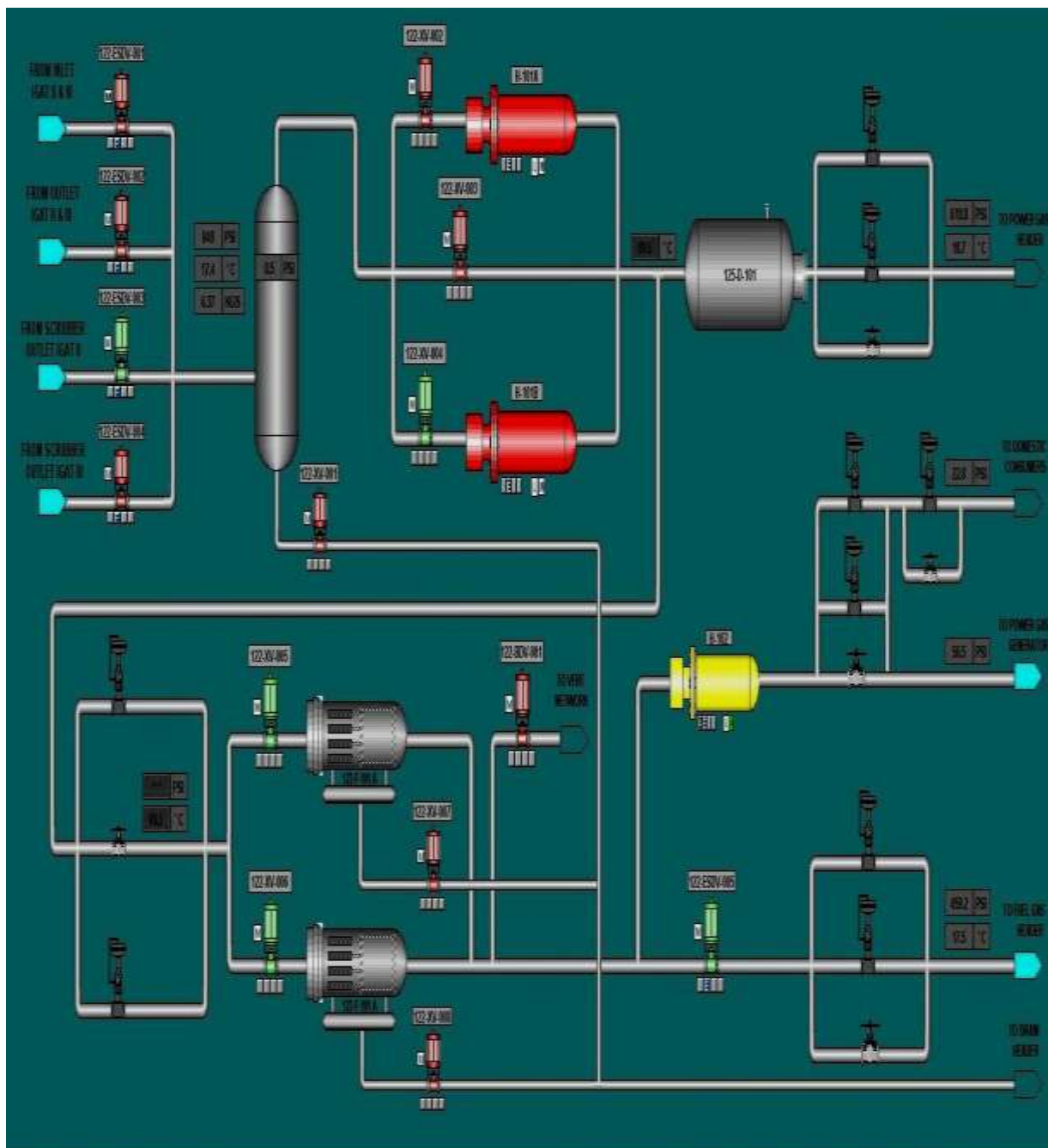
لازم به گفتن است به هیچ عنوان نباید دمای گاز ورودی به خط اصلی انتقال گاز به علت خراب شدن عایق های حفاظتی پلی یورتان خط لوله اصلی انتقال گاز، از 50°C بیشتر شود.

1 Dry Gas sealing

در این ایستگاه، یک مرکز تقلیل فشار گاز^۱ (GRC) نیز وجود دارد که وظیفه آن تامین سوخت مورد نیاز توربینهای گاز و Utility ها می باشد. گاز مورد نیاز مرکز تقلیل فشار گاز ایستگاه ساوه با دبی جرمی ۱۲۹۰۰ کیلوگرم بر ساعت در دور ۴۷۵۰ R.P.M از هدر خروجی اسکرابرهای اصلی ایستگاه تامین می شود. میزان سوخت مصرفی هر توربین که محرک کمپرسورهای گاز است در حدود ۶۱۰۰ کیلوگرم بر ساعت در دور ماکزیمم ۵۲۵۰ دور بر دقیقه کمپرسورهای گاز می باشد. همچنین میزان گاز مصرفی Utility ها در حدود ۷۵۰ کیلوگرم بر ساعت است.

گاز ورودی به مرکز تقلیل فشار با توجه به شکل (۳-۶) در ابتدا به منظور جداسازی ناخالصیهای گاز ورودی با ابعاد بیش از ۱۰ میکرون وارد اسکرابر مرکز تقلیل فشار شده و پس از تصفیه گاز باراندمان ۹۹/۹٪ توسط آن به سمت گرم کننده الکتریکی مرکز تقلیل فشار گاز، بمنظور گرم کردن گاز مصرفی تاسیسات قبل از کاهش فشار و دمای آن و بوجود آمدن مشکلاتی در رگولاتورهای کاهنده فشار گاز، در فصول سرد سال، هدایت می شود.

دلیل گرم کردن گاز توسط گرم کننده الکتریکی پیش از ورود به رگولاتور اولیه کاهنده فشار این است که عدد ژول-تامسون گاز طبیعی عددی مثبت است، کاهش فشار گاز طبیعی همراه با کاهش دما می باشد. در دماهای پایین با توجه به فشار و ترکیبات گاز طبیعی احتمال تشکیل هیدراتهای گازی در رگولاتور ایستگاه وجود دارد. هیدرات گازی ترکیبی از گازهای سبک مثل متان، اتان یا دی اکسید کربن است که تحت یک شرایط خاص دمایی و فشاری با مولکولهای آب ترکیب شده و مادهای شبیه به یخ را تشکیل می دهد. هیدرات گازی باعث اختلال در عملکرد رگولاتور ایستگاه و در نتیجه فرایند کاهش فشار شده و ممکن است به تجهیزات پایین دستی ایستگاه نیز صدمه وارد کند. به همین دلیل برای جلوگیری از تشکیل هیدراتهای گازی، گاز باید قبل از ورود به رگولاتور اولیه کاهنده فشار، پیش گرمایش بشود. لازم به گفتن می باشد که با افزایش فشار ورودی، افت فشار بیشتری در رگولاتور رخ داده، لذا افت دمای بیشتری نیز اتفاق می افتد (اثر ژول-تامسون) و در نتیجه دمای خروجی رگولاتور کمتر خواهد بود. در این پروژه دمای گاز خروجی گرم کننده گرم کن الکتریکی ۵۰ درجه سانتی گراد و همچنین دمای محیط ۲۰ درجه سانتی گراد فرض شده است.



در ادامه گاز مصرفی ایستگاه، از گرم کننده الکتریکی وارد کنترل ولو اولیه شده و فشار آن کاهش می یابد. کنترل ولو اولیه طوری تنظیم شده است که فشار خروجی آن همواره روی عدد ۵۵۰ Psi می باشد.

بعد از اولین مرحله کاهش فشار گاز در مرکز تقلیل فشار ، جریان گاز به یک فیلتر جداساز افقی که کار نهایی جداسازی گاز از ناخالصی های را انجام می دهد، وارد می شود. گاز خروجی از فیلتر مرکز تقلیل فشار، به منظور رسیدن به فشار مورد نیاز گاز سوخت توربین ها از کنترل ولو دوم عبور می کند .کنترل ولو

دوم طوری تنظیم شده است که فشار خروجی آن همواره روی عدد ۴۶۰ Psi باشد.

با توجه به توضیحات فنی و طراحی داده شده و استفاده از جداول (۱-۳) و (۲-۳)، به شبیه سازی ایستگاه تقویت فشار گاز ساوه در نرم افزار Aspen Hysys می پردازیم.

در ادامه به شبیه سازی فرایند در محیط هایسیس پرداخته شده است و ایستگاه تقویت فشار و تجهیزات مربوط به آن در این محیط شبیه سازی شده است.

در ابتدا جریان گاز با دمای ۳۹.۱ درجه سانتیگراد، فشار ۵.۲۷۲ مگاپاسکال و دبی ۲۵۷۸۰۰۰ کیلوگرم بر ساعت وارد ایستگاه شده است. مشخصات جریان در شکل (۷-۳) آورده شده است.

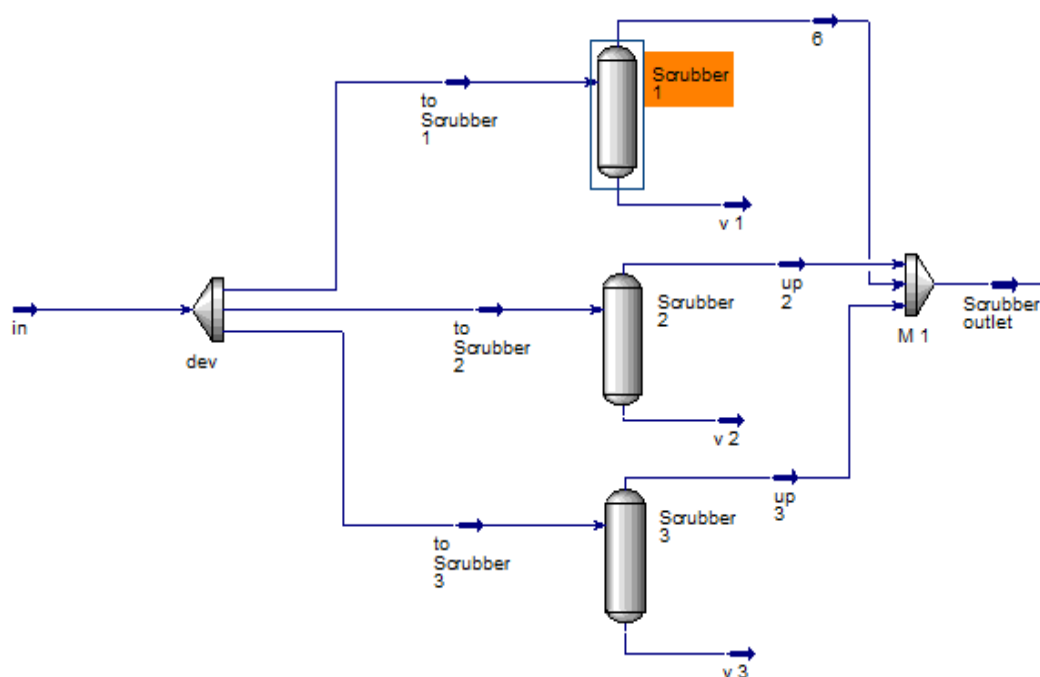
Worksheet Attachments Dynamics			
Worksheet	Stream Name	Inlet	Vapour Phase
Conditions	Vapour / Phase Fraction	1.0000	1.0000
Properties	Temperature [C]	39.10	39.10
Composition	Pressure [psig]	750.0	750.0
Oil & Gas Feed	Molar Flow [kgmole/h]	1.417e+005	1.417e+005
Petroleum Assay	Mass Flow [kg/h]	2.578e+006	2.578e+006
K Value	Std Ideal Liq Vol Flow [mL/min]	1.303e+008	1.303e+008
User Variables	Molar Enthalpy [kJ/kgmole]	-7.659e+004	-7.659e+004
Notes	Molar Entropy [kJ/kgmole-C]	153.2	153.2
Cost Parameters	Heat Flow [kJ/h]	-1.085e+010	-1.085e+010
Normalized Yields	Liq Vol Flow @Std Cond [mL/min]	5.571e+010	5.571e+010
	Fluid Package	Basis-1	
	Utility Type		

شکل (۷-۳) شرایط عملیاتی جریان ورودی به ایستگاه تقویت فشار

سپس به سمت سه اسکرابر تقسیم شده است. این اسکرابر ها توانایی جداسازی ذرات جامد و مایع با سایز بیش از ۵ میکرون را دارند. در شبیه سازی از سه اسکرابر با نام های Scrubber 1، Scrubber 2، Scrubber 3 استفاده شده است. مشخصات مربوط به اسکرابر اول در شکل (۸-۳) آورده شده است.

Design	Reactions	Rating	Worksheet	Dynamics
Worksheet				
Conditions	Name	to Scrubber 1	v 1	6
Properties	Vapour	1.0000	0.0000	1.0000
Composition	Temperature [C]	39.10	38.82	38.82
PF Specs	Pressure [psig]	750.0	739.8	739.8
	Molar Flow [kgmole/h]	4.723e+004	0.0000	4.723e+004
	Mass Flow [kg/h]	8.593e+005	0.0000	8.593e+005
	Std Ideal Liq Vol Flow [mL/min]	4.343e+007	0.0000	4.343e+007
	Molar Enthalpy [kJ/kgmole]	-7.659e+004	-7.660e+004	-7.659e+004
	Molar Entropy [kJ/kgmole-C]	153.2	153.3	153.3
	Heat Flow [kJ/h]	-3.618e+009	0.0000	-3.618e+009

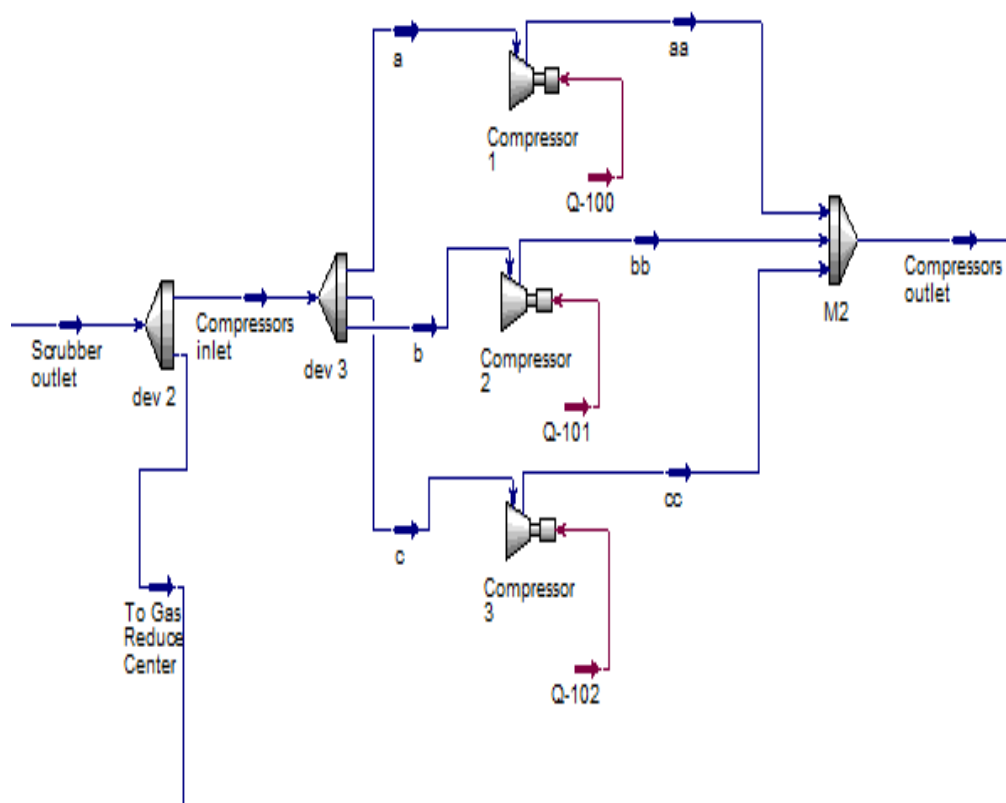
شکل (۳-۸) خصوصیات فیزیکی جریانات حاکم در اسکرابر اول



شکل (۳-۹) نمای کلی از جریان های ورودی و خروجی از اسکرابرهای شبیه سازی شده

گاز خروجی از اسکرابر ها به هدر ورودی کمپرسور ها وارد شده و بعد از تقویت فشار گاز ، از طریق هدر کمپرسور ها خارج می شود. ناگفته نماند که مقداری از گاز موجود به سمت ایستگاه تقلیل فشار رهنمود

شده است تا انرژی مورد نیاز واحد را تأمین نماید.



شکل (۳-۱۰) نمای کلی از جریان های ورودی و خروجی از کمپرسورهای شبیه سازی شده

گاز ورودی پس از ورود به کمپرسور ها فشرده شده و فشار مورد نظر را پیدا کرده است. در این کمپرسور ها گاز ورودی که در لحظه ورود فشارش برابر با ۵.۲۰۲ مگاپاسکال است و به فشاری برابر با ۷.۴۹۱ مگاپاسکال رسیده است. همانطور که اشاره شد از ۳ عدد کمپرسور با نام های Compressor 1، Compressor 2، Compressor 3 استفاده شده است. مشخصات کمپرسور شماره اول در شکل زیر قابل مشاهده است.

The screenshot shows the 'Design' tab of a software interface. On the left is a sidebar with 'Design', 'Connections', 'Parameters', 'Links', 'User Variables', and 'Notes'. The main area contains several input fields and a schematic diagram of a compressor.

Efficiency

Adiabatic Efficiency	83.070
Polytropic Efficiency	83.759

Polytropic Method

- ☒ Schultz
- ☐ Huntington
- ☐ Reference

Duty

14342.4 kW

Operating Mode

- ☒ Centrifugal
- ☐ Reciprocating
- ☐ Screw Compressor

Curve Input Option

- ☒ Single-MW
- ☐ Multiple MW
- ☐ Multiple IGV
- ☐ Non-Dimensional
- ☐ Quasi-Dimensionless

Pressure Specs

Delta P: 2289 kPa Pressure Ratio: 1.440

Surge Analysis

To study compressor surge under different emergency scenarios, click the "Surge Analysis" button here: [Surge Analysis](#)

Buttons at the bottom: Delete, OK, On, Ignored.

شکل (۱۱-۳) پارمترهای کمپرسور اول شبیه سازی شده

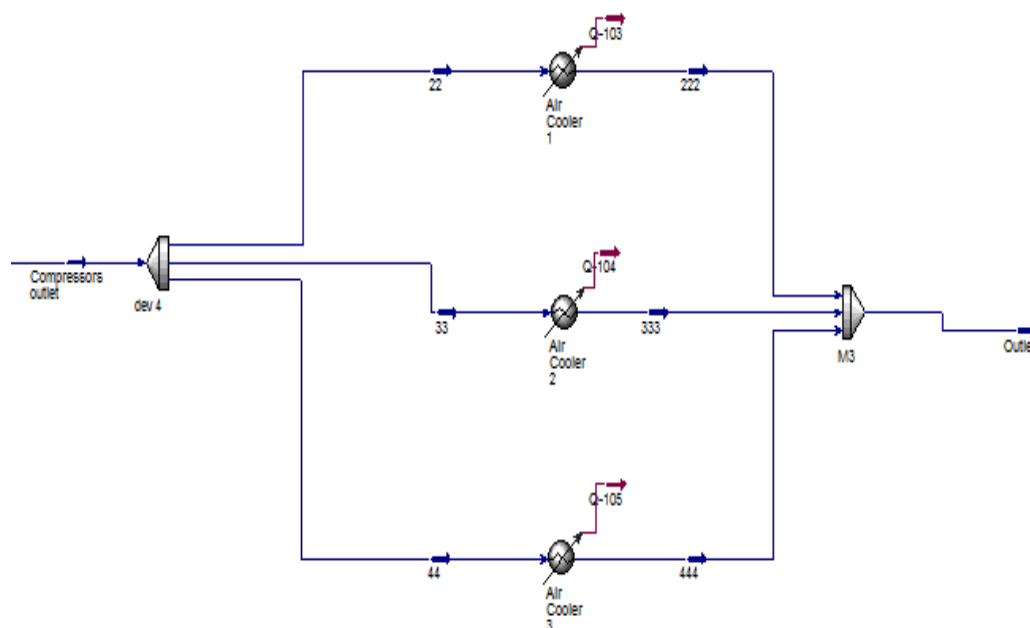
The screenshot shows the 'Worksheet' tab of the same software interface. It displays a table with physical properties for three different cases: 'a', 'aa', and 'Q-100'.

Name	a	aa	Q-100
Vapour	1.0000	1.0000	<empty>
Temperature [C]	38.82	70.84	<empty>
Pressure [psig]	739.8	1072	<empty>
Molar Flow [kgmole/h]	4.699e+004	4.699e+004	<empty>
Mass Flow [kg/h]	8.550e+005	8.550e+005	<empty>
Liq/Vol Flow [mL/min]	4.321e+007	4.321e+007	<empty>
Molar Enthalpy [kJ/kgmole]	-7.659e+004	-7.550e+004	<empty>
Molar Entropy [kJ/kgmole-C]	153.3	153.8	<empty>
Heat Flow [kJ/h]	-3.599e+009	-3.548e+009	5.163e+007

Buttons at the bottom: Delete, OK, On, Ignored.

شکل (۱۲-۳) خصوصیات فیزیکی کمپرسور شبیه سازی شده

گاز تقویت شده بوسیله کمپرسور های گاز که دارای دمای بالا می باشند، به وسیله سه عدد خنک کننده هوایی خنک می شود.



شکل (۳-۱۳) نمای کلی از جریان های ورودی و خروجی از خنک کننده های شبیه سازی شده

۳-۴- اعتبار سنجی و تعیین محدوده کار با فایل شبیه ساز ایستگاه گاز ساوه ۲

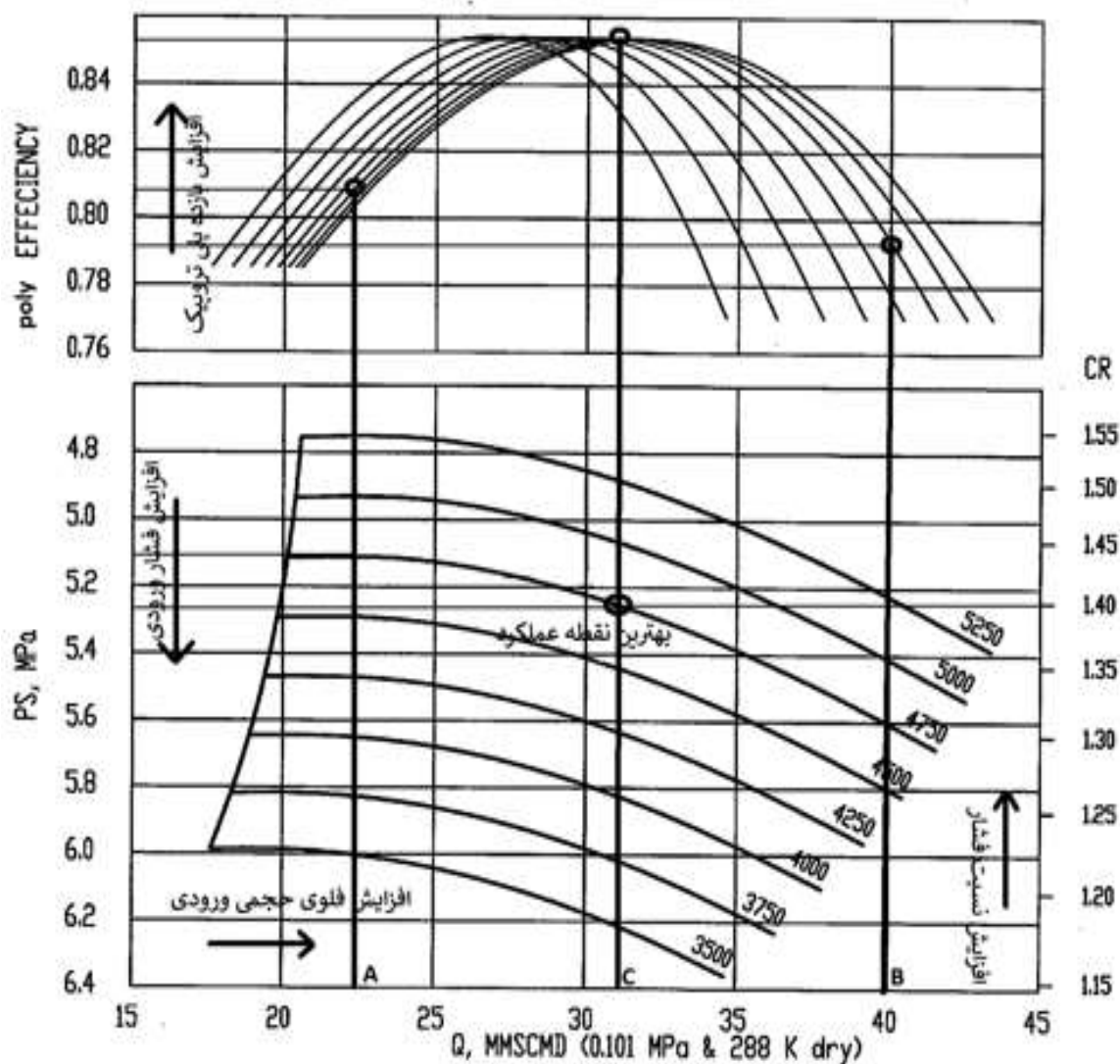
پیش از استفاده از فایل شبیه ساز ایستگاه گاز در نرم افزار هایسیس و استخراج داده های ترمودینامیکی و تشکیل یک بانک اطلاعاتی از آن جهت استفاده در شبکه های عصبی مصنوعی و همچنین برای محاسبه بازده اکسرژی و آنالیز اکسرژی فرایند و تجهیزات، باید صحت درست عمل کردن این فایل شبیه ساز با اطلاعات میدانی (تجربی) ایستگاه گاز، مورد بررسی و مقایسه قرار گیرد. در صورت معقول بودن خطای نسبی حاصله بین حالت واقعی و شبیه سازی شده ایستگاه گاز، استفاده از آن مجاز خواهد بود. برای این امر با توجه به جدول (۳-۳) ما نقطه مشترکی از فرایند را که (در اینجا خروجی کمپرسور گاز شماره یک انتخاب شده است) را انتخاب کرده و سپس در شرایط و روی یکسان بین حالت واقعی و شبیه سازی شده، به مقایسه چند پارامتر ترمودینامیکی (بطور مثال فشار و دما) در خروجی مورد نظر پرداخته و درصد خطای نسبی آنها را باهم مقایسه می کنیم.

جدول (۳-۳) میزان درصد خطای نسبی فایل شبیه ساز در مقایسه با شرایط میدانی

۰.۶۶	درصد خطای نسبی فشار خروجی کمپرسور (%)
۱۰۷۲	فشار گاز خروجی از کمپرسور شبیه ساز (Psig)
۱۰۶۵	فشار گاز خروجی از کمپرسور واقعی (Psig)
۰.۸	درصد خطای نسبی دما خروجی کمپرسور (%)
۷۰.۸۴	دمای گاز خروجی از کمپرسور شبیه ساز (C)
۷۰.۳۱	دمای گاز خروجی از کمپرسور واقعی (C)
۷۴۰	فشار ورودی به کمپرسور (Psig)
۳۸.۸۳	دمای گاز ورودی به کمپرسور (C)
۴۷۵۰	دور کمپرسور (R.P.M)

مقایسه بین مقادیر پیش بینی شده و مقادیر واقعی در جدول (۳-۳) حاکی از درصد خطاهای نسبی زیر ۱٪ دارد. در نتیجه با تایید صحت درست عمل کردن فایل شبیه ساز ایستگاه گاز ساوه ۲، می توان از آن در وضعیتهای جدیدی که ایستگاه ممکن است با آن روبرو شود، استفاده نمود. در ادامه این کار تحقیقاتی باید بازه مجاز استفاده از دماها و فشارها و دبی جرمی های ورودی به فایل شبیه ساز ایستگاه گاز ساوه را با توجه به شرایط کارکرد کمپرسورها در دور ۴۷۵۰ و شرایط طراحی ایستگاه مشخص کرد.

محدوده انتخاب شده برای کار کردن کمپرسورهای گاز در فایل شبیه ساز با توجه نمودار عملکرد کمپرسورهای گاز شکل (۳-۱۴) و همچنین شرایط عملیاتی ایستگاه گاز ساوه ۲، حداقل و حدکثر مجاز دما، فشار و دبی جرمی ورودی به ایستگاه را در دور ۴۷۵۰ جهت وارد کردن به شبیه ساز در جدول (۳-۴) نشان داده شده است.



شکل (۳-۱۴) محدوده کاری تعریف شده کمپرسورهای گاز در فایل شبیه ساز ایستگاه

جدول (۳-۴) محدوده ورودی دما، فشار و دبی جرمی به فایل شبیه ساز

پارامتر	دور 4750 R.P.M	
	حداقل	حداکثر
دمای گاز ورودی به ایستگاه (°C)	30	50
فشار گاز ورودی به ایستگاه (Psig)	575	825
دبی جرمی ورودی به ایستگاه (Std kg/h)	2165000	3850000
حداکثر فشار گاز خروجی از ایستگاه (Psig)	1050	

۳-۵- شاخص کارایی ایستگاه تقویت فشار

شاخص کارایی ایستگاه تقویت فشار از رابطه زیر محاسبه شده است:

$$\eta = \frac{W_p}{E_{tot}} \quad (3-14)$$

که در معادله بالا W_p کار صورت گرفته توسط ایستگاه تقویت فشار می باشد. که به این صورت است که برای محاسبه کار انجام شده می توان اختلاف میان آنتالپی ورودی به تأسیسات با آنتالپی خروجی را بدست آورد و به عنوان کار انجام شده در نظر گرفت.

همچنین برای انجام چنین کاری میزان قابل توجهی انرژی مصرف شده است. این انرژی می تواند هم شامل سوخت مصرفی و هم شامل برق بصورت الکتریکی باشد. مجموع این انرژی مصرفی را با E_{tot} نشان داده شده است.

برای بدست آورده شاخص کارایی یک ایستگاه تقویت فشار از اطلاعات سالیانه ایستگاه تقویت فشار بندرعباس استفاده شده است. در این اطلاعات دما، فشار، دبی ورودی به تأسیسات و همچنین دما، فشار، دبی خروجی به تأسیسات را داریم. با استفاده از این دیتا ها به شبیه سازی واحد پرداخته شده است. سایر خصوصیات ترمودینامیکی نیز توسط نرم افزار هایس محاسبه شده است و در اختیار ما قرار گرفته شده است.

جدول (۳-۵) میزان دما و فشار در ورود و خروج

temperature-in	pressure-in	temperature-out	pressure-out	ماه
K	psia	K	psia	
295.2	666.9	316.3	1007	فروردین
299.09	705.4	316.29	986.13	اردیبهشت
301.97	671.87	316.55	938.52	خرداد
305.64	755.44	316.6	882.45	تیر
307.4	736.64	314.9	935.32	مرداد
311	749.07	318.5	827.6	شهریور
307.6	745.1	319.3	839.8	مهر
302.6	696.8	316.4	909.2	آبان
297.7	650.8	317.6	1011	آذر
294.2	638.8	317.9	988.3	دی
292.03	653.74	317.1	1017.9	بهمن
293.6	649.6	316.6	960.5	اسفند

جدول (۳-۶) میزان انرژی مصرفی ایستگاه تقویت فشار بندرعباس

gas consumption	elec	tot-energy	ماه
Gj	Gj	Gj	
64905.4502	767.5776	65673.0278	فروردین
46840.48737	708.3936	47548.88097	اردیبهشت
57044.29191	1089.2448	58133.53671	خرداد
10725.57498	431.9136	11157.48858	تیر
18256.10243	540.2592	18796.36163	مرداد
304.80666	289.3536	594.16026	شهریور
3057.75914	284.2128	3341.97194	مهر
14571.78497	192.8016	14764.58657	آبان
71214.54816	569.808	71784.35616	آذر
71134.56776	555.6816	71690.24936	دی
71960.02649	625.6656	72585.69209	بهمن
58809.35089	466.1712	59275.52209	اسفند

همانطور که در جدول (۳-۶) مشاهده شده است، میزان انرژی مصرفی به دو حالت گاز و برق محاسبه شده است. به این صورت که میزان گاز مصرفی در میزان آنتالپی ویژه گاز که برابر با ۳۳۸۹۰ کیلوژول بر استاندارد متر مکعب است ضرب شده و میزان انرژی مصرفی را حاصل کرده است. در نهایت هر دو انرژی جمع شده اند و میزان انرژی مصرفی کا جهت انجام کار در ایستگاه تقویت فشار محاسبه شده است.

فصل ۴:

نتایج و تفسیر آنها

۴-۱- مقدمه

ایستگاه تقویت فشار گاز ساوه به کمک نرم افزار هایسیس شبیه سازی گردید. به این صورت که جریان گاز ورودی به شرایط فیزیکی که در شکل (۴-۱) مشاهده شده است وارد گردیده است. این جریان با دمای ۴۰ درجه سانتیگراد و فشاری برابر با ۷۴۵ psig وارد تأسیسات ساوه گردیده است.

همانطور که در قبل گفته شده است، هدف کلی این تأسیسات در مسیر جریان خطوط لوله، بالا بردن فشار است. فشار در خطوط انتقال گاز عامل محرکه به شمار می رود. به دلیل اینکه گاز در خطوط لوله بنابر دلایلی که در قبل گفته شد، فشارش افت می کند، نیاز دارد تا در مسیر خود تأسیساتی تحت عنوان ایستگاه تقویت فشار گاز قرار داده شود تا این افت فشار بوجود آمده را جبران نماید. ایستگاه تقویت فشار ساوه که توضیحات لازم در فصل قبل داده شد نیز از جمله این تأسیسات به شمار می رود.

شبیه سازی این تأسیسات به طور کامل در فصل ۳ توضیح داده شد. هدف اصلی این تأسیسات این می باشد تا فشار جریان گاز را در خروجی از خود افزایش دهد. بنابراین به کمک نرم افزار هایسیس این تأسیسات شبیه سازی گردید و شرایط عملیاتی هر یک از تأسیسات مشاهده شد.

بنابراین همانطور که در شکل (۴-۲) مشاهده می شود، دما در خروجی از تأسیسات تقویت فشار گاز ۵۰ درجه سانتیگراد و فشار برابر با ۱۰۵۲ psig است. بنابراین همانطور که ملاحظه شده است، فشار در خروجی از ایستگاه به حد معینی رسیده است و افزایش یافته است.

Worksheet	Stream Name	in	Vapour Phase
Conditions	Vapour / Phase Fraction	1.0000	1.0000
Properties	Temperature [C]	39.10	39.10
Composition	Pressure [psig]	750.0	750.0
Oil & Gas Feed	Molar Flow [kgmole/h]	1.417e+005	1.417e+005
Petroleum Assay	Mass Flow [kg/h]	2.578e+006	2.578e+006
K Value	Std Ideal Liq Vol Flow [mL/min]	1.303e+008	1.303e+008
User Variables	Molar Enthalpy [kJ/kgmole]	-7.659e+004	-7.659e+004
Notes	Molar Entropy [kJ/kgmole-C]	153.2	153.2
Cost Parameters	Heat Flow [kJ/h]	-1.085e+010	-1.085e+010
Normalized Yields	Liq Vol Flow @Std Cond [mL/min]	5.571e+010	5.571e+010
	Fluid Package	8psia-1	
	Utility Type		

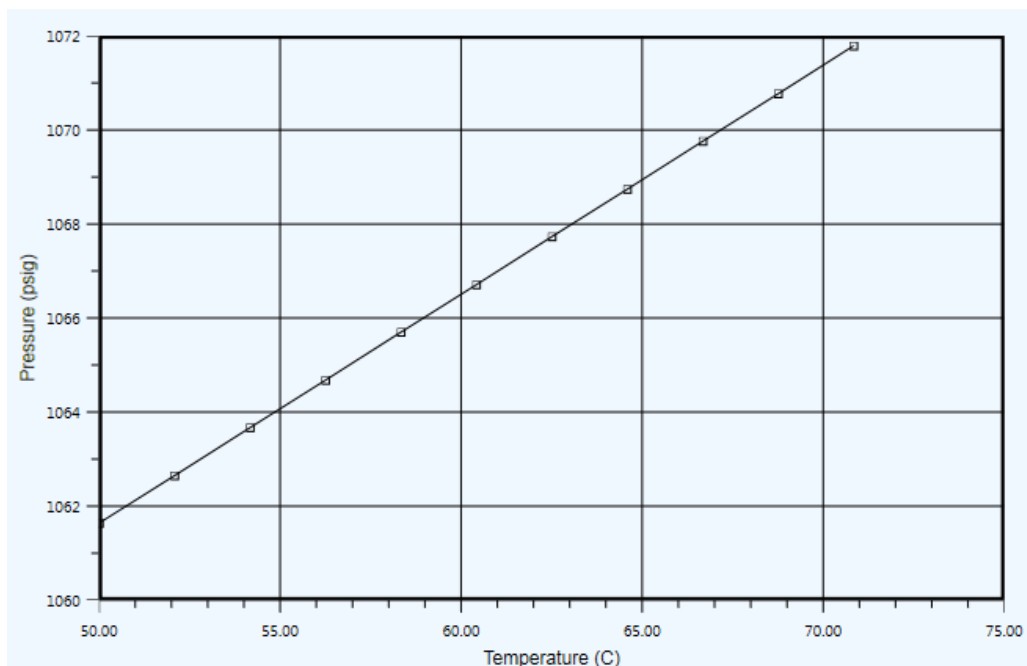
شکل (۴-۱) خصوصیات فیزیکی جریان ورودی

Worksheet Attachments Dynamics			
Worksheet	Stream Name	Outlet	Vapour Phase
Conditions	Vapour / Phase Fraction	1.0000	1.0000
Properties	Temperature [C]	45.00	45.00
Composition	Pressure [psig]	1062	1062
Oil & Gas Feed	Molar Flow [kgmole/h]	1.410e+005	1.410e+005
Petroleum Assay	Mass Flow [kg/h]	2.565e+006	2.565e+006
K Value	Std Ideal Liq Vol Flow [mL/min]	1.296e+008	1.296e+008
User Variables	Molar Enthalpy [kJ/kgmole]	-7.669e+004	-7.669e+004
Notes	Molar Entropy [kJ/kgmole-C]	150.3	150.3
Cost Parameters	Heat Flow [kJ/h]	-1.081e+010	-1.081e+010
Normalized Yields	Liq Vol Flow @Std Cond [mL/min]	5.543e+010	5.543e+010
	Fluid Package	8000-2	
	Utility Type		

شکل (۲-۴) خصوصیات فیزیکی جریان خروجی

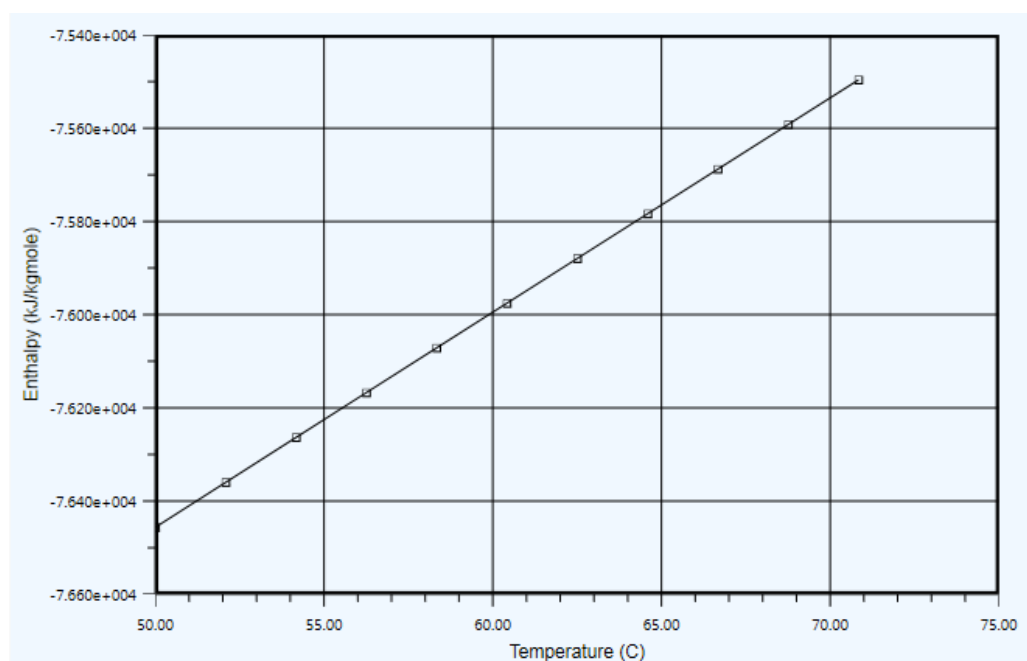
۲-۴- سیستم های خنک سازی

همانطور که در قبل گفته شد، برای خنک سازی جریان گاز از سه عدد ایرکولر استفاده شده است که دمای جریان را کاهش داده است. این خنک کننده ها مقداری انرژی جهت انجام این کار مصرف کرده اند و در شاخص کارایی نیروگاه که در ادامه محاسبه شده است تاثیر گذاشته شده است. این خنک کننده ها دمای گاز را از تقریباً ۷۱ درجه سانتیگراد به مقدار ۵۰ درجه رسانده است. جهت انجام این مهم هر ایرکولر به میزان تقریباً ۴۵ گیگاژول بر ساعت کار انجام شده است. این کار جهت پایین آوردن دمای جریان صرف شده است. و تقریباً دما را ۲۱ درجه سانتیگراد کاهش داده است. همچنین در جهت عبور از این خنک کننده میزان ۷۰ کیلوپاسکال اختلاف فشار بوجود آمده است.



شکل (۳-۴) تغییرات دما نسبت به تغییر فشار

همانطور که ملاحظه شده است جریان گاز در اثر عبور از ایرکولر از دمای تقریباً ۷۱ درجه سانتیگراد شروع به کاهش کرده است. در اثر کاهش در دما همانطور که دیده می شود، فشار نیز کاهش یافته است و از مقدار ۱۰۷۲ psig به مقدار ۱۰۶۲ psig رسیده است که این مقدار افت فشار مقدار نسبتاً کم و قابل چشم پوشی است. هر سه ایرکولر در چنین شرایط عملکردی هستند.



شکل (۴-۴) تغییرات دما نسبت به تغییر فشار

۳-۴- نتایج کارایی عملیات نسبی ایستگاه تقویت فشار بندرعباس

به دلیل در دسترس نبودن اطلاعات مربوط میزان انرژی مصرفی ایستگاه تقویت فشار جهت انجام کار فشرده سازی گاز، از اطلاعات مربوط به ایستگاه تقویت فشار گاز بندرعباس جهت محاسبه شاخص کارایی ایستگاه استفاده شده است.

با استفاده از اطلاعات دما، فشار، دبی و ترکیب درصد مواد در ورودی و خروجی از ایستگاه تقویت فشار، به محاسبه شاخص کارایی ایستگاه پرداختیم. در ابتدا با استفاده از نرم افزار به محاسبه آنتالپی جریان ورودی و خروجی پرداخته و آنرا محاسبه و بدست آوردیم.

جدول (۴-۱) میزان آنتالپی ورودی و خروجی

enthalpy-in kj/kg	enthalpy-out kj/kg	ماه
-4244	-4270	فروردین
-4238	-4258	اردیبهشت
-4228	-4248	خرداد
-4225	-4234	تیر
-4220	-4234	مرداد
-4212	-4217	شهریور
-4220	-4226	مهر
-4229	-4244	آبان
-4237	-4264	آذر
-4244	-4271	دی
-4251	-4279	بهمن
-4247	-4271	اسفند

حال برای محاسبه کار صورت گرفته آنتالپی ورودی را منها آنتالپی خروجی میکنیم به این صورت کار صورت گرفته بدست آمده است. این کاری است که سبب بالا بردن فشار شده است.

جدول (۴-۲) میزان کار انجام گرفته

ماه	w
	Gj
فروردین	5282.943302
اردیبهشت	3128.54248
خرداد	4008.707766
تیر	444.3761322
مرداد	840.0526876
شهریور	127.979005
مهر	79.264416
آبان	888.572118
آذر	5802.087696
دی	5857.820489
بهمن	6138.248385
اسفند	4658.76605

مقدار کار به این صورت بدست آمده است که اختلاف آنتالپی ها ضرب در میزان جرم گاز گردیده است و میزان انرژی یا کار بدست آمده است.

در نهایت شاخص کارایی هر ماه با تقسیم میزان کار صورت گرفته تقسیم بر میزان انرژی مصرف شده در آن ماه بدست آمده است. نتایج حاصل برای هر ماه در جدول زیر حاصل شده است:

جدول (۴-۳) میزان شاخص کارایی هر ماه

ماه	etha-operation
	%
فروردین	8.04431207
اردیبهشت	6.579634297
خرداد	6.895688776
تیر	3.982761255
مرداد	4.469230291
شهریور	21.53947573
مهر	2.371785803
آبان	6.018266165
آذر	8.082663141
دی	8.171014247
بهمن	8.456554189
اسفند	7.859510783

حال با توجه به دیتاهای مربوطه در یک دوره یک ساله میتوان شاخص کارایی سالانه را محاسبه نمود. شاخص کارایی سالانه طبق رابطه زیر بدست آمده است.

$$\eta_{station,operation,ann} = \frac{\sum_{i=1}^{i=12} \eta_{station,operation,mth,i} \times w_{pi}}{\sum_{i=1}^{12} w_{pi}}$$

بنابراین شاخص کارایی سالانه برابر با ۷۰.۷۲۵٪ شده است.

حال برای محاسبه کارایی عملیات نسبی ماهانه ایستگاه تقویت فشار گاز، میزان شاخص کارایی عملیاتی را که در مرحله قبل محاسبه نمودیم تقسیم بر میزان شاخص طراحی می نماییم. بنابراین میزان کارایی عملیاتی نسبی هر ماه بدست خواهد آمد :

$$\lambda_{operation,mth} = \frac{\eta_{station,operation,mth}}{\eta_{station,design}}$$

جدول (۴-۴) میزان کارایی عملیات نسبی ماهانه

ماه	landa-operation
فروردین	33.26845356
اردیبهشت	27.21105995
خرداد	28.51815044
تیر	16.47130378
مرداد	18.48316911
شهریور	89.07971766
مهر	9.808874287
آبان	24.88943824
آذر	33.42706014
دی	33.79244933
بهمن	34.97334238
اسفند	32.50418024

$$\lambda_{Operation,ann} = \frac{\sum_{i=1}^{i=12} \lambda_{operation,mth,i} \times w_{pi}}{\sum_{i=1}^{12} w_{pi}}$$

در نهایت کارایی عملیاتی نسبی سالانه طبق رابطه زیر بدست آمده است و برابر با ۳۱.۹۴ است. در انجام محاسبات از شرایط طراحی و شاخص کارایی طراحی نیز استفاده شده است. ناگفته نماند که شرکت های بازرسی با انجام چنین محاسباتی برچسب انرژی برای تأسیسات استفاده می کنند.

فصل ۵:

جمع‌بندی و پیشنهادها

۵-۱- نتیجه‌گیری

با کمک نرم افزار هایسیس ورژن ۱۰ به شبیه‌سازی ایستگاه تقویت فشار گاز ساوه و بندرعباس پرداخته شد. با شبیه‌سازی این ایستگاه کارایی و عملیات تمامی تجهیزات و چگونگی عملکرد آنها در شرایط فیزیکی مورد بررسی قرار گرفت.

پس از یکپارچه شدن ایستگاه تقویت فشار مشاهده گردید که با مصرف قابل ملاحظه‌ای انرژی که انرژی آن از همان خط انتقال گاز تأمین شده است، میتوان فشار را در خط انتقال گاز طبیعی افزایش داد. با انجام این کار مشاهده گردید که فشار در خط خروجی از ایستگاه تقویت فشار به مقدار قابل ملاحظه‌ای بالا رفته است. در مسیر مقداری از گاز خط لوله به ایستگاه تقلیل فشار رفته و فشار آن کاهش یافته است و با مصرف آن انرژی لازم جهت بکارگیری این کمپرسور ها و سایر تجهیزات تأمین شده است.

پس از شبیه‌سازی ایستگاه تقویت فشار به بررسی معیار مصرف انرژی در واحد تقویت فشار بندرعباس پرداختیم و از داده‌های آن ها استفاده نمودیم. با استفاده از شرایط فیزیکی جریان‌ات حاکم بر ایستگاه تقویت فشار به تعیین و محاسبه شاخص کارایی نسبی ماهیانه و کارایی عملیاتی ایستگاه تقویت فشار پرداختیم و بهینه بودن ایستگاه رو مورد تحلیل قرار دادیم.

۵-۲- پیشنهادات

پس از تحلیل و بررسی شرایط عملکردی در ایستگاه تقویت فشار می‌توان به بررسی داده‌ها و نتایج پرداخت و با کمک شبکه‌های عصبی پر کاربرد به تحلیل نتایج و عملیات در بهترین شرایط پرداخت. همچنین با کمک نرم افزار هایسیس میتوان از داده‌های موجود در کاتالوگ انواع کمپرسور ها استفاده نمود و کارایی آنها را در زمان یکپارچه بودن و در حین عملیات بررسی نمود و نحوه کار آن را در زمان عملیات مشاهده کرد و نتایج آن را استخراج نمود.

مراجع

مراجع

- 1-National Iranian Gas Company, website, www.nigc.ir.
- 2-Iran Gas Trasmission Company, website, www.nigc-nigtc.ir.
- ۳-سامیه کوبی، جعفر چعب «صنعت گاز و پتروشیمی به زبان ساده» جهاد دانشگاهی، ۱۳۹۵.
- ۴-حسین کاردری «آشنایی با ایستگاه های تقویت فشار انتقال گاز» انتشارات شرکت ملی گاز ایران، چاپ اول ۱۳۸۶.
- ۵-اساتید مهندسی شیمی «آشنایی با ایستگاه های تقویت فشار گاز» نشر نوین برتر، ۱۳۹۶.
- ۶-ابوالحسن غفاری، شبیه سازی دینامیکی خطوط لوله انتقال گاز در شرایط حاد ورودی، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی سهند، دانشکده مهندسی شیمی، دی ۱۳۹۱.
- ۷-مجتبی میرزایی، حیدر مداح «متلب و شبکه عصبی» کتاب ریرا، چاپ اول، ۱۳۹۶.
- ۸-محمد باقر منهاج «مبانی شبکه های عصبی»، ناشر دانشگاه صنعتی امیرکبیر، جلد اول، ۱۳۹۳.
- ۹-مهدی مختارزاده «شبکه های عصبی پیشرو»، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، ۱۳۹۱.
- 10-Turan, N.G., Mesci, B. and Ozgonenel, O., 2011. The use of artificial neural networks (ANN) for modeling of adsorption of Cu (II) from industrial leachate by pumice. *Chemical Engineering Journal*, 1
- ۱۱-کلاوس بورگنک، زونتاک «اصول ترمودینامیک ون وایلن» نورپردازان، چاپ اول، ۱۳۹۴.
- 12-Yunus A.Cengel, Michael A.Boles, Thermodynamics An Engineering Approach, Eighth Edition, 2015.
- ۱۳-خدا مرادی، لیلی. مدل سازی حذف رطوبت به کمک جاذب های ژئولیتی از فرآیند جداسازی گازهای طبیعی از دیدگاه اکسرژی به کمک شبکه های عصبی، پایان نامه فوق لیسانس، موسسه آموزش عالی انرژی ساوه، ۱۳۹۶.
- ۱۴-مهدی جهانگیری، تحلیل اکسرژی کمپرسورهای گاز سانتریفیوژ ایستگاه های تقویت فشار گاز تحت تاثیر دمای محیط، اولین کنفرانس ملی رویکردی های نوین و کاربردی در مهندسی مکانیک، ۱۳۹۴.
- ۱۵-محمد محمدی باغملایی، بهینه سازی ایستگاه تقویت فشار گاز طبیعی در جهت کاهش مصرف انرژی، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد، زمستان ۱۳۹۱.
- ۱۶-حمید مرادی شرف آباد سفلی، کوروش گودرزی، زهرا محمدی حمیدآباد، آنالیز حساسیت ایستگاه تقویت فشار گاز پتاوه با استفاده از مفهوم اکسرژی، اولین کنفرانس بین المللی نفت و گاز و پتروشیمی و نیروگاهی، ۱۳۹۱.
- ۱۷-سید نوید پور موسویان و آراز علیزاده، ارزیابی اقتصادی ایجاد مسیر کنارگذر در بخش خنک کننده ایستگاه تقویت فشار گاز جهت کاهش مصرف انرژی، دومین همایش ملی مدیریت انرژی در صنایع نفت و انرژی، ۱۳۹۱.
- ۱۸-سعدالدین سیف اله و سعید رستگار، تحلیل اکسرژی در ایستگاه تقویت فشار گاز طبیعی دروازه شهری شماره یک سمنان، مجله مدل سازی در مهندسی، سال هشتم، شماره ۲۲، پاییز ۱۳۸۹.
- ۱۹-محمد باقر آیانی، محمد رضا تقی پور، تحلیل انرژی و اکسرژی یک واحد توربین گاز ایستگاه تقویت فشار گاز فراشند، فصل نامه تخصصی علمی ترویجی، بهار ۱۳۹۶.
- 20-H. Parsa, A. Ziaee Shahraki, N. Montazerin, "Modeling of a Gas Pressure Increasing Station's Performance at Design and Off-Design Points", *Amirkabir J. Mech. Eng.*, 49(1) (2017) 113-126.

۲۱- علی فرهمندپو، اتلافات اکسرژی در کمپرسورهای ایستگاه تقویت فشار گاز بنگستان کوپال به کمک آنالیز انرژی و اکسرژی .

22-Majid Razaghi, Thermodynamic Modeling of a Compressor of Bijar Compressor Station. 2011.

۲۳- محمد فرجی، شهرام خلیل آریا، عزیز علی محمدی، تحلیل و شبیه سازی ایستگاه تقلیل فشار گاز طبیعی از دیدگاه انرژی و اکسرژی و اقتصادی، دومین کنفرانس بین المللی رویکردهای نوین در نگهداشت انرژی، منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس جنوبی، ۱۳۹۱.

۲۴- حسن رحمان دوستان، وحید بهنام گل، احمد رضا ولی، کنترل دمای گاز خروجی از سیستم خنک کننده ای نهایی در ایستگاه تقویت فشار گاز آسماری با استفاده از کنترل کننده PID فازی و شبکه عصبی مصنوعی ۱۳۹۵.

۲۵- علی طاهری خوزانی، مهرداد بزاززاده، علی رضا مستوفی زاده، دومین کنگره مشترک سیستمهای فازی و سیستمهای هوشمند، ۱۳۸۷، بهینه سازی توربوکمپرسور ایستگاه افزایش فشار گاز طبیعی به کمک الگوریتم ژنتیک بر اساس مدل شبکه عصبی مصنوعی بهینه شده با الگوریتم ژنتیک.

۲۶- مسعود مصلی نژاد و آرمین محبی و محمد علی قیم، شبیه سازی و ارائه روشی برای بهینه سازی توان مصرفی کمپرسورهای ایستگاه تقویت فشار گاز کوپال، چهارمین کنفرانس ملی مهندسی فرایند و پالایش و پتروشیمی، تهران، مرکز همایش های صدا و سیما، خرداد ۱۳۹۷.

27-HasanEftekhari , KouroshAkhlaghi , MahmoodFarzaneh-Gord , Mohsen Khatib , A Feasibility Study of Employing an Internal Combustion Engine and a Turbo-expander in a CGS, Chemical and Environmental Engineering, 2011 , 2 , 343–349.

28-Clifford Howard , Patrick Oosthuizen, Brant Peppley, An investigation of the performance of a hybrid turboexpander-fuel cell system for power recovery at natural gas pressure reduction stations Applied Thermal Engineering, 2011, 31 , 2165–2170.

29-YuxiLuo, XuanyinWang, Exergy analysis on throttle reduction efficiency based on real gas equations, Energy, 2010 , 35 , 181–187.

30-M. Farzaneh-Gord, A. Arabkoohsar, M. DeymiDasht-bayaz, L. Machado, Energy and exergy analysis of natural gas pressure reduction points equipped with solar heat and controllable heaters, Renewable Energy, 2014, 72 , 258–270.

31-Ashouri, Esmail, Veysi, Farzad, Shojaeizadeh, Ehsan, Asadi, Maryam, The minimum gas temperature at the inlet of regulators in natural gas pressure reduction stations (CGS) for energy saving in water bath heaters, Journal of Natural Gas Science and Engineering, 2014, 21, 230-240.

۳۲- صابر مقدم، علی؛ نفیسه فرهادیان و حمیده شیخانی، ۱۳۹۳، امکان سنجی بهینه سازی انرژی در گرمکن ایستگاه تقویت فشار گاز با استفاده از دینامیک سیالات محاسباتی، پنجمین کنفرانس ملی کاربرد CFD در صنایع شیمیایی و نفت، تهران، دانشگاه علم و صنعت ایران.

۳۳- آراز عزیززاده، پدرام فرخ پیام، مریم رضایی، همایش ملی مهندسی شیمی، انتخاب مناسبترین معادله حالت و جریان جهت شبیه سازی خطوط انتقال گاز در نرم افزار Hysys، سال ۱۳۸۸.

۳۴-سید حامد واصفی، محمد رضا مهربان «بهره برداری با توربوکمپرسورهای سومی و زاریا» انتشارات شرکت ملی گاز ایران، چاپ اول، ۱۳۹۳.

35-PROCESS HEAT AND MATERIAL BALANCE REPORTD/ue to the policies of National Iranian Gas Company (NIGC) for providing natural gas to western and north-western Iranian cities, the Saveh Gas Compressor Station shall be established adjacent to the existing station in Kaveh Industrial City, 15 kilometers away from Saveh. National Iranian Gas Company (N.I.G.C)2008.

۳۶-مهدی رازی فر، آموزش جامع شبیه سازی فرایندهای شیمیایی با نرم افزار Hysys، مجتمع فنی عالی نوین پارسیان، اردیبهشت ۱۳۸۹.

۳۷-معصومه موسوی، محمد رضا احسانی، الهام عامری، سومین همایش ملی نفت و گاز و پتروشیمی، بهینه سازی فرایند نم زدایی گاز در واحد نم زدایی از گاز شرکت بهره برداری نفت و گاز گچساران توسط نرم افزار Hysys، ۱۳۹۱.

۳۸-حسین گلشن «کمپرسورهای ایستگاه تقویت فشار گاز» انتشارات شرکت ملی گاز ایران، چاپ اول، ۱۳۸۶.

۳۹-احمد کاویانی «مبانی کمپرسورها» شرکت ره آوران فنون پتروشیمی، مهر ۱۳۸۴.

40-Danilishin.A.M,Kozhukhov.Y.V,Neverov.V.V,Malev.K.G,The Task of Validation of Gas-Dynamic Characteristics of A Multisatge Centrifugal Compressor for A Natural Gas Booster Compressor Station,Science.gov,2017.

41-J.Liedman,R.Mansson,Dynamic Simulation of A Centrifugal Compressor System,Master of Science Thesis,CHALMERS UNIVERSITY of TECHNOLOGY,Gothenburg,Sweden.2013.

۴۲-امیرحسام علی نیا کاشانی، مدل سازی و بهینه سازی طراحی شبکه های انتقال گاز طبیعی و مکانیابی ایستگاه های تقویت فشار گاز بوسیله الگوریتم ژنتیک، ۱۳۸۸.

۴۳-ناهید طاهریان، مهدی حمزه ای، شبیه سازی نرم افزاری هیتراهای گازی ایستگاه تقلیل فشار گاز جهت بهینه سازی و بازیافت انرژی، ماهنامه نفت و انرژی، دوره ۱۲، شماره ۱۳۱، ۱۳۹۶.

44-M.Hasibul,Q.Azizul,S.Kamal,Aspen-Hysys Simulation of Natural Gas Processing Plant & Analysis of Different Operating Parameters, Department of Chemical Engineering,Bangladesh University of Engineering and Technology, 2016 , Doi:10.13140.

45-Bloch,H.P.,Apractical Guide toCompressor Thechnology.McGraw Hill,New York.1995.

۴۶-علی طاهری خوزانی، مهرداد بزاززاده، شبیه سازی توربوکمپرسور ایستگاه افزایش فشار گاز طبیعی به کمک شبکه عصبی مصنوعی بهینه شده با الگوریتم ژنتیک، دومین کنفرانس مشترک سیستمهای فازی و سیستمهای هوشمند، ۱۳۸۷.

47-Khayet, M., Cojocar, C. and Essalhi, M., 2011. Artificial neural network modeling and response surface methodology of desalination by reverse osmosis. *Journal of Membrane Science*, 368(1), pp.202-214.

48- R.H. Brown and I. MatinDevelopment of Artificial Neural Network Models to Predict Daily Gas Consumption, Proceedings of the 1995 IEEE IECON 21st International Conference, Orlando, 1995 Vol.2, pp.1389-1394.

49-Fardad, A., Sanaye, S., Alinia-Kashani, A., "Modeling and design optimization of natural gas transmission networks and locating Compressor Station by genetic algorithms", 7th National Energy Congress, 2009. (in Persian).

۵۰-محمد الفتی، مهدی بحیرای، فرزاد ویسی، تاثیر پارامترهای ورودی بر تخریب اکسرژی ایستگاه کاهش فشار گاز طبیعی، بیست و ششمین همایش سالانه بین المللی مهندسی مکانیک ایران، دانشگاه سمنان، اردیبهشت ۱۳۹۷.

- ۵۱-سمانه سامی، نسرين اعتصامی، امیر رحیمی، مروری بر توسعه کاربرد مفاهیم اکسرژی در ارزیابی عملکرد فرایندهای صنعتی و تجهیزات عملیاتی، فصل نامه تخصصی علمی ترویجی، پاییز ۱۳۹۶.
- ۵۲-طاهوتی، جعفری اشلقی، تحلیل اکسرژی واحد پایدارسازی میعانات گازی پالایشگاه پارس جنوبی، نشریه انرژی ایران، ۲، ۱۳۹۲.
- 53-Pooria.B, Mojtaba S.A, Optimizing output gas temperature of the pressure reducing station in Shahid Kaveh combined cycle power, Bozorgmehr University of Qaenat, 2017.
- 54-Wojciech.J.K, Pawel.S, al, Energy and Recovery in a Natural Gas Compressor Station –A Technical and Economic Analysis, Article in Mechanics and Industry, November 2015.
- 55-M.Javadzadeh, S.Khalilarya, S.Jafarmadar, Thermodynamic Evaluation of Gas Compression Station From the Point of Exergy and Energy view With an approach to Reduce Energy Consumptions and Emissions: A Case Study, Article in Mechanics and Industry, January 2015.
- ۵۶-شرکت مشاوران بهسازی، بهینه سازی مصرف انرژی در ایستگاه ها و خطوط انتقال گاز طبیعی، نوسازی انرژی (مبنا)، شرکت ملی نفت ایران، شرکت بهینه سازی مصرف سوخت، ۱۳۸۶
- ۵۷-شرکت گاز استان زنجان، بررسی کاهش مصرف انرژی در هیتر ایستگاه های تقلیل فشار گاز استان زنجان
- 58- B.E.I., Modern Power practice, system operation volume L, 3rd Edition, Pergamon press, 1991, London.

Abstract:

As we know, the growth of demand for energy consumption in each country is a function of the standard of living and public welfare of the people and the equipment and facilities available to produce and meet their needs. Today, 75% of the world's energy needs come from oil and gas. As a result of increasing energy consumption and as a result of growing demand for it on the one hand and the depletion of oil resources in the near future on the other hand and considering Iran's position among countries with rich natural gas resources the importance of this growing industry is more apparent. Becomes. In order to supply gas to different regions of the country, the gas piping system has been used and in this way the gas has been transferred to different regions. The gas reduces its pressure due to passing through the pipes, so it is necessary to do the necessary work with the help of facilities called pressure boosting stations and keep the line pressure at a certain level. In this research, Saveh and Bandar Abbas gas booster stations have been simulated and the cooling system used in Saveh facilities has been described. Also, information about Bandar Abbas facilities has been used and the monthly and annual relative efficiency of the booster station has been calculated.

Keywords: Pressure boosting station, simulation, HYSYS, gas compression, relative efficiency index, relative operational efficiency



Energy Institute of Higher Education

Optimizing and modeling energy consumption and providing a way to cool gas pressure facilities in booster stations

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement for the
Degree of Master of Science in Mechanical Engineering - Energy
Conversion Trend**

By:

Seyed Abolhasan Shahrokhi

Supervisor:

Dr. Seyed Iman Vasefi

Dr. Heydar Maddah

Spring 2021