

معرفی و مقایسه کمپرسورهای فعال در صنعت نفت ایران

محمد مهدی امیری^۱، زهره مهری^۲ پژوهشگاه صنعت نفت

چکیده

کمپرسور تجهیزاتی است برای بالا بردن فشار سیالات تراکم پذیر به منظور انتقال از نقطه‌ای به نقطه دیگر، غلبه بر اصطکاک مسیر و یا رساندن فشار به میزان مورد انتظار در هر فرایند. در صنعت نفت و گاز، از کمپرسور برای انتقال گاز (تأمین فشار لازم جهت جریان گاز و افت‌های مسیر)، تأمین فشار مخازن ذخیره تحت فشار، تزریق گاز به میدان‌های نفتی به منظور بالا بردن ضریب بهره‌وری، بالا بردن سرعت واکنش‌ها در فرایندهای شیمیایی، تصفیه گاز و تأمین هوای مورد نیاز برای تجهیزات ابزار دقیق استفاده می‌شود. با توجه به گستردگی کمپرسورهای موجود، شناخت درست و انتخاب صحیح یک کمپرسور ضمن تأمین شرایط فرایندی مورد انتظار، باعث کاهش هزینه خرید و کاهش در هزینه تعمیرات و نگهداری آن می‌شود. در مقاله حاضر، ضمن معرفی کمپرسورهای مورد استفاده در صنعت نفت، محدوده عملکردی آن‌ها از نظر اختلاف فشار و شدت جریان بیان شده و همچنین، سایر محدودیت‌های فنی در به کارگیری هر کدام ارائه می‌شود. با استفاده از راهکارهای ارائه شده و انتخاب صحیح کمپرسور، می‌توان به کاهش هزینه خرید و افزایش طول عملکرد کمپرسورها دست یافت.

واژگان کلیدی: کمپرسور، صنعت نفت، سیالات تراکم پذیر، تجهیزات دوار

مقدمه

علاوه بر نوع جریان، طراحی بر اساس محدوده‌های خاصی که از نظر نسبت تراکم و شدت جریان گاز در مراجع وجود دارد، نوع خاصی از کمپرسور را برای هدف مورد نظر انتخاب می‌کنند. کمپرسورهای مورد استفاده در صنایع مختلف باید در شرایط کاری تعریف شده عملکرد بهینه‌ای داشته باشند. با توجه به اینکه عملکرد مفید یک کمپرسور تنها در بازه‌ی محدودی است و همچنین تحت تأثیر عوامل دیگری نیز قرار دارد، کنترل عملکرد آن فرایند پیچیده‌ای است. در جریان‌های جرمی بالا، رسیدن سرعت سیال به سرعت صوت

مولکولی ۲ تا گازهایی با وزن مولکولی ۴۰۰ را تراکم کنند. کمپرسورها بر اساس مکانیزم اعمال انرژی به گاز، به دو گروه عمده کمپرسورهای جابجایی مثبت^۱ و دینامیکی تقسیم می‌شوند. همچنین می‌توان کمپرسورها را بر مبنای جریان ورودی به صورت زیر طبقه‌بندی کرد:

جریان غیر پیوسته }
 رفت و برگشتی^۲
 دوار یا پیچشی^۳
 جریان پیوسته }
 دینامیکی }
 جریان شعاعی^۴
 جریان محوری^۵
 جریان مختلط^۶
 اجکتورها^۷

کمپرسور تجهیزاتی است برای بالا بردن فشار، انتقال از نقطه‌ای به نقطه دیگر، غلبه بر اصطکاک مسیر و یا رساندن فشار سیالات تراکم پذیر به میزان مورد انتظار در هر فرایند. برای نمونه، در صنعت نفت و گاز، از کمپرسور برای تأمین فشار لازم جهت جریان گاز، تأمین فشار مخازن ذخیره تحت فشار، تزریق گاز به میدان‌های نفتی، بالا بردن سرعت واکنش‌ها در فرایندهای شیمیایی، تصفیه گاز و تأمین هوای مورد نیاز برای تجهیزات ابزار دقیق استفاده می‌شود. کمپرسورها قادرند طیف وسیعی از گازها، از هیدروژن با وزن

*نویسنده‌ی عهده‌دار مکاتبات (amirimm@ripi.ir)

و پدیده چوک از جمله عوامل محدودیت است [۱]. حال آنکه در جریان‌های جرمی پایین، وجود دو نوع ناپایداری سبب محدود شدن ناحیه عملکرد کمپرسور می‌شود [۲] و [۳]. پایداری در کمپرسورها به معنی توانایی کمپرسور در غلبه بر اغتشاشاتی است که ممکن است پیرامون نقطه‌ی عملکرد آن پدید آید. این اغتشاشات ممکن است به صورت اغتشاش گذرا، در نقطه‌ی عملکرد باشد. در این صورت، سیستم در دو حالت پایدار خواهد ماند: در حالت نخست کمپرسور پایدار است، اگر به نقطه‌ی عملکرد اولیه‌ی خود بازگردد و در حالت دوم، سیستم پایدار است، اگر از حالت تعادل اولیه به حالت تعادل دیگری برسد [۴]. برای نمونه، در نیروگاه‌های گازی که در آنها اتاق احتراق و توربین به کمپرسور متصل است، حالت نخست هنگامی اتفاق می‌افتد که اجزای جفت شده سبب ایجاد تغییری گذرا در جریان جرمی عبوری شوند. حالت دوم هنگامی روی می‌دهد که سرعت یا بار گرفته شده از توربین گاز تغییر کند. بنابراین، به‌طور کلی، عملکرد پایدار یک سیستم تراکمی به دو عامل بستگی دارد: یکی منحنی مشخصه‌ی سیستم تراکمی و دیگری منحنی مشخصه‌ی وسایل و سیستم‌های پایین دستی جفت شده با آن. همان‌طور که پیش از این نیز گفته شد، عملکرد پایدار یک کمپرسور محوری و یا گریز از مرکز در سرعت‌های بالا و پایین محدود است، زیرا اجزای کمپرسور در این سرعت‌ها، سبب خفگی و ایجاد شوک در آن می‌شوند. از طرف دیگر، با کاهش جریان عبوری از کمپرسور، ناپایداری‌هایی در جریان، مانند پدیده‌ی سرچ در کمپرسورهای سانترفیوژ روی می‌دهد [۵].

۱- کمپرسورهای پیچشی

کمپرسورهای پیچشی از نوع کمپرسورهای

جابجایی مثبت بوده و افزایش فشار در آنها از طریق کاهش حجم صورت می‌گیرد (شکل-۱). عملکرد کمپرسورهای پیچشی با فشار مکش اتمسفریک از حدود ۳ بار (تک مرحله) تا حدود ۱۷ بار (چند مرحله) بوده و شدت جریان ورودی به آن از ۸۵۰ تا ۶۰۰۰۰ متر مکعب در ساعت است. این کمپرسورها از لحاظ محدوده‌ی کاربرد مابین کمپرسورهای رفت و برگشتی و سانترفیوژ قرار دارند و دارای قیمت کمتری نسبت به آن دو در یک محدوده عملکردی می‌باشند. راندمان این کمپرسورها در محدوده ۷۵ تا ۸۵ درصد قرار دارد.

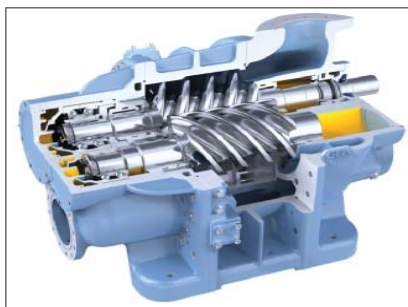
این کمپرسورها می‌توانند گازهای دارای پلیمر و قیر را فشرده کنند که در این شرایط، راندمان بالاتری نسبت به گاز خالص دارند. از کمپرسور پیچشی برای فشرده کردن گاز در یک فرایند، انتقال نیرو، غلبه بر اصطکاک در خطوط انتقال گاز، ثابت نگه داشتن گاز در سیستم‌هایی که احتمال نشتی در آنها وجود دارد و ... استفاده می‌شود. دسته‌بندی کمپرسورهای پیچشی در شکل-۲ نشان داده شده است. در این دسته از کمپرسورها به وسیله محبوس کردن گاز ورودی و کاهش حجم آن توسط یک عضو متراکم کننده، فشار گاز افزایش می‌یابد. عمل تراکم گاز در کمپرسورهای رفت و برگشتی به وسیله پیستون انجام می‌شود، در حالی که در کمپرسورهای پیچشی، مارپیچه‌ای به نام نر^۱ این وظیفه را بر عهده دارد. کار مارپیچه نر در کمپرسورهای پیچشی دقیقاً مانند وظیفه پیستون در کمپرسورهای رفت و برگشتی است. در کمپرسورهای رفت و برگشتی، ظرف حاوی گاز، سیلندر است در صورتی که در کمپرسورهای پیچشی، ظرف حاوی گاز، مارپیچه‌ای است به نام ماده^۲. گاز، ابتدا بر روی مارپیچه ماده قرار می‌گیرد و سپس با شروع به کار کمپرسور، حرکت از طریق یک موتور الکتریکی و یا توربین به مارپیچه نر منتقل شده

و با چرخش آن، مارپیچه ماده نیز به چرخش درمی‌آید. برآمدگی‌های روی مارپیچه نر به تناوب درون مارپیچه ماده حرکت کرده و به تدریج حجم گاز محبوس شده موجود در شیارها کاهش می‌یابد. این کاهش حجم، سبب افزایش فشار گاز می‌شود. تراکم گاز تا زمانی که گاز طول مارپیچه را طی کند، ادامه یافته و از طریق مجرای خروجی، گاز متراکم شده خارج می‌شود. هر کدام از شیارهای مارپیچه‌ی ماده به ترتیب به مجرای خروجی می‌رسند و گاز فشرده شده را درون مجرای خروجی تخلیه کرده و مجدداً از هوای کم‌فشار پُر می‌شوند و این سیکل به تناوب تکرار می‌گردد. در شکل-۳ دو مارپیچه نر و ماده نشان داده شده است.

مارپیچه‌ی نر، ضخیم‌تر است و متصل به موتور محرک می‌باشد. مارپیچه‌ی ماده، مارپیچه‌ی نازک‌تر بوده و با نیروی مارپیچه‌ی نر حرکت می‌کند.

۲- کمپرسور رفت و برگشتی

کمپرسورهای رفت و برگشتی از نوع کمپرسورهای جابجایی مثبت هستند که در آنها تراکم گاز در سیلندر و از طریق رفت و برگشت پیستون انجام می‌گیرد (شکل-۴). کمپرسورهای رفت و برگشتی از جمله قدیمی‌ترین کمپرسورها بوده و در میان کمپرسورهای کوچک و متوسط جایگاه ویژه‌ای دارند. در این گروه از کمپرسورها، تراکم گاز توسط کاهش حجم صورت



شکل ۱ | نمای از یک کمپرسور پیچشی

صورت می‌گیرد. باید توجه داشت که در اثر اعمال فشار به گاز، دمای آن بالا رفته و در صورتی که همین گاز، بدون تغییر دما وارد مرحله بعدی شود، راندمان کاری کمپرسور بسیار کاهش یافته و علاوه بر این، می‌تواند مشکلات دیگری را نیز در کمپرسور ایجاد نماید.

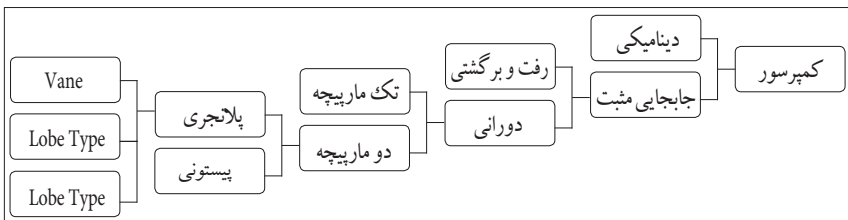
به همین دلیل لازم است بعد از هر مرحله تراکم و قبل از مرحله بعد، دمای گاز به نحوی کاهش یابد. استفاده از خنک کننده‌های هوایی^۱ و مبدل^{۱۱} برای این کار مرسوم بوده و بسیار مورد استفاده قرار می‌گیرند.

گاز متراکم شده در هر مرحله با خنک شدن در این دستگاه‌ها قابلیت تراکم تا فشارهای بالاتر را نیز پیدا خواهد کرد. کمپرسورهای پیستونی در فشارهای و وزن‌های مولکولی متغیر به راحتی کار می‌کنند اما نیاز به تعمیرات بیشتر و زیرساخت‌های بزرگ و پرهزینه، استفاده از این ماشین‌ها را محدود می‌کند. این کمپرسورها قادرند فشارهای بالا را با مقدار جریان اندک تأمین کنند. بنابراین، کاربرد اصلی این کمپرسورها برای ایجاد فشارهای خیلی بالاست. به طور معمول، در بهترین حالت، راندمان کمپرسورهای رفت و برگشتی از بازدهی کمپرسورهای ساترفیوژ و پیچشی کمتر است. مکش گاز و تخلیه گاز متراکم شده از طریق شیرهای تخلیه^{۱۲} و اصطکاک‌های ایجاد شده از جمله عوامل موثر در کاهش بازدهی در این نوع کمپرسورها می‌باشد. یکی دیگر از عوامل پایین بودن بازده این کمپرسورها، کوچک بودن اندازه آن‌هاست. در کمپرسورهای کوچک‌تر، نسبت بیشتری از انرژی ورودی

این روش کارکرد می‌تواند مشکلاتی برای موتور ایجاد کند و راندمان را در کل پایین بیاورد. برای حل این مشکل عمل تراکم باید هم در مسیر رفت و هم در مسیر برگشت انجام گیرد. روش معمول برای این کار استفاده از دو پیستون در دو جهت مختلف است، به این دسته از کمپرسورها، Double Acting می‌گویند. روش کار کمپرسورهای Double Acting به این صورت است که هنگامی که یک پیستون در حال تراکم است، پیستون دیگر در حال مکش بوده و برعکس. کمپرسورهای چند مرحله‌ای یا Double Acting در بین کمپرسورهای رفت و برگشتی دارای بالاترین بازدهی بوده و انواع مختلفی از این کمپرسورها با توان‌های مختلف ساخته شده است (شکل-۶). این دسته از کمپرسورها دارای بالاترین بازدهی و بالاترین قیمت در بین کمپرسورها هستند. در صورتی که فشار مورد نیاز برای گاز خروجی بالا باشد، استفاده از یک مرحله تراکم ممکن نیست. راه‌حل پیشنهادی در این مورد، استفاده از دو یا چند کمپرسور پشت سر هم است به طوری که خروجی متراکم شده در هر کمپرسور وارد کمپرسور بعدی شود. این روش، معمول بوده و کاربردی است اما به دلیل هزینه بالای کمپرسور، طراحان ترجیح می‌دهند تا جایی که ممکن است، مراحل تراکم را در تعداد کمتری کمپرسور قرار دهند. به طور مثال، زمانی که نیاز به دو کمپرسور برای انجام دو مرحله تراکم است، دو مرحله را در یک کمپرسور قرار داده و به این ترتیب، صرفه‌جویی قابل ملاحظه‌ای در هزینه ساخت کمپرسور

می‌گیرد. کمپرسور رفت و برگشتی، از نظر تعداد مورد استفاده در صنعت نفت، نسبت به انواع دیگر کمپرسورها در رتبه نخست قرار دارد. در شکل-۵ دسته‌بندی کمپرسورهای رفت و برگشتی نشان داده شده است. این کمپرسورها برای تمام فشارها از خلا تا حدود ۶۵۰۰ بار مناسب هستند و نیز برای مقادیر جریان از ۸۸ متر مکعب بر ساعت تا ۱۷۰۰۰ متر مکعب بر ساعت به ازای هر سیلندر طراحی و ساخته می‌شوند. بازدهی این نوع کمپرسور بین ۸۰ تا ۹۰ درصد است و برای نسبت‌های تراکم بالاتر از ۵، بیشترین بازدهی را نسبت به دیگر انواع کمپرسور دارد.

علی‌رغم مزایای زیاد، این کمپرسورها از محدودیت‌هایی نیز برخوردار می‌باشند؛ در صورت استفاده از کمپرسورهای رفت و برگشتی برای سرویس با جریان پیوسته با حجم زیاد، معمولاً بیش از یک کمپرسور نیاز خواهد بود. کمپرسورهای رفت و برگشتی غالباً بزرگ و گران‌بها هستند و هزینه تعمیرات و نگهداری آن‌ها بالاست. این کمپرسورها برای جابجایی گازهای دارای ذرات جامد، ذرات ساینده و خورنده، به علت احتمال نفوذ ذرات به فضای بین سیلندر و پیستون، دارای محدودیت می‌باشند. همچنین، با توجه به نیروهای لرزشی بالا، کمپرسورهای رفت و برگشتی نیاز به فوندانسیون‌های بزرگی دارند. در این گروه از کمپرسورها، رفت و برگشت پیستون، عمل تراکم را انجام می‌دهد. در این حالت، موتور، تنها در نصف دوره تحت بار قرار دارد و در نیمه بعدی، بدون بار کار می‌کند.



شکل ۳ | دو مارپیچه تر و ماده

شکل ۲ | دسته‌بندی کمپرسورهای پیچشی



به کمپرسور، صرف اصطکاک ایجاد شده در آن می‌شود. به‌طور کلی، این نوع کمپرسورها قابل استفاده برای انواع سیستم‌های تبرید بوده که یکی از دلایل عمده آن، قابلیت کار این نوع از کمپرسورها در فشارهای متوسط و بالاست. کمپرسورهای چند مرحله‌ای کاربرد بیشتری نسبت به کمپرسورهای یک مرحله‌ای دارند. بحث ایجاد حرارت در اثر تراکم، از اهمیت خاصی برخوردار است که برای رساندن بازدهی کمپرسور به حد قابل قبول، باید به آن توجه کافی شود.

۳- کمپرسور سانترفیوژ

کمپرسور سانترفیوژ از نوع کمپرسورهای دینامیکی است و در آن، انتقال انرژی از طریق مجموعه‌ای از پره‌های دوار به صورت ترکیبی از فشار و سرعت در آمده و تبدیل بیشتر سرعت به فشار، بعد از خروج پره‌های پروانه در جزء ثابت موسوم به دیفیوزر انجام می‌پذیرد (شکل ۷-). کمپرسورهای سانترفیوژ از نظر تعداد مورد استفاده در صنایع، پس از کمپرسورهای رفت و برگشتی در ردیف دوم هستند و راندمان آن‌ها بین ۶۸ تا ۷۶ درصد قرار دارد. محدوده ظرفیتشان ۱۷۰۰ تا ۳۴۰۰۰۰ مترمکعب در ساعت و فشارهای خروجی ۰/۷ تا ۷۰۰ بار می‌باشد. حد پایین فشار به نوع تک مرحله یا دمنده و حد بالای فشار به کمپرسورهای تقویت کننده و یا چند مرحله منسوب می‌شود. امکان آلودگی گاز با روغن در آن‌ها وجود نداشته و هزینه تعمیرات و هزینه اولیه برای شرایط عملیاتی مشابه، پایین تر از نوع رفت و برگشتی است.

بهره‌روی برای تزریق مجدد گاز، از کمپرسورهای سانترفیوژ استفاده می‌شود. برای این منظور نیز از کمپرسورهای چند مرحله‌ای، تک‌محوره استفاده می‌گردد. به علت اینکه فشار خروجی این کمپرسورها به ۷۰۰ بار می‌رسد، لازم است تا آن‌ها دارای محفظه‌ای بشکه‌ای شکل باشند.

۴- مسیر گاز در کمپرسور دو مرحله‌ای

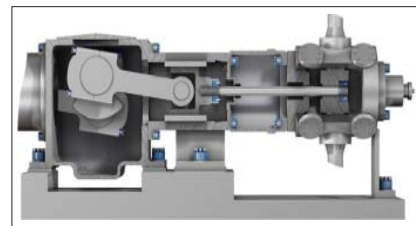
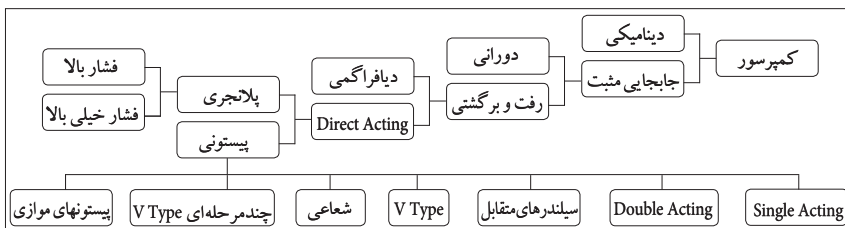
در شکل ۹- تصویر شماتیک از فرایند فشرده شدن گاز در یک کمپرسور پیچشی دو مرحله‌ای از نوع Oil-Flooded به همراه مسیرهای خنک کاری، روغن کاری و برخی از سیستم‌های کنترلی نشان داده شده است. در این کمپرسور ابتدا گاز به جداکننده-۱ که به‌عنوان مخزن آب‌گیر عمل می‌کند، وارد می‌شود. در مواردی که سیال فرایندی هوا باشد، به‌جای مخزن آب‌گیر از خشک‌کن استفاده می‌شود.

در ورودی کمپرسورها برای جدا کردن آلودگی‌های احتمالی، چند عدد فیلتر تعبیه می‌شود. در کمپرسورهای چند مرحله‌ای به‌علت اینکه گاز خروجی از مرحله اول حاوی مقداری روغن است، گاز خروجی از مرحله اول ابتدا وارد کولر-۱ شده و پس از آن وارد جداکننده-۲ می‌شود. گاز سرد شده حاوی مقداری میعانات است. بنابراین، در مرحله بعد وارد جداکننده-۳ می‌شود تا میعانات همراه آن کاهش یابد. این گاز برای فشرده شدن بیشتر وارد مرحله دوم کمپرسور شده و پس از آن، برای جدا شدن روغن همراه، وارد جداکننده-۴ و سپس کولر-۲

این کمپرسورها نیاز به فوندانسیون سنگین ندارند و به مدت سه سال یا بیشتر می‌توانند به طور دائم کار کنند. در شکل ۸- دسته‌بندی کمپرسورهای سانترفیوژ نشان داده شده است.

در توربین‌های گازی مدرن که بر مبنای چرخه برایتون کار می‌کنند، از کمپرسور سانترفیوژ استفاده می‌شود. در موتور خودروهایی دیزل و برخی خودروهای سواری از کمپرسور سانترفیوژ به‌عنوان توربوشارژر و سوپرشارژر استفاده می‌گردد. برای انتقال گاز در خطوط لوله و انتقال آن از محل تولید به محل مصرف، کمپرسورهای سانترفیوژ مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این موارد، کمپرسورها یک یا چند مرحله‌ای هستند و به وسیله توربین‌های گاز بزرگ به حرکت درمی‌آیند. ضخامت پوسته این کمپرسورها به علت الزامات موجود در استانداردهای API و یا ASME زیاد است که این مسأله ایمنی تجهیزات در کارکرد را تضمین می‌کند. پروانه این کمپرسورها مانند پروانه‌ی اکثر پمپ‌ها پوشیده است و برای راه‌اندازی آن‌ها معمولاً به توان چندین هزار اسب بخار نیاز است. داشتن مشخصات واقعی گاز برای طراحی، تست و تحلیل عملکرد این کمپرسورها ضروری است. در مجتمع‌های پتروشیمی، پالایشگاه‌ها و مجتمع‌های فرایندی گاز طبیعی، از کمپرسورهای سانترفیوژ چند مرحله‌ای استفاده می‌شود که تمامی طبقات آن بر روی یک محور قرار دارند. این کمپرسورها دارای محفظه بشکه‌ای و یا افقی هستند.

در میدان‌های نفتی، برای بالا بردن ضریب



می‌شود. برای جداسازی میعانات ناشی از سرد شدن، گاز از جداکننده-۵ نیز عبور داده شده و سپس به سمت خطوط لوله هدایت می‌شود. باید توجه داشت در مواردی که کمپرسور از نوع خشک باشد، گاز خروجی از هر مرحله مستقیماً وارد کولر بعد از خود می‌شود.

۴-۱-۱- اتاقک صداگیر

به علت سر و صدای زیاد کمپرسورها، به‌ویژه کمپرسورهای پیچشی، در هنگام کارکرد و ایجاد آلودگی صوتی، کمپرسور در یک اتاقک صداگیر نصب می‌شود.



شکل ۶ | کمپرسور رفت و برگشتی Double Acting و یا چند مرحله‌ای

۴-۲- شیرهای هواگیری و تخلیه میعانات

در مخازن جداسازی که برای جداسازی میعانات در نظر گرفته می‌شود، شیرهای تخلیه تعبیه می‌شود.

۴-۳- سیستم روانکاری

اصطکاک ایجاد شده در برخورد اجزا متحرک و ثابت از جمله در یاتاقان‌ها سبب فرسودگی اجزا و گرم شدن آن‌ها می‌شود. در کمپرسورهای Oil-Flooded، روغن روانکاری اغلب از سیستم روغنی که به محفظه کمپرسور تزریق می‌شود، تغذیه می‌گردد. در این سیستم، روغن از مخزن حاوی آن که در واقع جداکننده گاز و



شکل ۷ | کمپرسور سانترفیوژ

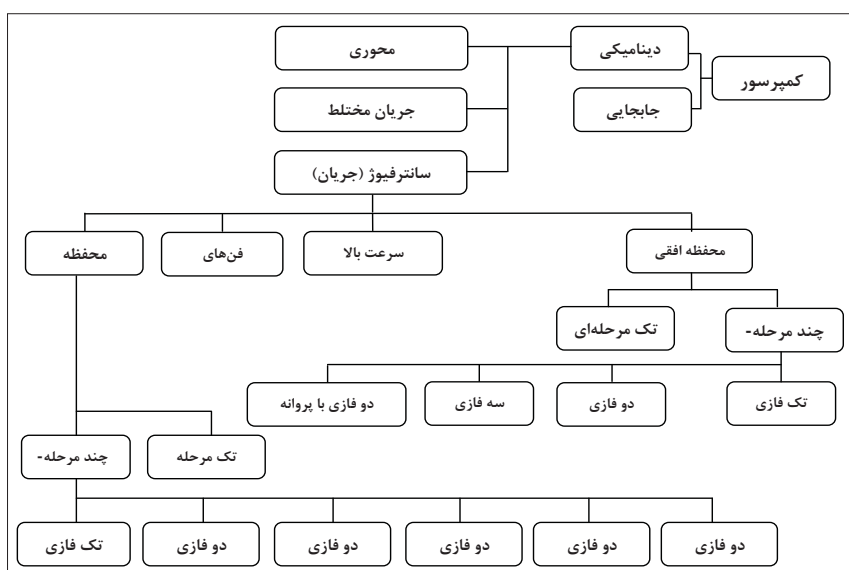
روغن است، به کولر روغن پمپ می‌شود تا دمای آن تا حد مناسبی سرد شود. سپس، برای تمیزی و رفع آلودگی‌های احتمالی، وارد فیلتر شده و پس از آن، به قسمت‌هایی که باید روغنکاری شود، فرستاده می‌شود. در برخی موارد، برای آب‌بندی نیز از روغن استفاده می‌شود. در این گونه موارد لازم است برای روغن، آب‌بندی سیستمی مشابه با سیستم روغن روانکاری در نظر گرفته شود.

۴-۴- سیستم خنک کاری

در هر کمپرسور از جمله کمپرسورهای رفت و برگشتی، برای سرد کردن گاز یا روغن، سیستم خنک کاری تعبیه می‌شود. برای این منظور، مسیرهایی برای خنک‌کننده مورد نیاز در کولرهای خنک‌کننده گاز و روغن در نظر گرفته می‌شود. به‌علاوه در کمپرسورهای رفت و برگشتی، بر اثر فشردن شدن گاز در داخل سیلندر، دمای سیلندر و پیستون بالا می‌رود و برای خنک کردن آن‌ها نیز اغلب از آب خنک کاری استفاده می‌شود. اجزا متحرک در داخل سرسیلندر و محفظه میل لنگ به دلیل وجود اصطکاک گرم می‌شوند. در نتیجه، برای خنک کردن آن‌ها نیز مسیر آب خنک‌کننده‌ی جدایی در نظر گرفته می‌شود.

۴-۵- سیستم کنترلی

تجهیزات کنترلی یکی از بخش‌های اساسی در هر کمپرسور است که کنترل کارکرد صحیح آن را به‌عهده دارند. برخی از این اجزا فقط نشانگرهایی هستند که مقدار متغیر موردنظر مانند دما، فشار و شدت جریان را نشان می‌دهد. برخی دیگر از این اجزا، ابزارهای کنترلی هستند که علاوه بر نشان دادن متغیر مورد نظر، کنترل آن را نیز انجام می‌دهند. در پایان، خلاصه‌ای مقایسه‌ای از مشخصات انواع کمپرسورها در جدول-۱ آمده است.

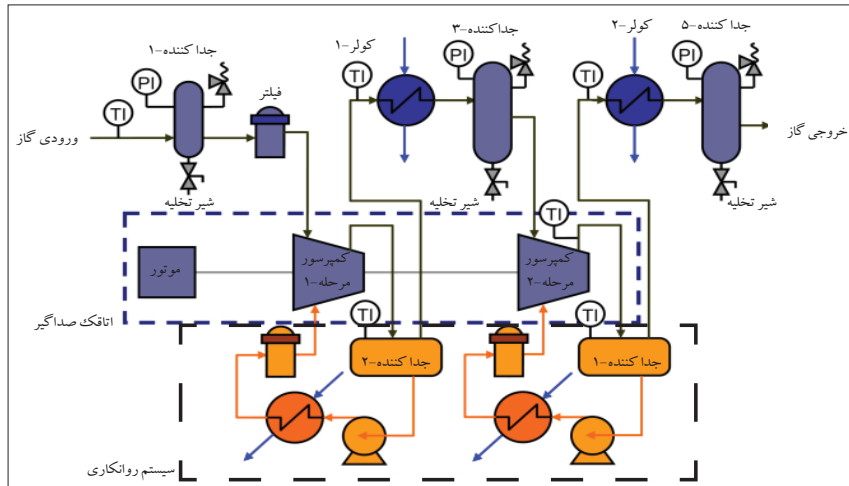


شکل ۸ | دسته‌بندی کمپرسورهای سانترفیوژ



جمع‌بندی

کمپرسور جزو تجهیزات حساس و گران‌قیمت پلان‌های نفت و گاز است و انتخاب بدون مطالعه آن‌ها سبب وارد آمدن هزینه‌های بسیار می‌گردد. در مقاله حاضر سه گروه از کمپرسورها که در صنعت نفت ایران مورد استفاده قرار می‌گیرند، معرفی شدند؛ این سه گروه عبارتند از: کمپرسورهای مارپیچی، کمپرسورهای رفت و برگشتی و کمپرسورهای سانترفیوژ. برای این سه دسته، محدوده‌های فشار و شدت جریان قابل انتظار بیان شد و همچنین محدودیت‌های فنی به کارگیری هر کدام مقایسه گردید. در ادامه، انواع مختلف هر کدام از این کمپرسورها ارائه شد که شناخت صحیح و به کارگیری مناسب آن‌ها سبب کاهش هزینه راه‌اندازی و افزایش طول عمر موردانتظار کمپرسور می‌گردد. علاوه بر این، به دلیل آنکه اکثر کمپرسورهای صنعت نفت دو مرحله‌ای هستند، مسیر گاز در کمپرسورهای دو مرحله ارائه و قسمت‌های مختلف آن تشریح گردید.



شکل ۹ | نمایی از مراحل گردش گاز در یک کمپرسور دو مرحله‌ای

جدول ۱ | مقایسه انواع کمپرسور

نوع کمپرسور	محدوده فشار خروجی (bar)	محدوده شدت جریان (m ³ /hr)	قیمت	محدوده راندمان (درصد)	رتبه براساس میزان کاربری در صنعت نفت
رفت و برگشتی	۶۵۰۰ - ۰	۱۷۰۰۰ - ۸۸	گران بها	۹۰ - ۸۰	اول
سانترفیوژ	۷۰۰ - ۰/۷	۳۴۰۰۰۰ - ۱۷۰۰	متوسط	۷۶ - ۶۸	دوم
پیچشی	۱۷ - ۳	۶۰۰۰۰ - ۸۵۰	ارزانتر	۸۵ - ۷۵	سوم

پانویس‌ها

- 1 Positive Displacement
- 2 Reciprocating
- 3 Screw
- 4 Centrifugal
- 5 Axial Flow
- 6 Mixed Flow
- 7 Ejectors
- 8 Male
- 9 Female
- 10 Air Cooler
- 11 Heat Exchanger
- 12 Discharge Valve

منابع

[1] J. T. Gravdahl, O. Egeland, "compressor surge and rotating stall modeling and control", Springer 1999.

[2] F. k. moor, E. M. Greitzer, "Athory of post – stall transients in a axial compressor system, part 1-development of Equation", journal of Engineering for gas turbine and power 108, 68-76.

[3] F. willems, W. P. M. heemels, B. d. Jager, A. Stoorvogel, "Positive feedback stabilization of centrifugal compressor surge", Journal of engineering 2001.

[4] افتاری، محمد و همکاران، " بررسی پدیدهٔ سرج در کمپرسورها و روشهای کنترل آن"، مهندسی مکانیک، شماره ۷۶، سال بیستم ۱۳۹۰.

[5] J. T. Gravdahl, O. Egeland, S. O. Vatland, "Drive torque actuation surge control of centrifugal compressor", Journal of engineering 2002.