

فصل اول

آشنایی با سیستم سوخت رسانی CNG

۱-۱ مقدمه

به علت خواص احتراق خیلی عالی گاز طبیعی، تمیزی، ایمنی و ارزانی این سوخت، استفاده از آن در صنایع به ویژه صنایع خودروسازی بسیار حائز اهمیت است. بنابراین با توجه به نیاز تکنولوژی روز می توان با بررسی کامل سیستم سوخت رسانی CNG و نحوه کارکرد خودروهای گاز طبیعی، در جهت بهبود این سیستم و پیشرفت و توسعه روز افزون آن در کشور گام برداشت. تجهیزات عمده این سیستم شامل درایر، کمپرسور، مخازن و دستگاه توزیع کننده می باشد. این تجهیزات با کنترل دقیق از طریق PLC و عوامل دیگر، انتقال ایمن گاز به خودرو را بدون استفاده از هیچ پمپی و با استفاده از اختلاف فشار به وجود آمده بین مخازن ذخیره جایگاه و مخزن خودرو انجام می دهند.

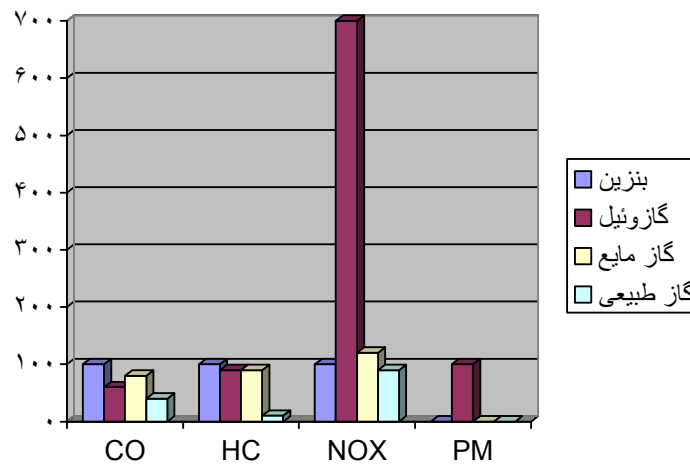
۱-۲ CNG (گاز طبیعی متراکم)

گاز طبیعی ترکیبی از متان، اتان، پروپان، بوتان و... می باشد. این گاز، در بالای تجزیه های نفت خام در پالایشگاه ها وجود دارد و اغلب بدون استفاده هدر می رود و یا در فرآیند بهره برداری نفت می سوزد، که هزینه های زیادی را در بردارد. وقتی گاز می سوزد، مانع از رسیدن متان به اتمسفر می شود، لذا با توجه به اینکه دی اکسید کربن داخل اتمسفر ضرر کمتری نسبت به متان دارد، اثر استفاده از گاز طبیعی بسیار مشهود خواهد بود. گاز طبیعی آلودگی هوای کمتری نسبت به هر سوخت فسیلی دیگر تولید می کند و این خاصیت باعث گسترش استفاده این سوخت با ارزش گردیده است. استفاده از خودروهای

CNG، از صدور مونوکسید کربن می کاهد، چنانچه ٪ ۹۳ اکسید نیتروژن را به حدود٪ ۳۳ درصد کاهش داده و نیز هیدروکربنها با استفاده از گاز طبیعی، به حدود ٪ ۵۰ نزول می کنند. قابل ذکر است که گاز طبیعی بر خلاف سایر سوخت ها هیچ ذره سرطان زایی ساطع نمی کند، چنانچه کمترین مقدار انتشار ذرات آلوده کننده و خطرناکی از جمله مونوکسید کربن، هیدروکربن، NOX، نسبت به سوخت های مایع از قبیل بنزین، گازوئیل و گازمایع دارد. درجدول ۱-۱ به مقایسه خواص گاز طبیعی و سوخت های مایع و در شکل ۱-۱ به مقایسه ذرات ساطع کننده از خودروهای مربوط به این سوخت ها پرداخته شده است.

جدول ۱-۱ مقایسه خواص گاز طبیعی با سوخت های مایع

| گازوئیل | بنزین | گاز طبیعی | خواص سوخت |
|-----------------|-----------------|--------------------------------|---------------------|
| ۲۰۰ | ۱۰۰ - ۱۰۵ | ۱۶ | وزن مولکولی |
| ۰ | ۰ | ۹۵ - ۹۷ | درصد مقدار متان |
| ۸۴ - ۸۷ | ۸۵ - ۸۸ | ۷۵ | ترکیبات سوخت، وزن ٪ |
| | | | کربن |
| | | | هیدروژن |
| ۱۳ - ۱۶ | ۱۲ - ۱۵ | ۲۵ | اکسیژن |
| ۰ | ۰ - ۴ | ۰ | |
| ۶/۷ - ۷/۴ | ۶/۰ - ۶/۵ | ۵/۱ - ۵/۸ | وزن، lb/gal |
| ۳۰۰ - ۶۵۰ | ۸۰ - ۴۳۷ | -۲۶۰ | نقطه جوش، °F |
| ۱۲۴۰۰۰ - ۱۳۰۰۰۰ | ۱۰۹۰۰۰ - ۱۱۹۰۰۰ | ۹۲۵ - ۹۵۰ | ارزش گرمایی، Btu |
| Per gallon | Per gallon | در هر Scf (فوت مکعب استاندارد) | |
| NA | ۸۷ - ۹۳ | ۱۳۰ | عدد اکتان |
| ۴۸۰ | ۴۹۵ | ۱۰۰۴ | دمای احتراق، °F |



شکل ۱-۱ مقایسه انتشار ذرات آلوده کننده از خودروهای گاز طبیعی،

بنزینی، گازوئیلی و گاز مایع

سوخت CNG از جمله سوختهای تمیز تلقی می شود، در نتیجه هزینه های تولید و نگهداری آن پایین می باشد. عدد اکتان^۱ CNG، ۱۳۰ می باشد که به طور قابل توجهی از عدد اکتان بنزین (۹۳) بالاتر می باشد. با استفاده از CNG، خودروها توانایی استفاده از دو مخزن سوخت را دارند. لذا با یک سوئیچ می توانند بنزین یا گاز را مورد استفاده قرار دهند.

با توجه به موارد ذکر شده می توان گفت خودروهای CNG بهره برداری انرژی بیشتری نسبت به سایر خودرو ها دارند. علاوه بر استفاده گاز طبیعی در خودروها می توان از آن در تولید الکتریسیته و گرم کردن خانه ها و ساختمان های تجاری بهره برد. CNG (گاز طبیعی متراکم) که در مخزن داخل خودرو به کار می رود، با فشار بالا (۳۰۰۰ psig یا ۲۰/۷ Mpa) متراکم می شود، تا بیشترین تأثیر را در کوچک کردن محفظه مخزن موجود در خودروی گاز طبیعی (NGV) داشته باشد.

۱- Octane Number

مزایا:

- فراوانی منابع
- کاهش اتلاف انرژی در خودروها
- توسعه خودروهای پیشرفته
- کاهش هزینه های تعمیر و نگهداری موتور
- قیمت پایین

معایب:

- افت تولید
- از منابع تمام شدنی
- نیاز به ایجاد جایگاههای سوخت گیری
- موتور گران

همانطور که اشاره شد، گاز طبیعی سوخت خیلی تمیزی می باشد، چنانچه از جمله سوخت های درجه یک محسوب می شود.

در کنفرانس جهانی انرژی توکیو ۱۹۹۶ مزایای آن را به صورت زیر ذکر کردند:

- گاز طبیعی خواص احتراق خیلی عالی دارد.
- گاز طبیعی سوخت ایمنی است. (سبکتر از هوا و دمای احتراق بالاتر از آن)
- گاز طبیعی سوخت تمیزی می باشد. (بدون سولفور، نارسانا، عدم ذرات ناخالصی، وجود CO و Nox و HC اندک، که در جدول ۱-۲ مقدار ذرات ساطع کننده از خودروهای سنگین از قبیل اتوبوس آورده شده است.)
- گاز طبیعی ذخایر زیادی دارد و سرتاسر جهان یافت می شود.
- گاز طبیعی سوخت استراتژیکی است.
- گاز طبیعی ارزان است.

جدول ۱-۲ ذرات ساطع کننده (gr/Mj) از خودروهای سنگین CNG

| ذرات ساطع کننده (gr/Mj) | گاز |
|-------------------------|------------------|
| ۵۴/۴ | CO _۲ |
| ۱۰۱ | CH _۴ |
| ۰/۰۰۱ | N _۲ O |
| ۱/۲ | NOX |
| ۰/۲ | CO |
| ۰/۰۱ | NMVOC |

۱-۳ اصول خودروهای گاز طبیعی

گاز طبیعی که در خودروها به کار برده می شود، تفاوت چندانی با گاز طبیعی مورد استفاده در منازل مسکونی و مغازه های تجاری ندارد، جز اینکه با فشار بالا به منظور ذخیره سازی و کاهش حجم متراکم می شود.

گاز طبیعی متراکم شده (CNG) گازی است که با فشاری در محدوده ۳۰۰۰ تا ۳۶۰۰ psig (و یا ۲۰/۷ تا ۲۴/۸ Mpa) متراکم می شود. با استفاده از دستگاه توزیع کننده گاز طبیعی وارد خودروها می شود، که می تواند بر اساس مقدار جرم تحویل داده شده (به کیلوگرم) یا با لیتر معادل بنزین (به GLE: مقدار انرژی معادل تراکم برای بنزین) و یا با اکتان بین ۱۲۲ تا ۱۳۰ صورت بگیرد.

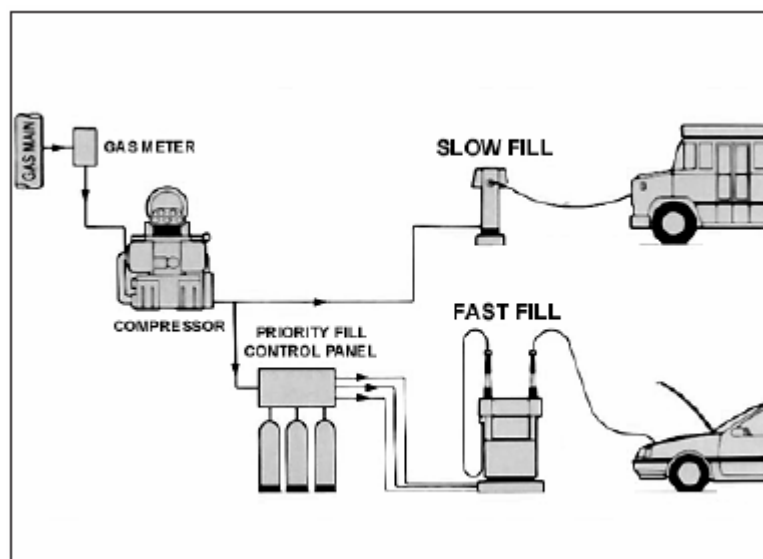
بسیاری از انواع خودروهای گاز طبیعی شامل مدل های تک سوختی و دو سوختی می باشند، به طوریکه مکانیزم موتورهای آنها با هم متمایز هستند. جهت ذخیره سازی CNG می توان از انواع مختلف مخازن تنظیم فشار^۱ استاندارد استفاده کرد، که از آن جمله می توان به دو استاندارد NGV در کانادا و آمریکا اشاره کرد.

^۱-Pressurized Vessels

سیستم توزیع کننده به خودرو های گاز طبیعی به دو صورت عمل می نماید:

(۱) سوخت رسانی یا پر کردن سریع^۱ که در آن سوخت با زمانی مشابه سیستم های بنزینی و یا گازوئیلی توزیع می شود.

(۲) سوخت رسانی کند^۲ یا زمان بندی شده که در آن خودرو ها در زمان معین و طولانی پر می شوند. قابل ذکر است که این سیستم در حال حاضر به ندرت مورد استفاده قرار می گیرد. این دو سیستم در شکل زیر نمایش داده شده اند.



شکل ۱-۲ انواع توزیع سوخت CNG به خودروها

۴-۱ بررسی ایستگاه سوخت رسانی CNG

۱-۴-۱ تعاریف و اصول ایستگاه

ایستگاه CNG، در اصطلاح مکانی است که شامل تجهیزات به هم پیوسته ای می شود به طوریکه این تجهیزات برای تراکم گاز طبیعی با فشار بالا و انتقال ایمن به خودرو طراحی می شوند. درایستگاه یک یا چند مجموعه کمپرسور وجود دارد که وظیفه آن ها تراکم گاز طبیعی می باشد. ضمناً دارای سیستم جانبی شامل سیستم های ذخیره سازی آبشاری، سیستم کنترل بر اساس PLC از قبیل پنل

۱- Fast Fill

۲- Slow Fill

یا تابلوی کنترل کننده ترتیبی و نیز سیستم تعدیل کننده دما یا فشار، سیستم یا پنل بافر^۱ خشک کننده گاز، دستگاه سوخت رسانی یا توزیع کننده سریع و واحدهای توزیع مربوطه می باشد.

قابل ذکر است طراحی ایستگاه CNG در کشورهای دارای گاز فراوان به علت پایین بودن قیمت آن بهینه می باشد. لذا در کشورهایی که گاز را خریداری نموده و قیمت گاز در این کشورها بالا می باشد، زیاد مورد استقبال قرار نگرفته است، به طوریکه در سال ۱۹۹۷ تعداد ایستگاههای سوخت رسانی گاز طبیعی در آمریکا ۱۳۰۰ ایستگاه و تعداد ایستگاه های سوخت رسانی بنزین بیش از ۱۲۵۰۰۰ ایستگاه بوده است. امروزه اکثر کشورها به دلیل اهمیت دادن بیشتر محیط زیست و دیگر مزایای گاز طبیعی با وجود هزینه به نسبت بالای آن اقدام به ایجاد ایستگاه های CNG نموده اند.

تجهیزات عمده در جایگاه سوخت رسانی CNG عبارتست از:

(۱) کمپرسور

(۲) درایر^۲

(۳) دیسپنسر یا دستگاه توزیع کننده^۳

(۴) مخازن

این تجهیزات در شکل ۱-۳ نمایش داده شده اند.

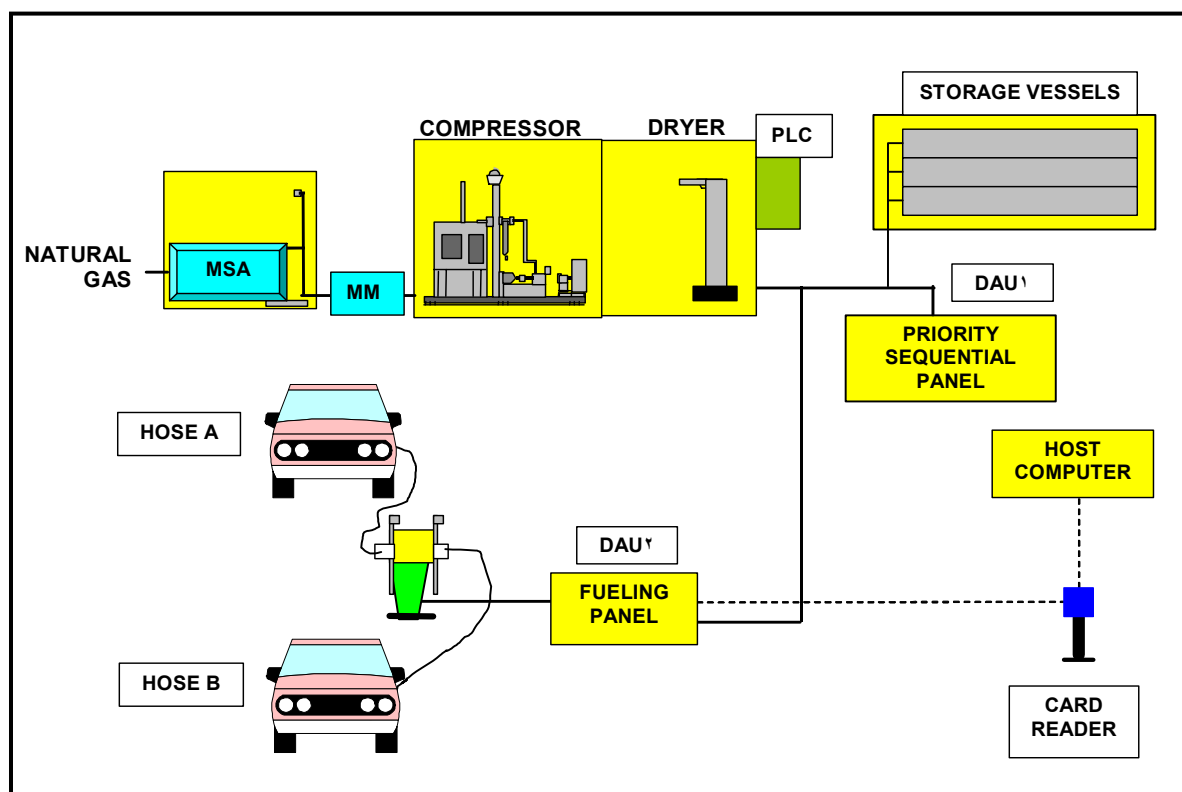
به طور خلاصه عملیاتی که در ایستگاه CNG صورت می پذیرند، بدین ترتیب می باشد:

گاز طبیعی ابتدا وارد مخزن blow down می شود که عمدتاً ارتفاع دو تا سه متر دارد. این مخزن نقش متعادل کننده جریان را دارد و نیز در موقع خاموشی کمپرسور، گاز پر فشار باقیمانده در کمپرسور به آن باز می گردد و مانع از صدمه رسیدن به کمپرسور می شود. خروجی گاز مخزن وارد مجموعه کمپرسور شده و در آن گاز از فشار خط لوله ۱۷ bar (در بعضی کشور ها ۰/۳ Mpa و حتی تا ۶ Mpa) تا فشار ۲۵ bar (تقریباً ۲۵ Mpa) متراکم می گردد، که مجموعه کمپرسور با PLC مستقلی کنترل می شود. سیستم PLC وظیفه راه اندازی کمپرسور و توقف آن در مواقع خطر و کنترل کلیه عملیات انجام

۱- Buffer Pannel
۳- Dispenser

۲- Dryer

شده در کمپرسور را به عهده دارد. PLC اصلی در پنل کنترل و استارتر های موتور راه انداز مجموعه کمپرسور در پنل قدرت واقع می شوند.



شکل ۳-۱ طرح شماتیکی تجهیزات ایستگاه CNG

باید توجه داشت که قبل از راه اندازی مجموعه کمپرسور، گاز ورودی خط لوله از سیستم اندازه گیری گاز و درایر یا خشک کننده گاز عبور می نماید. سیستم اندازه گیری، میزان گاز مصرف شده در ایستگاه سوخت رسانی CNG را محاسبه می نماید. در شکل ۴-۱ سیستم اندازه گیری گاز در ابتدای ایستگاه CNG آورده شده است. درایر گاز، رطوبت حاصل از گاز فشرده شده را می گیرد. درایر گاز، برای کارکرد صحیح کمپرسور، سیستم توزیع کننده و خودروها ضروری می باشد. زیرا ممکن است آب حاصل در کمپرسور یا اجزای دیگر سیستم منجمد شود که در این صورت خطر ساز بوده و جریان گاز را متوقف می نماید. لذا تعبیه درایر در جایگاه CNG، نوع و طراحی آن بسیار حائز اهمیت است.



شکل ۱-۴ سیستم اندازه گیری گاز در ورود به درایر

بعد از تخلیه گاز در هر کمپرسور، خروجی آن به پنل ترتیبی^۱ واقع در نگهدارنده کمپرسور منتقل می گردد. پنل ترتیبی یا به طور مستقیم به سیستم توزیع کننده، گاز را هدایت می نماید و یا گاز را به یکی از سه مخزن ذخیره سازی آبخاری^۲ منتقل می کند. سپس انتقال گاز از این مخزن ها با استفاده از کنترل کننده های PLC واقع در پنل کنترل، به سیستم توزیع کننده صورت می گیرد. توجه شود که اکثر ایستگاه های CNG از مکانیزم مخزن های آبخاری استفاده می کنند.

سیستم مخزن گاز یا ذخیره سازی گاز شامل چند مخزن فشار متناسب با استاندارد ASME می باشد. به عنوان نمونه برای یک ایستگاه می تواند ۵ مخزن پایینی، ۴ مخزن میانی، ۳ مخزن بالایی به نسبت تقریباً "۵۰٪، ۳۰٪، ۲۰٪ برای تأمین سوخت رسانی به تعداد زیادی خودرو (بیش از ۱۰۰۰ خودرو) به ویژه در شهرهای بزرگی چون تهران به کار رود. با توجه به اینکه مخزن پایینی ابتدا خودرو را پر می نماید لذا تعداد آن نسبت به سایر مخازن بیشتر است.

۱- Priority Panel

۲- Cascade Storage System

سیستم ذخیره گاز برای تأمین سریع گاز در مواقع انتقال گاز به خوررو در ایستگاه به کار می رود. با وجود این سیستم زمان لازم برای راه اندازی کمپرسور نیز کاهش می یابد. می توان گفت که مخزن ذخیره سازی به عنوان واسطه عمل می نماید، به طوریکه به کمپرسورها این امکان را می دهد که عملیات متراکم نمودن را در فاصله زمانی کوتاه بین خودروها حفظ نماید. در این صورت تعداد خاموش و روشن شدن کمپرسور و استهلاک های حاصل از آن به طور قابل توجهی کاهش می نماید. در فاصله زمانی بین سوخت رسانی خودروها (در ظرف چند دقیقه) کمپرسور عمل پر کردن مخازن ذخیره سازی را انجام می دهد، تا آنجا که حجم و فشار مطلوب برای سوخت رسانی به خودروها را داشته باشند.

قابل ذکر است که دریچه های کنترل کننده و لوله گذاری مرتبط با سیستم PLC در توزیع کننده وجود دارند. این دریچه ها، کنترل انتقال گاز را بر عهده دارند.

خودروهای سبک گاز طبیعی (NGV)^۱ تنها با یکی از دو شلنگ گاز دستگاه توزیع کننده (با سه مسیر ورودی داخلی) سوخت گیری می نمایند، در حالی که تریلرها و خودروهای سنگین، هر دو شلنگ گاز را بایستی استفاده کنند. گاز با توجه به پنل کنترل ترتیبی، به سیستم توزیع کننده از داخل شبکه لوله گذاری شده زیر زمینی منتقل می یابد. کنترل این توزیع کننده ها با سیستم کامپیوتری صورت می گیرد.

سیستم توزیع کننده شامل ابزار اندازه گیری جریان گاز (فلو متر) برای هر شلنگ گاز می باشد. مقدار گازی که از سیستم توزیع کننده به هر خودرو وارد می شود توسط سیستم مذکور تعیین می شود و در مانیتور سیستم توزیع کننده نمایش داده می شود. ضمناً در سیستم توزیع کننده مشخص می شود که چه

موقع گاز از مخزن پایینی به مخزن میانی و سپس مخزن بالایی انتقال داده می شود. (سوئیچ می شود) برای کنترل دریچه ها به صورت اتوماتیک از سیستم پنوماتیک و یا برقی استفاده می کنند. بدیهی است در صورت استفاده از سیستم پنوماتیک، کمپرسور هوایی به همراه پنل ترتیبی نیز در ایستگاه در نظر می گیرند. همچنین درایر هوایی هم لحاظ می شود تا هوای مورد استفاده در عمل کننده های دریچه ها خشک و مناسب باشند.

۱- Natural GAS Vehicle

سیستم سوخت رسانی CNG به یک سیستم قطع اضطراری (ESD)^۱ در مواقع خطر مجهز است، که با زدن این کلید به طور ایمن سیستم کمپرسور را متوقف نموده و از انتقال گاز جلوگیری می کند. کلیدهای (ESD) در تمام کمپرسورها، درایر، پنل کنترل، پنل قدرت وجود دارند. این کلیدها از طریق سیم‌هایی برای کنترل موردنظر به سیستم PLC اصلی متصل گشته اند.

۱-۴-۲ تجهیزات ایستگاه سوخت رسانی CNG

- خشک کننده گاز (در ورودی یا خروجی)
 - مجموعه کمپرسور (بدنه اصلی کمپرسور، خنک کننده میانی، لوله کشی، تصفیه کننده ها یا جدا کننده ها)
 - محرک یا درایور (موتور الکتریکی یا موتور گازی)
 - سیستم یا مسیر ورودی فشار پایین
 - سیستم یا مسیر خروجی فشار بالا
 - محفظه یا بدنه (جهت حفاظت از سیستم در آب و هوای گوناگون یا در برابر امواج صوتی و ...)
 - سیستم ذخیره سازی آبشاری
 - سیستم کنترل ترتیبی یا پنل ترتیبی
 - سیستم انتقال گاز بین قسمت های ذکر شده فوق
 - دستگاه توزیع کننده (با یک یا دو لوله ی پلاستیکی (شلنگ)، ابزار اندازه گیری، پر کردن سریع یا خیلی سریع خودرو، نحوه خواندن کارت های مربوط به گاز، مکانیزم چند سوختی)
- در جدول ۱-۳ یک نمونه ایستگاه استاندارد CNG آورده شده است.

۱- Emergency Shot Down Device

جدول ۳-۱ یک نمونه ایستگاه استاندارد CNG

| شماره | عنوان | تجهیزات اصلی ایستگاه CNG | تعداد |
|-------|--------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| ۱ | سیستم جبران و تصحیح سوخت | فیلتر دقیق با نرخ جریان گاز $1200 \text{ Nm}^3/\text{h}$ با طراحی مناسب مخزن فشار | ۱ واحد |
| | | شیر کنترل ایمنی | |
| | | مخزن Blow Down، شیرهای لازم، شیرهای اطمینان | |
| ۲ | سیستم یا مجموعه کمپرسور | کمپرسور CNG (با ظرفیت $1200 \text{ Nm}^3/\text{h}$) شامل بدنه، موتور اصلی، موتور الکتروفن، خنک کننده ما بین مراحل کمپرسور، جدا کننده آب و روغن، تجهیزات فشرده سازی گاز | ۲ واحد |
| | | شیر اطمینان خنک کننده، محفظه ایزولاسیون صدا(عایق صدا) | |
| | | سیستم ورود و خروج گاز و مسیر حرکت آن | |
| | | سیستم ورود و خروج آب و مسیر حرکت آن | |
| | | سیستم کنترل | |
| ۳ | سیستم بهینه سازی فرآیندها | فیلتر فشار بالای دو مرحله ای | ۱ واحد |
| ۴ | سیستم مدار بسته خنک کاری آب | پمپ گریز از مرکز (سانتریفوژ) برای به جریان درآوردن آب | ۱ واحد |
| | | برج خنک کاری با موتور ضد انفجار | |
| | | کنترل الکترونیکی فرکانس بالا | |
| | | مخزن آب | |
| ۵ | تابلو یا پنل فرمان ترتیبی سوخت رسانی | کنترل کردن گاز HP (فشار بالا) به داخل مخازن آبشاری به ترتیب | ۱ واحد |
| ۶ | سیستم ذخیره سازی | $50 \text{ Pcs} \times 0.080 \text{ m}^3$ | ۱ واحد |
| ۷ | سیستم توزیع کننده | سیستم توزیع یا دیسپنسر با ابزار اندازه گیری جریان، سیستم اندازه گیری دما و فشار و جبران یا تصحیح آن | ۴ واحد |
| ۸ | سیستم بازیافت گاز | سیلندر بازیافت گاز، شیرها و ابزارهای لازم | ۱ واحد |

۳-۴-۱ بررسی سیستم تراکم در ایستگاه CNG

در این بخش به چگونگی سوخت رسانی به خودروها و جزئیات آنها تا حد امکان می پردازیم:

گاز طبیعی معمولاً "به ایستگاه سوخت رسانی از نزدیکترین محل مورد نظر منتقل می شود. فشار گاز بین ۱ تا ۲ psig (فشار معیار بالای اتمسفر) تا فشار ۵۰۰ psig (۳/۴۵ Mpa) یا بالاتر تغییر می کند. در ایران فشار ورودی تقریباً "۱۷ bar می باشد. با توجه به این تغییرات فشار و نیاز به کاهش حجم در خودروها گاز بایستی متراکم گردد.

قابل ذکر است که گاز به علت فشار بالا یا تراکم مرطوب بوده و مقداری آب در حالت اشباع دارد، لذا گاز باید قبل از تراکم تا حد امکان از درایر یا خشک کن های گاز عبور کند. با استفاده از دایرها به سیستم کمپرسور صدمه وارد نمی آید. در مواقعی که مقدار سولفور بیش از حد باشد، حتماً "بایستی آن را جدا کرد، که در این حالت هم به درایر نیاز داریم.

درایر عمدتاً "شامل مخزن بزرگی است که در حالت جذبی، توسط مواد دسیکانت یا رطوبت گیر، آب را از گاز جدا می کند. در شکل ۱-۵ نمونه ای از آن نمایش داده شده است. که در فصل بعدی کاملاً "تشریح و بررسی خواهند شد.



شکل ۱-۵ نمونه ای از درایر و فیلتر گاز در ایستگاه CNG

بدین ترتیب گاز با شرایط مناسب وارد کمپرسور می شود. کمپرسور عمدتاً^۱ بزرگترین و پیچیده ترین قسمت ایستگاه سوخت رسانی می باشد، که در آن فشار گاز تا ۳۶۰۰ psig (۲۵ Mpa) یا بالاتر افزایش می یابد، که در چند مرحله مجزا این امر صورت می پذیرد. عمدتاً^۱ در ایستگاه از کمپرسور های سه مرحله ای استفاده می شود که در هر مرحله فشار را بالا برده و با خنک کننده های موجود در هر مرحله (با دو فاز مجزا از هم قرار گرفتن گاز و مایع و در نتیجه رسوب کردن مایع) روغن ترکیب یافته با گاز و... جدا می گردد.

معمولاً^۱ اکثر کمپرسور هایی که مورد استفاده قرار می گیرند، از نوع رفت و برگشتی^۱ می باشند. این کمپرسورها به صورت دوار و با انتقال نیروی چرخشی ایجاد شده به ترکیب پیستون _ سیلندر کار می کنند. تقریباً^۱ مشابه عکس موتور از یک سری دریچه هایی استفاده می کنند که گاز را به داخل هر سیلندر با استفاده از PLC و... حرکت می دهند، سپس پیستون آن را متراکم نموده و آنگاه در مراحل بعدی در فشاری مضاعف تخلیه می کند. شکل سیلندر می تواند به شکل V و یا W یا به صورت افقی باشد. ضمناً^۱ در مجموعه کمپرسور مونتاژ محفظه میل لنگ و بدنه سیلندر اهمیت خاصی دارد.

۴-۴-۱ مجموعه کمپرسور

کمپرسور می تواند هم با موتور الکتریکی و هم با موتور گاز طبیعی راه اندازی شود. برای هر درایو یا محرک، سیستم الکترونیکی به نام استارتر یا راه انداز وجود دارد که کمپرسور را روشن می نماید. محور موتور به طور مستقیم به محور کمپرسور کوپله شده است، البته می توان حرکت را از طریق تسمه به آن منتقل کرد. عموماً^۱ کمپرسورهای بزرگ، به طور مستقیم راه اندازی می شوند.

مجموعه کمپرسور، دارای تجهیزات تکیه گاهی برای استحکام بیشتر مجموعه در شرایط فشار بالا می باشد. ضمناً^۱ از لحاظ مکانیکی، کمپرسور به روغنکاری نیاز دارد تا سیلندرها، پیستونها و بخشهای متحرک روان باشند. این مجموعه به وسایلی نیاز دارد که روغن آمیخته با گاز را جدا کند، که عموماً^۱

۱- Riciprocating Compressor

شامل سیستم فیلترها و جدا کننده^۱ ها (تصفیه کننده) و... می شود. فیلترها، تقریباً" در ورودی (مکش) و خروجی (تخلیه) خود کمپرسور، نصب می شوند، در حالی که جدا کننده ها (تصفیه کننده ها) تنها در قسمت ورودی واقع می شوند. جدا کننده ها گاز را به صورت دایروی به چرخش در آورده، چنانچه با استفاده از نیروی گریز از مرکز، ذرات مایع جدا از ذرات گاز رسوب می کنند. با جمع آوری در مخزن بزرگی به طور اتوماتیک به داخل لوله موردنظر هدایت می شوند.

۱-۴-۴-۱ مکانیزم و تجهیزات کمپرسور

نوع کمپرسور به کار رفته در ایستگاه CNG، کمپرسور گازی رفت و برگشتی یا پیستونی می باشد. این کمپرسور در مقایسه با نوع سانتریفوژ یا گریز از مرکز دارای محدوده شدت جریان و محدوده فشار خارجی کمتری می باشد. کنترل ظرفیت در این کمپرسورها راحت تر بوده و دارای محدوده راندمان بالاتری (۸۰٪-۹۰٪) می باشد. در جدول ۱-۴ به مقایسه این دو کمپرسور پرداخته شده است. ضمناً" شکل ۱-۶ محفظه و موقعیت کمپرسور را در ایستگاه CNG نشان می دهد.



شکل ۱-۶ محفظه و موقعیت کمپرسور در ایستگاه سوخت رسانی

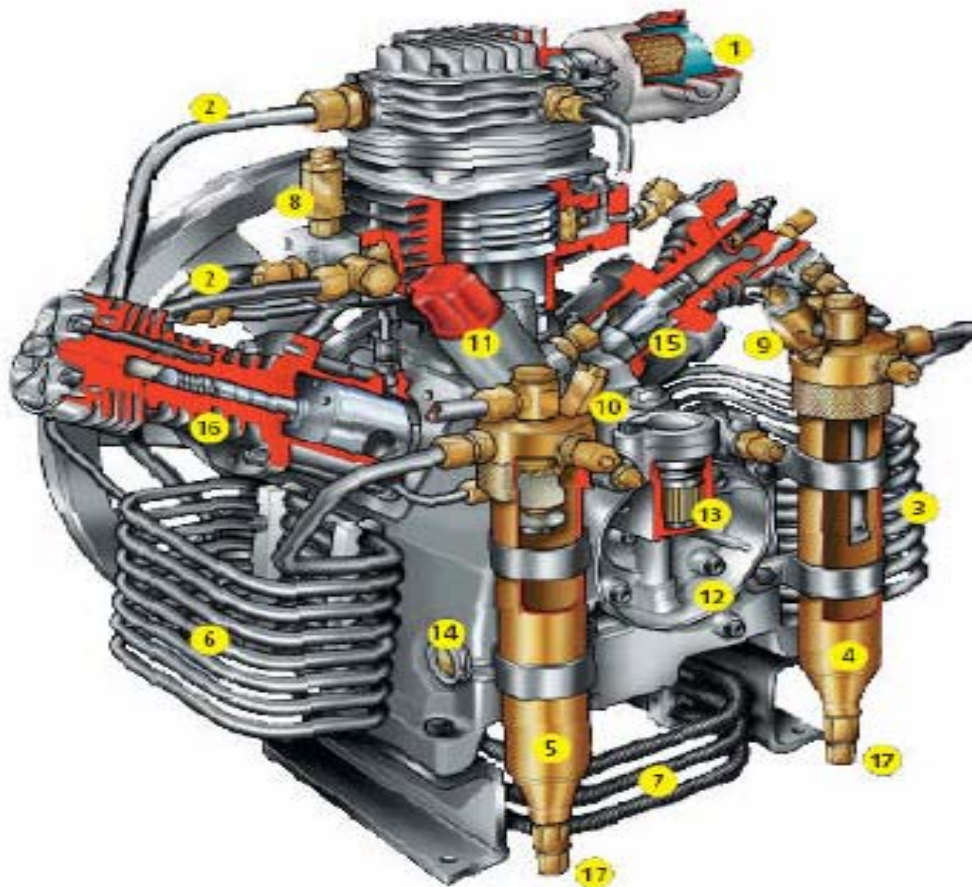
^۱-separator

بایستی توجه داشت که این کمپرسورها نسبت به کمپرسورهای سانتریفوژ که تغییرات درجه حرارت در آنها موجب تغییرات فلو و فشار گاز می شود، حساس به تغییر درجه حرارت نیستند. بنابراین اکثر ایستگاه های سوخت رسانی CNG از چنین کمپرسورهایی استفاده می کنند. در شکل ۱- ۷ قسمت های مختلف این کمپرسور نشان داده شده است. قابل ذکر است که امروزه این کمپرسورها برای ایستگاه CNG در ابعاد بزرگتر و شکل های متفاوتی عرضه می شوند.

جدول ۱-۴ مقایسه کمپرسورهای رفت و برگشتی و سانتریفوژ

| سانتریفوژ | رفت و برگشتی | نوع کمپرسور مشخصه های کاری |
|------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| متوسط - زیاد - خیلی زیاد ۱۰۰۰ - ۲۰۰۰۰۰ ACFM | خیلی کم - کم - متوسط ۷۰۰۰ ACFM - ۵ و کمتر | محدوده شدت جریان |
| از ۵۰۰۰ psig به بالا | در تمام محدوده های لازم، قابل استفاده می باشد، از ۱۰۰۰۰ Psi g تا نزدیک به صفر | محدوده فشار خارجی |
| در مرحله ۳-۴،۵ در ماشین ۳-۲۰ | گازهای ئیدروکربنی گازهای دو اتمی ۴:۱ q:۱ ۱۰:۱ ۱۰۰:۱ در کمپرسور | نسبت تراکم در سیلندر |
| خیلی بالا | در مقایسه با سانتریفوژ در محدوده خیلی پائین هستند | سرعت دورانی |
| کنترل ظرفیت مشکل تر است تغییر دور | قابلیت بیشتری برای کنترل ظرفیت دارند | کنترل ظرفیت |

| سانتریفوژ | رفت و برگشتی | نوع کمپرسور مشخصه های کاری |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| راندمان پائینتر است | راندمان بالاتری دارند | محدوده راندمان |
| تحميل نسبتاً بیشتری دارند، خوردگی و خرابی پره ها | ایجاد خرابی و شکستگی سوپاپ ها و رینگ و نقص در روغنکاری می نمایند | Carry – Over مایعات |
| در پره ها تحمل بیشتری دارند (low erosion) | ایجاد خرابی در سوپاپ ها، رینگ ها و موجب شکستگی آنها می شود | Carry – Over ذرات جامد |
| تغییرات دانسیته منجر به کاهش دبی (دهش) حجمی (تغییرات ۰/۲) شده و ایجاد Surge می کند. | توانائی کمپرس گازهایی را دانسیته ها و وزن های مولکولی مختلف را دارند | تغییرات در وزن مولکولی و دانسیته |
| پائین تر و فنداسیون های ملکولی | بالا – فنداسیون های بزرگ | نیروهای اینرسی و شرایط فنداسیون |
| جریان و فشار پیوسته تر | جریان و فشار توأم با نوسان و نیاز به bottle surge | پیوستگی جریان و فشار خروجی |
| تا ۵۰۰°F درجه حرارت کاری مورد استفاده قرار می گیرند. تغییرات درجه حرارت، موجب تغییرات flow و فشار می شود. | قادر به کار در درجه حرارت های خیلی پائین یا بالا نیستند. به تغییرات درجه حرارت خیلی حساس نیستند | درجه حرارت |



| | |
|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| (۱) فیلتر اولیه | (۱۰) شیر اطمینان مرحله ۳ کمپرسور |
| (۲) خنک کننده مابین مراحل قسمت‌های ۱ و ۲ کمپرسور | (۱۱) مسیر پر کننده روغن |
| (۳) خنک کننده مابین مراحل قسمت‌های ۲ و ۳ کمپرسور | (۱۲) پمپ روغن |
| (۴) جداکننده میانی مرحله ۲ کمپرسور | (۱۳) میکرو فیلتر روغن |
| (۵) جداکننده میانی مرحله ۳ کمپرسور | (۱۴) روغن سنج از نوع سایت گلاس |
| (۶) خنک کننده مابین مراحل قسمت‌های ۳ و ۴ کمپرسور | (۱۵) سیلندر با پیستون مرحله ۳ کمپرسور |
| (۷) خنک کننده پایانی | (۱۶) سیلندر با پیستون بدون شناور مرحله ۴ کمپرسور |
| (۸) شیر اطمینان مرحله ۱ کمپرسور | (۱۷) خروجی ذرات جدا شده و مایعات |
| (۹) شیر اطمینان مرحله ۲ کمپرسور | |

شکل ۱-۷ قسمت های مختلف کمپرسور

تجهیزات عمده کمپرسور عبارتست از:

۱- الکترو موتور به همراه فن: یک نمونه ساخت آن ABB یا زیمنس آلمان با دور ۳۰۰۰ RPM

و کلاس حفاظتی IP ۵۵F می باشد.

۲- سیستم خنک کاری: این سیستم می تواند با آب یا هوا و یا مبدل های حرارتی صورت پذیرد.

یک نمونه ساخت آن CIESSE ایتالیا می باشد که از جنس آلو مینیوم و از نوع خنک کننده

با هوا است.

۳- جداکننده های مابین مراحل تراکم کمپرسور (تله آبگیر): این سیستم طبق استاندارد مخازن

ASME بخش هشتم - قسمت اول طراحی و ساخته می شود.

۴- فیلتر روغن و فیلتر جداکننده های پایانی آب و روغن: از جمله می توان به فیلترهای ساخت

AMC ایتالیا اشاره کرد.

۵- فیلتر گاز شامل فیلتر ابتدایی و فیلتر پایانی: این میکرو فیلترها قابلیت جذب ذرات تا ۱ میکرون

و حتی تا ۰/۱ میکرون شامل قطرات آب و روغن را دارند که حداکثر مقدار باقیمانده ذرات

معلق روغن 0.1 mg/m^3 می باشد.

۶- تابلو فرمان و کنترل کمپرسور: تقریباً "مشابه تابلو فرمان های تجهیزات دیگر کاملاً" اتوماتیک

بوده و بر پایه PLC و مجهز به سیستم SCADA می باشد. نشان دهنده های آن از نوع

چراغ های نمایشگر می باشد. از جمله ویژگی های آن عبارتست از:

- فرمان خاموش شدن کمپرسور به صورت اتوماتیک در اثر بالا یا پایین رفتن ولتاژ از

حد مجاز: در این حالت کمپرسور به صورت اتوماتیک خاموش می شود و چراغ مربوطه

در تابلو فرمان روشن می شود.

- فرمان خاموش شدن کمپرسور به صورت اتوماتیک در اثر قطعی یا درست نبودن ترتیب

فازها: معمولاً "مشخصات برقی مورد استفاده در ایران ۲۲۰ ولت و ۵۰ هرتز، تک فاز یا

سه فاز می باشد.

- فرمان خاموش شدن کمپرسور در اثر بالا یا پایین رفتن درجه حرارت گاز خروجی از حد ایده آل: کمپرسور در صورت این اتفاق به صورت اتوماتیک خاموش می شود و صفحه نمایش تابلو فرمان به صورت دیجیتالی پیغام Gas Over Temperature را نمایش می دهد.

- فرمان خاموش شدن یا ESD در اثر بالا یا پایین رفتن درجه حرارت روغن از حد مجاز
- فرمان خاموش شدن اتوماتیک کمپرسور در اثر اختلال عمل در کار الکترو موتور اصلی و الکترو فن و...

- فرمان خاموش شدن اتوماتیک کمپرسور در اثر بالا یا پایین رفتن فشار گاز خروجی از حد ایده آل

- ساعت کارکرد کمپرسور
- استارت اتوماتیک کمپرسور در اثر پایین رفتن حد فشار مورد نیاز در مخزن گاز: در این حالت کمپرسور به صورت اتوماتیک به وسیله چراغ مربوطه روی تابلو فرمان، پیغام Auto Restart را نمایش می دهد.

- کلیدهای دستی Start و stop - Load و Unload
- ابزارهای نشان دهنده فشار گاز (یک نمونه ساخت، شرکت INDUMART کانادا). در شکل ۱-۸ این ابزارها نمایش داده شده است.

۱- ابزارهای نشان دهنده دمای گاز (یک نمونه ساخت شرکت JAKO اتریش)

۲- اتصالات و شلنگ ها

در ادامه به چند سیستم با اهمیت مجموعه کمپرسور به طور خلاصه می پردازیم.



شکل ۸-۱ ابزارهای اندازه گیری فشار و دمای گاز کمپرسور

۱-۴-۲ سیستم خنک کاری

تراکم گاز در کمپرسور باعث ایجاد گرما می شود، بنابراین به یک سیستم خنک کاری نیاز خواهیم داشت . اکثراً" این عمل توسط هوا صورت می پذیرد، بر خلاف موتور ماشین، که خنک کاری با آب صورت می پذیرد. بعضی از بدنه های کمپرسور به صورت نیمه خنک کننده بوده و فن به محور اصلی محرک متصل می باشد. به این ترتیب هوای ایجاد شده در داخل بدنه کمپرسور، محفظه گاز متراکم شده را خنک می نماید. قسمتهای دیگر برای خنک شدن نیاز به مبدل های حرارتی مجزا دارند، به طوری که گاز بعد از هر مرحله به طور جداگانه با فن موردنظر خنک می شود.

۱-۴-۳ سیستم بازیافت

سیستم مهم دیگر، سیستم بازیافت می باشد. این سیستم شامل مخزن های افقی بازیافت و شیر های اتوماتیک متغیر می باشد. به این ترتیب عمل می نماید که در هنگام خاموشی ماشین، گاز را از سیستم تراکم تحویل می گیرد و در یک سیستم حلقه بسته حفظ و نگهداری می کند. این سیستم به کمپرسور این امکان را می دهد که راه اندازی را با به جریان در آوردن مجدد گاز سرعت بخشد. این تجهیزات به

مکانیزم های الکترونیکی و کنترل الکتریکی نیاز دارند تا با فرمان های ارسال شده از جانب آنها عملیات به طور ایمن در سیستم مزبور انجام پذیرد.

در شکل های ۹-۱ و ۱۰-۱ به دو نوع کمپرسور مورد استفاده در ایستگاه CNG اشاره شده است. بایستی توجه داشت که کمپرسورهای مورد استفاده در شهر های بزرگ برای تراکم حجم بیشتری از گاز، در ابعاد بزرگتری نسبت به شکل های زیر می باشند، ولی مکانیزم و تجهیزات تقریباً "مشابه می باشد.



شکل ۹-۱ کمپرسور سه مرحله ای



شکل ۱۰-۱ کمپرسور تقویت کننده چهار و پنج مرحله ای

۱-۴-۴-۴ سیستم PLC

سیستم کنترل الکترونیکی مورد استفاده، PLC (کنترل کننده منطقی برنامه پذیر) می باشد. این سیستم از سنسورها، بوبین (سولنوئید)، و مبدل های مختلفی استفاده می کند، تا مکانیزم های مختلف را کنترل کند و عملکرد هر جزء را نشان دهد.

برای استفاده و کنترل آن، کلیدهای خاصی و عملگر هایی به کار می برند. نرم افزاری برای این واحدها و کنترل کننده ها در شرکتهای مختلف تهیه و برنامه نویسی می شود. کلیه عملیات این مجموعه کمپرسور توسط سیستمهای PLC کنترل می شود. راه اندازی، توقف عملیات، خاموش کردن اضطراری سیستم و اعلام خطر در عملیات غیر عادی و... از وظایف آن می باشد.

اگر مجموعه کمپرسور بیش از یک نگهدارنده داشته باشد، هر نگهدارنده PLC مخصوص به خود را خواهد داشت. بدین ترتیب خطرات ناشی از کمپرسور را به حداقل می رساند و زمان نصب نیز به طور عمده کاهش می یابد. مجموعه ای به نام مجموعه SCADA^۱ برای هر دو سیستم موجود در PLC قابل دسترسی می باشد. هر دو PLC به همراه اجزایشان (منبع تغذیه، رله ها و اجزای اصلی) در محفظه ای قرار می گیرند. هر PLC، کمپرسور مخصوص به خود را به طور مستقل راه اندازی می کند. همه اطلاعات از PLC دوم به PLC اول (برای کنترل کامل مجموعه SCADA) منتقل می شود.

۱-۴-۴-۴-۱ مجموعه SCADA (جمع اوری اطلاعات و کنترل نظارتی)

سیستم خط لوله انتقال گاز، وسعت بسیار زیادی دارد که عمل بسیار پیچیده ای است. به منظور عملکرد مناسب این سیستم، مواردی از جمله تعیین، اندازه گیری، آنالیز پیوسته داده ها، پیگ ها، مبدل ها و دیگر کلکتورها و... لازم می باشد. انجام صحیح موارد فوق، به جمع آوری و استفاده داده ها (اطلاعات) در راستای سیستم نیاز دارند که توسط مجموعه SCADA صورت می پذیرد. در نوع جدید آن، داده ها

^۱- Supervisory Control And Data Acquisition

یا اطلاعات بدست آمده از سیستم به وسیله فیبر نوری، میکرو موج یا ارتباطات ماهواره ای دریافت می شوند. داده های بدست آمده به ایستگاه های کنترل منتقل می گردند، به طوری که کامپیوترهای سرعت بالا داده ها را آنالیز نموده و دستورات لازم را برای کنترل عملیات ارسال می نمایند. بدین ترتیب پارامترهای مورد نظر سیستم در محدوده تعیین شده حفظ خواهند شد.

این تکنولوژی، توجهاتی در زمینه طراحی مکانیکی دارد، که منجر به افزایش امنیت، بازدهی عملیات سیستم خواهد شد. با توجه به آنچه که ذکر شد، در صورت استفاده از مجموعه SCADA عمر تجهیزات سیستم خط لوله را به طور قابل توجهی افزایش خواهد داد. طراحی و عملیات خط لوله با مشخص نمودن مدل های کامپیوتری مورد استفاده در فاز طراحی صورت می پذیرد که عبارتند از:

- تعیین متغیرهای عملیاتی خارج از محدوده
- انتخاب عملیات ترجیح داده شده در ایستگاهها و قسمتهای لوله گذاری و کنترل هزینه و

انرژی

- تعیین محدوده های لوله گذاری با توجه به خواص سیال انتقال داده شده
 - پیشگویی اثرات و عوامل عیب زا در سیستم مربوطه
 - برنامه ریزی و طبقه بندی مشخصات خواسته شده در مناقصه (مبدأ و مقصد و...)
- حال در ادامه بررسی PLC، پارامترهایی که توسط این سیستم در مرحله راه اندازی کنترل می گردد را بررسی می نماییم:

- فشار در مراحل عملیات تجهیزات اصلی ایستگاه CNG (در ورود به درایر، کمپرسور، مخازن و دستگاه توزیع کننده و خودرو)
- فشار تخلیه (خروجی)
- فشار پایلوت
- فشار روغن
- سطح یا تراز روغن
- دما در مراحل عملیات تجهیزات اصلی ایستگاه CNG

- اندازه ارتعاش بدنه
- مقدار جریان روغن
- وضعیت های EDS

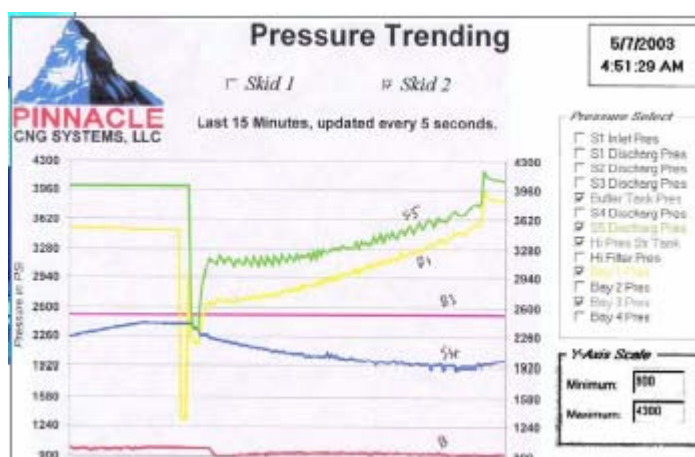
تمام پارامترهای ذکر شده، به ترتیب نقش کاملاً " مؤثری در سیستم CNG دارند. همانطور که اشاره شد، این موارد با استفاده از سیستم PLC کنترل می شوند و در مواقعی که خارج از محدوده عملیات خود (غیر عادی) باشند سیستم مذکور اعلام خطر نموده و این اعلام برای بررسی به مجموعه SCADA فرستاده شده و سیستم را خاموش می نماید.

۱-۴-۵ سیستم پردازش ایستگاه CNG از راه دور

این طرح معمولاً " در سیستم های کنترل کننده پیشرفته وجود دارد که در آن مودمی را در سیستم کنترل الکترونیکی قرار می دهند. به طوریکه کامپیوتر موردنظر از راه دور می تواند اطلاعات لازم را سریع از طریق خط تلفن از PLC کمپرسور دریافت نماید. این سیستم به نرم افزار خاصی نیاز دارد تا در کامپیوتر راه دور نصب شود. بدین ترتیب با تبادل اطلاعاتی که به وجود می آید، به بهینه سازی عملیات انتقال گاز و برطرف کردن مشکلات مربوطه می پردازد. در شکل های ۱-۱۱ و ۱-۱۲ این روند نمایش داده شده است.



شکل ۱-۱۱ سیستم کنترل الکترونیکی از راه دور ایستگاه



شکل ۱-۱۲ بررسی تغییرات فشار گاز در ایستگاه با استفاده از نرم افزارهای خاص

۱-۴-۶ سیستم کنترل موتور (MCC)

هر کمپرسور MCC مخصوص به خود دارد، که اجزای آن عبارتست از:

- استارتر با ولتاژ پایین و نیمه هادی (کنتاکتور کنار گذر C/W و اضافه بار برای موتور اصلی

(۲۵ HP

- کنتاکتور و اضافه بار برای فن موتور ۱۰ HP

هر دو موتور در یک قسمت بسته می شوند، و حالت هر موتور به وسیله PLC از طریق کنتاکت های (اتصالات الکتریکی) اضطراری روی استارتر و کنتاکتور موتور مشخص می شود. بدین صورت هر نقصانی از موتورها با آژیر کشیدن، اعلام شده و باعث خاموش شدن سیستم می گردد. دقت شود که این اعلام خطر به مجموعه SCADA فرستاده شده و با استفاده از این مجموعه نشان داده می شود که کدام موتور دچار عیب گردیده است و علت آن چیست.

۷-۴-۱ تشریح اصول و روشهای سوخت رسانی و ذخیره سازی

بعد از اینکه گاز با فشار بالا متراکم شد، آماده برای توزیع می شود. این سوخت رسانی بعضاً "به صورت آرام صورت می پذیرد، چنانچه گاز مستقیماً" از طریق دستگاه توزیع کننده (در طول شب و...) در مدت زمان معین و تقریباً طولانی وارد خودرو می شود. و یا پر کردن خودرو به صورت سریع خواهد بود و در این حالت حجم گاز زیادی در مقایسه با گازوئیل و بنزین در زمان کم منتقل می شود.

سوخت های مایع، از قبیل بنزین و گازوئیل به داخل مخزن خودروها از طریق پمپ کردن صورت می گیرد، در حالی که انتقال گاز طبیعی به خودروها از طریق اختلاف فشار انجام می پذیرد. با توجه به این نکته فشار کمپرسور و یا فشار مخزن، بایستی همیشه بالاتر از حداکثر فشار توزیع شده برای گاز باشد، تا گاز بدون استفاده از هیچ پمپی جریان پیدا کند.

عموماً "گاز در فشار ۳۶۰۰ psig (۲۵ Mpa) در ایران و کانادا و بیشتر کشورهای جهان متراکم و ذخیره می شود، و در فشار ۳۰۰۰ psig در ۷۰ F (۲۰/۷ Mpa در ۲۱ C) وارد خودروها می شود. این بدان معناست که تنها از طریق اختلاف فشار، انتقال گاز صورت می گیرد، و هنگامی که فشار مخزن و خودرو برابر شد جریان یا انتقال گاز متوقف می شود. این عمل در هر فشاری از اتمسفر تا ۳۶۰۰ psig (۲۴/۸ Mpa) می تواند صورت پذیرد، اما تا پر کردن کامل ۳۰۰۰ psig (۲۰/۷ Mpa) فشار مخزن نمی تواند به زیر فشار مذکور افت کند.

با توضیحات فوق می توان دریافت که فقط ۶۰۰ psig (۴/۱ Mpa) از ۳۶۰۰ psig (۲۵ Mpa) قابل انتقال به خودرو می باشد، قبل از این که جریان گاز متوقف شود. بدین ترتیب درصد بهره برداری یا راندمان مخزن (مقدار حجمی از مخزن که برای انتقال گاز مفید است.) نسبت $\frac{600}{3600}$ و یا تقریباً "۱۵٪ خواهد بود.

سیستم بالا، سیستم بافر یا سیستم توزیع خطی ساده خوانده می شود. با توجه به اینکه که در این سیستم فقط ۱۵٪ از ظرفیت مخزن مورد نظر برای سوخت رسانی استفاده می شود و ۸۵٪ ذخیره باقیمانده قابل استفاده نمی باشند، لذا سیستم مذکور تقریباً "اثر بخش نمی باشد و منجر به هدر رفتن

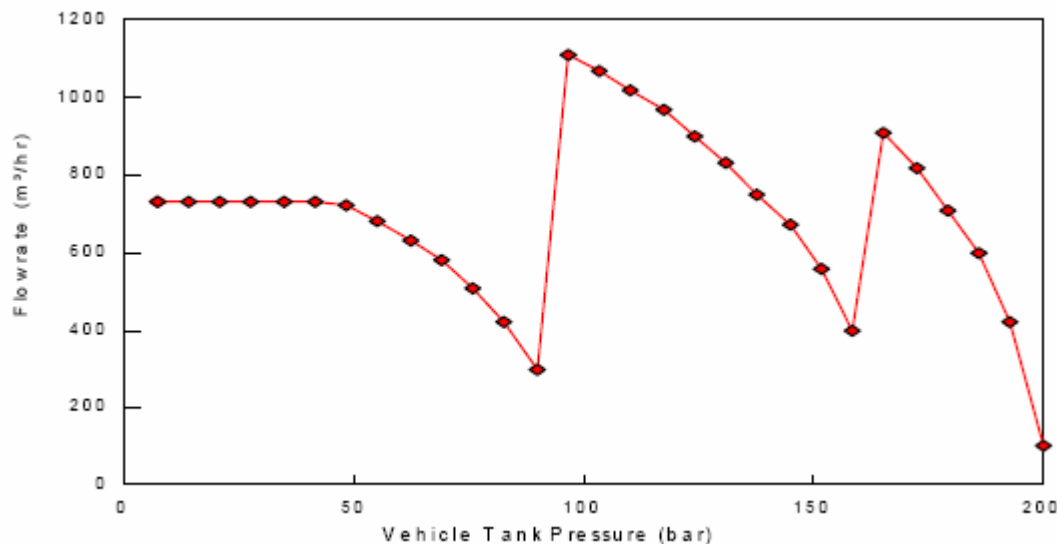
سرمایه می شود. سیستم بافر که سیستمی قدیمی می باشد اغلب برای حجم های کوچک مخزن ها استفاده می شود. در این سیستم نیز کمپرسور کار اصلی سوخت رسانی را انجام می دهد و مخزن در شروع هر پر کردن، فشاری مضاعف به آن وارد می آورد.

سیستم بافر طرح ترتیبی خیلی ساده ای دارد، و عملیات با استفاده از پنل ترتیبی خاصی در مواقع مورد نظر انجام می گیرد. در موقع سوخت رسانی، پنل ترتیبی تخلیه کمپرسور به خودرو را بعد از پر شدن مخزن فرمان می دهد. دقت شود که مخزن کمپرسور را پر می کند و کمپرسور خودرو را پر می نماید، ولی کمپرسور نمی تواند گاز را مجدداً به مخزن باز گرداند.

سیستم بافر بیشترین تأثیر را در سایت های ظرفیت کم و یا جایگاه های با سوخت رسانی تقریباً ثابت دارد. بدین ترتیب به خاطر حجم کم مورد نظر برای کمپرسور و مخزن، سرمایه گذاری خیلی بالایی لازم ندارد.

برای ایستگاه های با ظرفیت بیشتر و یا جایگاه های با سوخت رسانی متغیر یا تصادفی، سیستم بافر هم به کمپرسور و هم به مخزن آسیب می رساند. لذا برای بهره وری بالاتر از سیستم آبخاری با سه مخزن یا سه مسیر استفاده می کنند. در این سیستم مقدار ذخیره شده گاز به سه مخزن مستقل از هم تقسیم می شود.

در سیستم آبخاری گاز با استفاده از طرح پیچیده تری از پنل ترتیبی نسبت به سیستم بافر، به داخل این سه مخزن وارد می شود. سپس گاز از مخزن ها به ترتیب و طبق محاسبات انجام شده از طریق کنترل کننده ای در ایستگاه سوخت رسانی به خودروها منتقل می گردد. در شکل زیر منحنی فشار و نرخ جریان برای یک نمونه سوخت رسانی CNG به خودرو آورده شده است. توجه شود که مخزن ذخیره سازی با این سیستم ترتیبی، گاز را از کمپرسور تحویل می گیرد.



شکل ۱-۱۳ منحنی فشار و نرخ جریان در سوخت رسانی CNG به خودرو

حال سیستم فوق را با جزئیات بیشتری تشریح می کنیم: ابتدا سه مخزن مذکور را با نام های بالا (اول)، میانی (دوم) و پایین (سوم) مشخص می نمایند، که این نام گذاری بر اساس فشارشان نمی باشد، بلکه بر اساس ترتیب پرکردن آنها می باشد. سپس سه مخزن در فشار یکسان ۳۶۰۰ psig (۲۴/۸ Mpa) شروع به کار می نمایند و حجم های مخزن ها تقریباً ۵۰٪، ۳۰٪، ۲۰٪ در حال تعادل هستند. سیستم توزیع کننده با استفاده از کنترل کننده ای، ابتدا گاز را از مخزن پایین به داخل سیلندر خودرو موردنظر می فرستد. سپس وقتی که فشار (در مبدأ و مقصد) متعادل و یا یکسان شد، به عبارت دیگر جریان به یک نرخ پایین قابل قبولی افت کرد، از طریق مخزن میانی انتقال گاز انجام می گیرد. این انتقال گاز باز هم در اثر اختلاف فشار صورت می پذیرد، تا جایی که جریان افت کند. و به همین ترتیب در مرحله بعدی انتقال گاز از مخزن بالایی (سومی) صورت می گیرد، تا مخزن خودرو کاملاً پر شود. حجم سه مخزن اشاره شده در این سیستم متداول، ممکن است برابر باشد. ولی حجم گاز انتقال داده، عمدتاً طبق نسبت های اشاره شده می باشد، یعنی تقریباً ۵۰٪ برای مخزن ابتدایی، ۳۰٪ برای مخزن میانی و ۲۰٪ برای مخزن پایینی می باشد. لذا چنین مکانیزمی باعث افزایش قابل توجهی در بهره وری سوخت رسانی می گردد، که طبیعتاً در نرخ سرعت سوخت رسانی تأثیر بسزایی دارد. در این سیستم می توانیم به ۳۵٪ راندمان بیشتری نسبت به سیستم بافر دست یابیم. با توجه به این که در این

سیستم، سه فشار زیاد اولیه (هجوم) را از سه مخزن داریم (نسبت به سیستم بافر با یک فشار اولیه)، لذا خودرو گاز بیشتری را در زمان کمی دریافت می نماید و در نتیجه سوخت رسانی سریع تر صورت می پذیرد. با توجه با اینکه حجم مخزن ها در ایستگاه سوخت رسانی، بیشتر از حجم مخزن خودرو می باشد، لذا هر دستگاه توزیع کننده به طور مستقل سوخت رسانی خودرو را انجام می دهد. مخازن ذکر شده با توجه به انتقال گاز از طریق کمپرسور به آنها، مقدار گاز لازم را با توجه به اختلاف فشار توزیع می کنند.

۱-۴-۷-۱ بررسی فرآیند سیستم با سه مخزن

از آنجا که این سیستم اهمیت بسزایی در سوخت رسانی خودروها دارد، در بخشی جداگانه به تشریح اجمالی آن می پردازیم: پنل ترتیبی به کار رفته در این سیستم، عکس سیستم ترتیبی اشاره شده می باشد. در این مکانیزم انتقال گاز از کمپرسور به مخازن ذخیره سازی آبشاری از مخزن بالایی، بعد مخزن میانی و سپس مخزن پایینی صورت می پذیرد. در نتیجه مخزن بالایی همیشه آماده است تا مخزن ذخیره سازی را بعد از عملیات مخزنهای دیگر در صورت لزوم پر نماید. به عبارتی دیگر کمپرسور قادر است بعد از اتمام سوخت رسانی خودرو، مخزن ذخیره سازی را دوباره با سیستم مذکور (که ترتیب آن بر خلاف پر کردن خودرو می باشد) پر نماید که ضمن این عملیات سیستم توزیع کننده، انتقال گاز به خودرو را متوقف کرده است. معمولاً "پنل ترتیبی یا کنترل کننده ترتیبی برای پر نمودن خودرو، هم روی نگهدارنده کمپرسور و هم در نزدیک مخزن نصب می شود. در حالی که در سیستم ترتیبی پرکردن مخزن خودرو، در داخل خود دستگاه توزیع کننده قرار می گیرد.

۸-۴-۱ بررسی سیستم توزیع کننده

مکانیزم فرآیند هایی که در بخشهای قبل بیان شدند، برای استفاده کننده سوخت مشهود یا قابل دیدن نیست، بطوریکه وی به عملیات و ساختار توزیع کننده گاز طبیعی متراکم (CNG) مشابه سوخت بنزین و گازوئیل می نگرد، در حالی که مکانیزم داخلی آن متفاوت از سوخت های مایع می باشد. فعالیت اصلی سیستم توزیع کننده CNG مانند حالت سوخت رسانی مایع، انتقال ایمن سوخت به داخل خودرو می باشد. سیستم توزیع کننده CNG ممکن است شامل سیستم ترتیبی تشریح شده به همراه تعدادی طرح های ایمن ساز باشد و نیز با مکانیزمی مقدار سوخت تحویل داده به خودروها را اندازه گیری می نماید و نمایش می دهد.

در شکل ۱-۱۴ یک نمونه سیستم توزیع کننده CNG به خودروها آورده شده است.



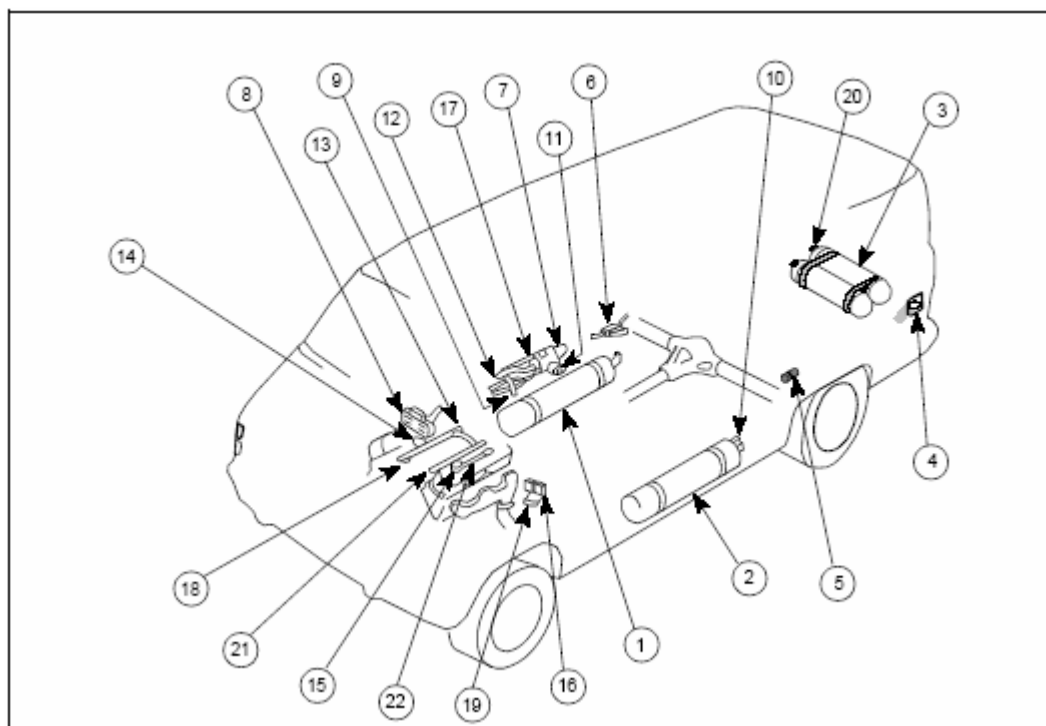
شکل ۱-۱۴ سیستم توزیع کننده CNG به خودروها

بر خلاف بنزین، CNG دو سیستم توزیع کننده متفاوت دارد: سوخت رسانی سریع و سوخت رسانی کند. سوخت رسانی (پر کردن) سریع از لحاظ زمانی مشابه سوخت رسانی بنزین در حدود ۱ تا ۳ دقیقه به طول می انجامد. این سیستم شامل واحد اندازه گیری، سیستم ترتیبی برای پر نمودن مخزن ویا پنل ترتیبی آبخاری برای پر نمودن خودرو، سیستم نمایش و تعدیل کننده دما و تجهیزات انتقال دهنده گاز

از خروجی کمپرسور به خودرو می باشد که انتقال آن با لوله پلاستیکی، نوعی از اتصالات ایمنی و نازل اتفاق می افتد. این سیستم به دلیل صرف زمان کمتر در سوخت رسانی و سوخت رسانی متغیر برای هر خودرو در کل، بهره برداری بالا تری نسبت به زمان در مقایسه با سیستم توزیع دیگر دارد.

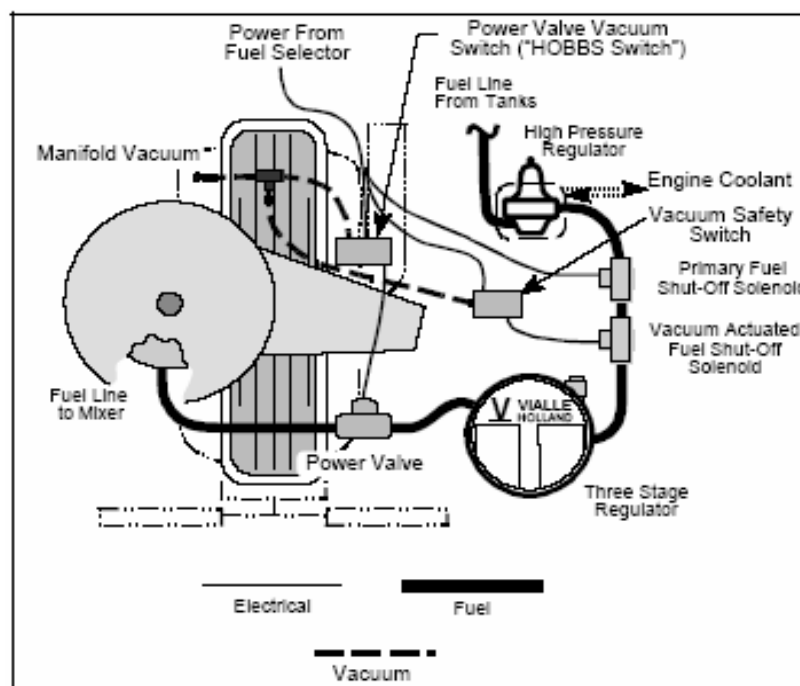
در سوخت رسانی کند، خودرو ها برای مدت زمان طولانی در ایستگاه قرار گرفته (بین شیفت های کاری فرد، در طول شب و...) سپس کمپرسور تمام خودروها را در زمان یکسان پر می نماید. بدون استفاده از هر مخزن ذخیره سازی و پنل کنترل کننده ترتیبی، این عملیات انجام می گیرد.

در حقیقت پر کردن کند، برای ناوگان های مسافربری استفاده می شود، از قبیل اتوبوس های شیفت کار و خودروهایی که در زمان مشخص زیادی استفاده نمی شوند، چنانچه ماندن خودرو برای مدت طولانی در ایستگاه مربوطه، مشکل ساز نمی باشد. چنین سیستمی هزینه را نسبت به سیستم سوخت رسانی سریع کاهش می دهد، به طوری که به مخزن و پنل ترتیبی نیاز ندارد و به کمپرسور در اندازه های کوچکتری لازم دارد. در کل این سیستم با تمام مزایا و معایبی (از جمله صرف زمان بسیار وعدم تناسب برای تغییر حجم سوخت به خودروها و...) که ذکر شدند، در شهرهای بزرگی از جمله تهران قابل استفاده نمی باشد. حال در ادامه به تشریح سیستم سوخت خودروی NGV در شکل های زیر پرداخته شده است.



| | |
|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| ۱. مخزن یا سیلندر سوخت CNG خودرو (سمت راست خودرو) | ۱۲. لوله ها یا شلنگ های خنک کاری موتور |
| ۲. مخزن یا سیلندر سوخت CNG خودرو (سمت چپ خودرو) | ۱۳. سنسور دمای سوخت (دماسنج) |
| ۳. مخزن یا سیلندر سوخت CNG خودرو (عقب خودرو) | ۱۴. سنسور فشار سوخت (فشارسنج) همراه با ابزار هشدار دهنده |
| ۴. محل ورود سوخت | ۱۵. شیر برقی (سولنوئید) خاموش کننده سوخت فشار بالا همراه با ابزار هشدار دهنده |
| ۵. شیر ورودی سوخت یک طرفه | ۱۶. تجهیزات جانبی شیر برقی (سولنوئید) خاموش کننده سوخت فشار بالا |
| ۶. شیر متوقف کننده یا خاموش کننده دستی | ۱۷. شیر اطمینان فشار |
| ۷. تنظیم کننده (رگولاتور) فشار سوخت | ۱۸. انژکتورهای سوخت |
| ۸. کنترل رانشگر انتقال نیرو | ۱۹. تجهیزات جانبی ASD |
| ۹. لوله تخلیه ایمنی فشار | ۲۰. شیرهای کنترل مخزن سوخت |
| ۱۰. سنسور فشار سنج سوخت | ۲۱. مسیر یا ریل سوخت |
| ۱۱. شیر برقی (سولنوئید) خاموش کننده سوخت فشار بالا | ۲۲. مسیر سوخت فشار پایین (تا موقع تنظیم شدن فشار) |

شکل ۱-۱۵ شماتیک سیستم سوخت مدار بسته به همراه تجهیزات خودروی طبیعی



شکل ۱-۱۶ نوعی سیستم مکانیکی سوخت مدار باز خودروی گاز طبیعی

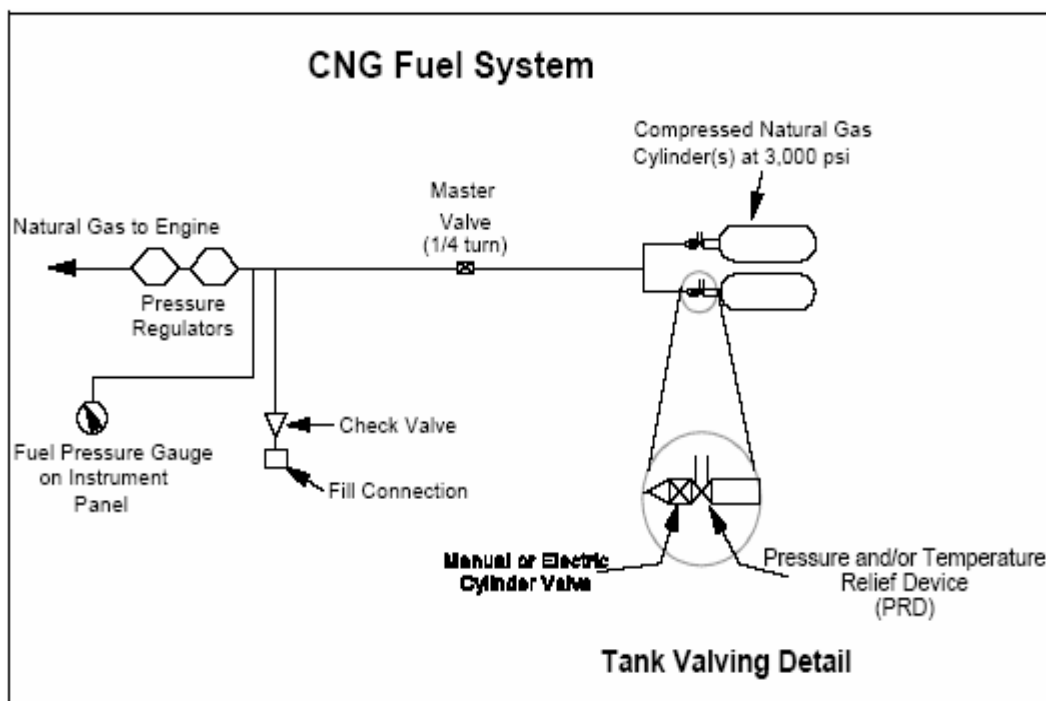
- قابل ذکر است در خودروهای سبک مانند پژو و پیکان و... در ایران از یک کپسول یا مخزن ۶۰ یا ۸۰ لیتری به جای سه مخزن سوخت اشاره شده در بالا استفاده می کنند.

بعداز بررسی انجام شده به ذکر نکاتی در مورد طرح های ایمنی سیستم سوخت خودرو و سیستم توزیع کننده می پردازیم:

- وجود شیرهای ایمنی: این شیرها یا دریچه ها عبارتند از:

- شیر اطمینان فشار: این وسایل از خرابی خطرناک سیلندر مربوط به فشار یا دمای بیش از حد گاز جلوگیری می نماید. شیرهای اطمینان گاز فشرده شده را در مسیرهای کنترل شده هدایت می کنند. پر کردن مخازن سوخت خودرو نیازمند زمان چند دقیقه ای می باشد تا کاملاً از شیرهای اطمینان تخلیه شود.

- شیرهای سیلندری الکتریکی یا دستی: این شیرها گاز ذخیره شده در سیلندر خودرو را از بقیه سیستم سوخت رسانی جدا می کنند. این شیرها در مواقعی که سوخت داخل سیلندرهاى خودرو در حال استفاده هستند، بسته می باشند.
- شیر اصلی یا پایه: مسیر اصلی سوخت شامل شیر باز و بسته کردن مسیر ورود گاز می باشد که قبل از به کار گیری سیستم اصلی سوخت خودرو تعبیه می شود. در شکل ۱-۱۷ این شیرها نشان داده شده اند.



شکل ۱-۱۷ سیستم ذخیره سوخت داخل خودرو تجهیز شده، با شیرهای ایمنی

- وجود اتصال ایمنی: هر واحد سوخت رسانی CNG بایستی اتصالات ایمنی متمایز از سوخت رسانی بنزین داشته باشد، که به لوله پلاستیکی (شلنگ) توزیع کننده بین نازل و دستگاه سوخت رسانی وصل می شود. این سیستم از آسیب های فاجعه بار، در هنگام سوخت رسانی به خودرو با نازل توزیع کننده جلوگیری می نماید. در غیر اینصورت منجر به عدم انتقال گاز از کمپرسور به خودرو و گسیختگی خط گاز میگردد و شرایط خیلی خطرناکی را به وجود می آورد.

- مونتاژ دقیق اتصال ایمنی: در این زمینه بایستی به حداقل کردن خطرات توجه نماییم و تا حد امکان از قیچی شدن آن جلوگیری کنیم. بدین منظور بایستی تمام مونتاژها از جمله مونتاژ لوله پلاستیکی را (قبل از راه اندازی ایستگاه) آزمایش نماییم. قابل ذکر است بایستی توجه شود که موانعی در دستگاه سوخت رسانی و یا نزدیک به آن وجود نداشته باشد، تا منجر به گرفتگی دستگاه و لوله پلاستیکی نشود.
- انعطاف پذیری اتصال: اتصال بایستی تا حد امکان منعطف باشد، به عبارتی قابلیت تاب خوردن را داشته باشد. در غیر این صورت خطرات و آسیب های جدی به سیستم از جمله لوله پلاستیکی، نازل و خود اتصالات و حتی کمپرسور وارد می گردد.
- سیستم تعدیل کننده دما و فشار: این طرح ایمنی مهم با استفاده از گیج ها و تجهیزات مورد نظر با در نظر گرفتن شرایط کاری سیستم، پارامترهای مورد نظر کمپرسور و مخزن ذخیره سازی و... انجام می پذیرد.

فصل ۲

معرفی و بررسی کامل انواع درایرهای ایستگاه

سوخت رسانی CNG و طراحی آنها

۱-۲ مقدمه

در بسیاری از موارد، گاز طبیعی را به صورت خالص نمی توان بدست آورد، بلکه معمولاً دارای آلاینده هایی از قبیل رطوبت، بخار روغن و گرد و غبار می باشد، که بر عملکرد نهایی و کارایی مفید سیستم اثرات منفی دارند و هزینه های تعمیر و نگهداری را افزایش می دهند. به همین دلیل ابتدا باید آلاینده ها را شنایی نمود و سپس آنها را حذف کرد.

در صنایع مختلفی که استفاده از گاز مرسوم است، برای جذب رطوبت و سایر بخارات ناچیز موجود در گاز از وسیله ای به نام درایر استفاده می شود، که رطوبت و بخارات موجود در گاز پس از عبور از آن، جذب شده و گاز به صورت خشک به مصرف کننده فرستاده می شود.

۲-۲ اهمیت استفاده از درایر گاز طبیعی در ایستگاه های سوخت رسانی

گاز طبیعی، شامل میزان زیادی آب به شکل بخار در سیستم سوخت رسانی می باشد. وجود این آب منجر به افزایش خوردگی تجهیزات شده و ضمن ترکیب، گاز طبیعی، دی اکسید کربن (CO_2) و سولفید هیدروژن (H_2S) تشکیل می دهد. به عبارت دیگر وجود آب در گاز طبیعی باعث شکل گیری اسید در مخزن شده و با گذشت زمان رشد ترک و گسیختگی در مخزن را منجر می شود. علاوه بر این هیدرات ها

یا کریستالهای جامد آب، در مخزن و موتور و یا سیستم بین مخزن و موتور شکل می گیرد. ترکیبات مذکور به بدنه تجهیزات (مخزن، موتور و...) صدمه وارد می آورد، لذا باعث اختلال و توقف در سیستم سوخت رسانی می شود.

برای جلوگیری از شکل گیری آب، دمای نقطه شبنم^۱ (دمایی که اولین قطرات آب پدیدار می گردد) بسیار حائز اهمیت است. هر چه دمای نقطه شبنم آب کمتر از پایین ترین دمای متوسط در ایستگاه سوخت رسانی باشد، خشک کنندگی گاز و به دنبال آن کارایی سیستم بهتر خواهد شد.

مهمترین دلیل برای عدم نصب درایر در ایستگاههای NGV در زمانهای گذشته، این بود که گاز را تقریباً "خشک در نظر می گرفتند، لذا برخی سازندگان ایستگاههای CNG نسبت به نصب درایر رغبتی از خود نشان نمی دهند. اما عمومی ترین دلیل عدم نصب درایر، اعتقاد به این است که گاز طبیعی فشرده با نقطه شبنم ۴۰- درجه سانتیگراد، خشک می باشد. یعنی با این تفکر که دما به ۴۰- درجه نمی رسد و بخار آب موجود مایع نمی گردد، قرار دادن درایر ضروری به نظر نمی رسد. اما این در حالی است که اثرات تراکم در نظر گرفته نشده است. به طوریکه با افزایش فشار نقطه شبنم نیز به طور قابل توجهی افزایش می یابد و در دمای بالاتری بخار به مایع تبدیل می گردد که این دما تا حدود صفر درجه سانتیگراد هم می رسد.

قوانین فیزیکی نشان می دهند که نقطه شبنم گاز، با افزایش فشار زیاد می گردد. بدین ترتیب اگر چه نقطه شبنم گاز در خط لوله، در موقع ورود به کمپرسور پایین باشد، ولی آن دما به طور قابل توجهی در خروج از کمپرسور با تراکم و افزایش فشار گاز، زیاد می گردد، لذا شکل گیری آب، راحت تر صورت می پذیرد.

قابل ذکر است که نقطه شبنم گاز قبل از تخلیه از کمپرسور، در بعضی از سیستم ها، ۱۱ درجه سانتیگراد

۱- Dew Point Temperature

(52°F) می باشد. لذا دمای گاز بعد از اینکه به زیر دمای مذکور نزول کند، قطرات آب تشکیل می شود و چنانچه دمای آن به زیر دمای صفر درجه سانتیگراد (32°F) پایین بیاید، آب حاصل منجمد می شود. این انجماد باعث گرفتگی مسیر ورودی CNG به تجهیزات مختلف شده و بدین ترتیب باعث اختلال و توقف سوخت رسانی در سیستم می شود.

۲-۱-۲ عمده ترین دلایل جذب رطوبت از گاز طبیعی در ایستگاه CNG

الف) رطوبت موجود در گاز طبیعی در مجاورت گازهایی مانند CO_2 و H_2S ایجاد ترکیبات خورنده اسیدی می نماید، که حضور آنها در مخازن، پر و خالی شدن متناوب آنها از این مواد، ممکن است باعث ایجاد ترک و صدمات بعدی در مخازن شود.

ب) وجود رطوبت در گاز باعث بروز مشکلاتی در سیستم دیسپنسر^۱ (توزیع کننده) شده و دقت وسایل اندازه گیری دبی را کاهش می دهد.

ج) رطوبت موجود گاز با ورود به وسیله نقلیه، در اثر کاهش دما و فشار به مایع تبدیل شده و در دماهای پایین، کریستالهای یخ تشکیل می گردد. به این ترتیب عبور جریان با مشکل مواجه شده و نهایتاً "مسیر جریان مسدود می شود و چون در مخزن خودروها سیستم تخلیه^۲ وجود ندارد، مشکل جمع شدن آب و یخ زدگی در مخزن سوخت رخ می دهد.

به همین دلیل، امروزه در صنایعی که با گاز یا هوای فشرده سر و کار دارند، حذف این آلاینده ها (به خصوص رطوبت و گرد و غبار) از نکات مهم به شمار می رود و برای این منظور تجهیزات ویژه ای ساخته شده است.

مقدار رطوبتی که به عنوان بخار می تواند به صورت مخلوط با سیال بماند، توسط دما و حجم مخلوط معین می شود و در این مورد فشار کاری^۳ مهم نیست. درک این موضوع برای فهمیدن نحوه عملکرد

۱- Dispenser System

۲- Drain System

۳- Working Pressure

سیستم های با سیال فشرده مهم است. رطوبت نسبی، مقیاس میزان بخار در سیال در مقایسه با ماکزیمم مطلق رطوبتی که می تواند سیال در آن دما جذب کند، می باشد. اگر چه سیال در دماهای بالاتر می تواند میزان بیشتری بخار در خود نگاه دارد، گرم کردن سیال، بدون تغییر دادن میزان رطوبت، رطوبت نسبی را پایین خواهد آورد و برعکس. وقتی که سیال تا نقطه ای که رطوبت نسبی به ۱۰۰ درصد می رسد، سرد می شود و تا وقتی که بخار به مایع تبدیل گردد ادامه یابد، گفته می شود سیال تا نقطه شبنم سرد شده است.

وقتی گاز فشرده می شود، حجمش کاهش می یابد و در نتیجه حجم بزرگی از رطوبت که در آن حجم سیال جذب شده بود، در یک بخش و فضای کوچکتر متراکم می شود. تا هنگامی که ازدیاد فشار، میزان رطوبت را بالا نبرد، فشرده سازی اثر مثبتی بر ازدیاد رطوبت ندارد. در این شرایط مایعات توسط سیستم خنک کننده میانی جمع آوری و دفع می شوند.

اگر درایری، در راه عبور سیال تعبیه شده باشد، آن گاه سیال با رطوبت نسبی ۱۰۰ درصد و با دمای بیشتر از دمای موردنیاز، وارد بخش توزیع می شود. نتیجه این امر، خوردگی شیر و لوله، هزینه های نگهداری بالاتر ابزار و دیگر اثرات نامطلوب و همراه بودن رطوبت با سیال فشرده شده است. بدین جهت گرایش روز افزون به خشک نمودن سیال ورودی به سیستم پدید آمده است.

۲-۲-۲ استاندارد میزان آب بخار در ترکیب گاز طبیعی

میزان غلظت بخار آب و رطوبت مطلق در مخلوط گاز اساساً "تابعی از فشار بخار آب می باشد که آن نیز به نوبه خود تابعی از دمای مخلوط است.

همچنین علاوه بر غلظت بخار آب تا حدی تابع عوامل زیر می باشد:

(۱) تاثیر فشار سیستم بررسی فشار بخار آب^۱

(۲) تاثیر تبدیلات انرژی بین مولکولی^۲

(۳) اثر ترکیب^۳ که معمولا "تأثیر بسیار ناچیزی داشته و از آن صرفنظر می شود.

با توضیحات فوق، استفاده از درایر در سیستم سوخت رسانی بسیار مشهود بوده و عمده ترین مزایای آن عبارتست از:

- افزایش برخی بهره وری سیستم (قابلیت اطمینان بالاتر)
- جلوگیری از خوردگی تجهیزات (بالا بردن عمر سیستم)
- اندازه گیری دقیق CNG (در ورود و در خروج)
- عدم نیاز به متانول

قابل ذکر است که متانول را عموماً "برای جلوگیری از تشکیل هیدراتها در خط لوله به کار می برند که با گذشت زمان، باعث خوردگی لوله ها و تجهیزات می شود، چنانچه استاندارد SAE J۱۶۱۶ توصیه می کند که هیچ متانولی تا حد امکان به گاز طبیعی اضافه نشود.

لذا بررسی خطوط لوله گاز طبیعی کشور و تشخیص نیاز یا عدم نیاز به استفاده از درایر گاز طبیعی در جایگاههای CNG، امری اجتناب ناپذیر است.

استانداردها و روشهای تجربی متفاوتی برای نقطه شبنم CNG استفاده شده در ایستگاههای سوخت رسانی وجود دارد که از جمله می توان به استاندارد (E) ۲۰۰۰: ۱۵۴۰۳ ISO اشاره کرد. در قسمت های بعدی، بعضی از این استانداردها تشریح خواهند شد.

۱- Pointing Effect

۲- Solubility Effect

۳- Composition

برای اینکه بیشتر به لزوم استفاده از درایر در ایستگاه CNG پی ببریم، مثالی را ارائه می کنیم:

فرض کنید که ایستگاهی در یکی از شهرهای ایران نصب شود و فشار گاز داخل مخازن ذخیره سازی^۱ ۲۵۰ bar g باشد. اگر نرخ تراکم کمپرسور را تقریباً "۱۲۵ در نظر بگیریم، بدین معنا که مقدار رطوبت خروجی از کمپرسور در حجم مفروض گاز، ۱۲۵ برابر مقدار رطوبت اولیه گاز می شود. نقطه شبنم گاز در تخلیه کمپرسور، ۲۵+ درجه سانتیگراد می شود که به طور قابل توجهی بالاتر از پایین ترین دمای در نظر گرفته محیط ایستگاه (۱۵- °C) می باشد. دقت شود اگر فشار درون مخازن ذخیره (ذخیره کننده های آبشاری یا ترتیبی) ۳۵۰ bar g باشد، نقطه شبنم گاز ۳۲۰ C+ خواهد شد.

بدین ترتیب توزیع و انتقال گاز را در تجهیزات ایستگاه و سپس خودرو با بسیاری از خطرات روبرو خواهد کرد، که از آن جمله می توان انجماد در نازل های سوخت رسانی و توزیع کننده ها، خوردگی و... را اشاره کرد.

۲-۳ بررسی انواع درایرها

همانطور که اشاره شد، جهت کاهش هزینه های تعمیر و نگهداری و عدم توقف خطر سوخت رسانی، افزایش بهره وری و افزایش کیفیت سوخت توزیع شده به خودرو، بایستی گاز طبیعی خشک و عاری از رطوبت باشد. بدین منظور از دو نوع درایر از لحاظ عملکرد استفاده می شود:

۱- درایرهای تبریدی^۲

۲- درایرهای جذبی^۳

۱- Storage Vessels

۲- Refrigerant Dryer

۳- Desiccant Dryer

۲-۳-۱ طرز کار درایرهای تبریدی

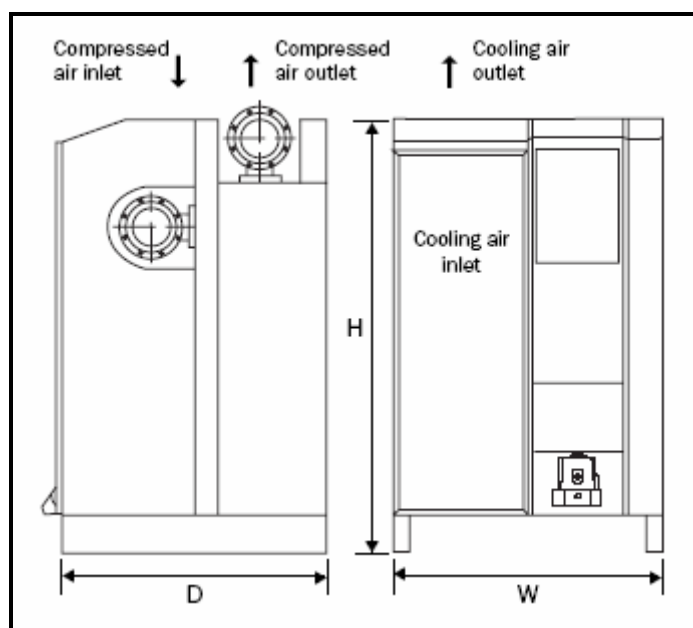
عملکرد این نوع درایرها براساس دو فرآیند تبرید و تراکم است. به این نحو که ابتدا گاز توسط یک کمپرسور فشرده می شود و سپس وارد یک محدوده سرمایشی شده تا با ایجاد برودت تا نقطه شبنم بخارات و رطوبت موجود در گاز تراکم، تبدیل به مایع شده و جدا گردد. در شکل ۱-۲ ساختار کلی درایر نمایش داده شده است.



شکل ۱-۲ درایر تبریدی

بنابراین در این نوع از درایرها، نقطه شبنم بخارات جدا شده، بستگی به فشاری دارد که گاز تا آن فشار متراکم شده است. به این صورت که هرچه فشار تراکم گاز افزایش یابد، نقطه شبنم بخارات موجود در آن افزایش می یابد. لذا غالباً "درایرهای تبریدی، نقطه شبنم صفر درجه سانتیگراد را تضمین نمی کنند.

نقطه شبنم این نوع درایرها از $1/67^{\circ}\text{C}$ تا $3/33^{\circ}\text{C}$ متغیر است. برای ملاحظه تغییرات فشار، دما و دبی این سیستم، به یک دستگاه کنترل خودکار لازم است. نصب این درایرها نسبتاً آسان است. نحوه لوله کشی و اتصالات الکتریکی آن باید به دقت انجام شوند. ظرفیت این درایرها از $16/9901\text{ Nm}^3/\text{h}$ تا $42475/27\text{ Nm}^3/\text{h}$ است. در شکل ۲-۲ نقشه ابعادی یک نوع درایر تبریدی و در جدول ۱-۲ مشخصات کلی آن آورده شده است.



شکل ۲-۲ نقشه ابعادی یک نمونه درایر تبریدی

جدول ۱-۲ مشخصات کلی یا ابعادی درایر تبریدی شکل فوق
(سری D از ۱۲۰۰ تا ۱۴۰۰ وات)

| Model | | Volume flow cfm | Cooling air cfm | Power consumption kW | Max. working pressure psig | Pressure drop psig | Air connection ANSI Flange | Condensate drain | Refrigerant | Weight lbs. |
|----------------|--------|--------------------|--------------------|-------------------------|-------------------------------|-----------------------|-------------------------------|------------------|-------------|----------------|
| Housing Type 1 | 1200 | 1200 | 5880 | 3.78 | 150 | 2.9 | 4" | 3/4" | R 134 a | 948 |
| | 1400 | 1400 | 5880 | 4.44 | 150 | 3.1 | 4" | 3/4" | R 134 a | 992 |
| | 1600 | 1600 | 5880 | 5.28 | 150 | 3.6 | 4" | 3/4" | R 134 a | 1014 |
| | 2000 | 2000 | 5500 | 6.84 | 150 | 2.3 | 6" | 3/4" | R 134 a | 1322 |
| | 2400 | 2400 | 5500 | 7.56 | 150 | 3.2 | 6" | 3/4" | R 134 a | 1345 |
| | 3000 | 3000 | 5500 | 9.84 | 150 | 3.6 | 6" | 3/4" | R 134 a | 1422 |
| 2 | 4000 W | 4000 | water cooled | 11.3 | 150 | 3.1 | 8" | 3/4" | R 134 a | 2227 |
| | 5000 W | 5000 | water cooled | 13.8 | 150 | 3.1 | 8" | 3/4" | R 134 a | 2602 |
| 3 | 6200 W | 6200 | water cooled | 20.0 | 150 | 3.0 | 10" | 3/4" | R 134 a | 3212 |
| | 7400 W | 7400 | water cooled | 23.5 | 150 | 3.0 | 10" | 3/4" | R 134 a | 3674 |

| Main Dimensions | Width inches | Height inches | Depth inches |
|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|
| Housing Type 1 | 48 | 75 | 48 |
| Housing Type 2 | 88 | 75 | 48 |
| Housing Type 3 | 88 | 93 | 59 |

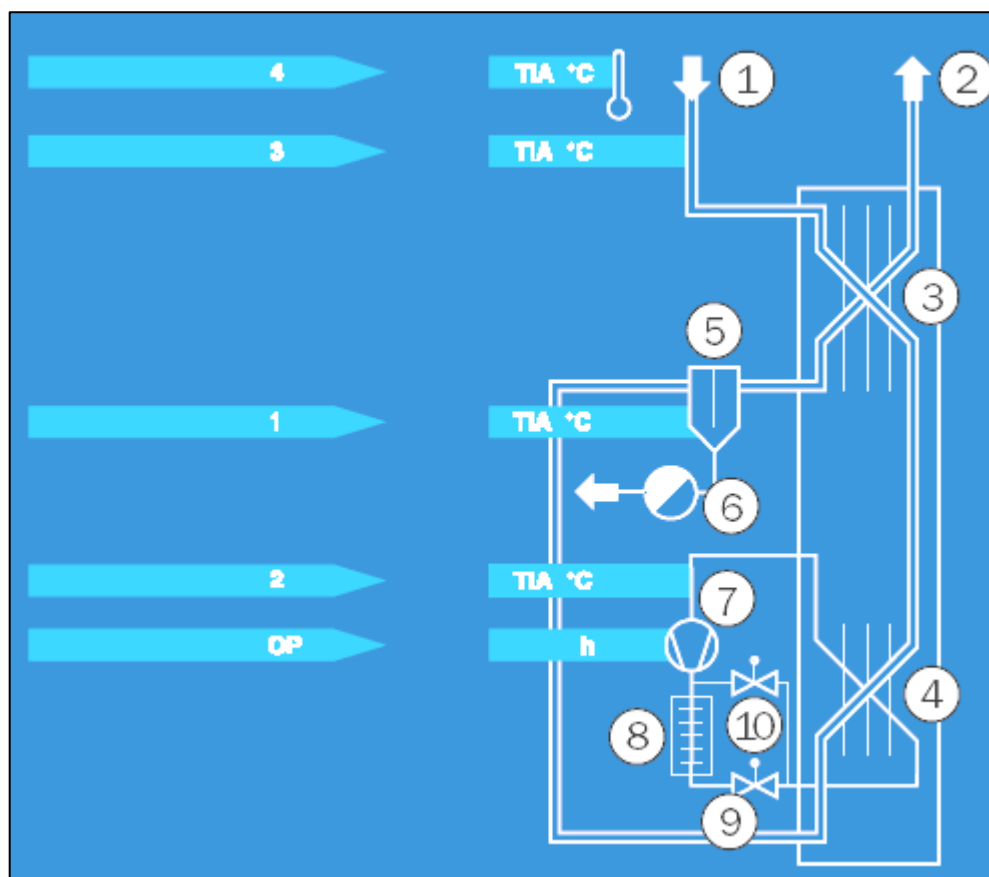
مزایای عمده این سیستم دو مورد است: اول آنکه سیال ورودی از قبل خنک شده در سیستم خنک کاری
طوری تنظیم شده، چنانچه افزایش یا کاهش حرارت را تضمین نموده و انرژی را به اندازه ۴۰ تا ۵۰ درصد
ذخیره می نماید. دوم آنکه هیچ سیال سردی از طریق مجرای سیال فشرده انتقال داده نمی شود. بنابراین
از شکل گیری مایعات کندانس شده در سطوح خارجی سیستم لوله کشی جلوگیری می نماید.

در طراحی درایر تبریدی بایستی توجه به این نکته داشت که دارای دو سیستم مجزا از یکدیگر می باشد:

۱- سیستم هوایی: شامل دو مبدل حرارتی و یک جداساز و یا سیستم تخلیه خودکار می باشد.

۲- سیستم تبریدی: شامل کمپرسور، کندانسور (چگالنده) و شیرهای تنظیم می باشد.

انرژی لازم برای کارکرد در این درایرها انرژی الکتریکی به اضافه آب لازم برای کندانسورهای خنک شونده با آب می باشد. و نقطه شبنم در ۱۰۰ psig فشار ۳۸° F یا ۵۰° F می باشد. در شکل ۲-۳ تجهیزات و شماتیک نمودار جریان این درایر آورده شده است.

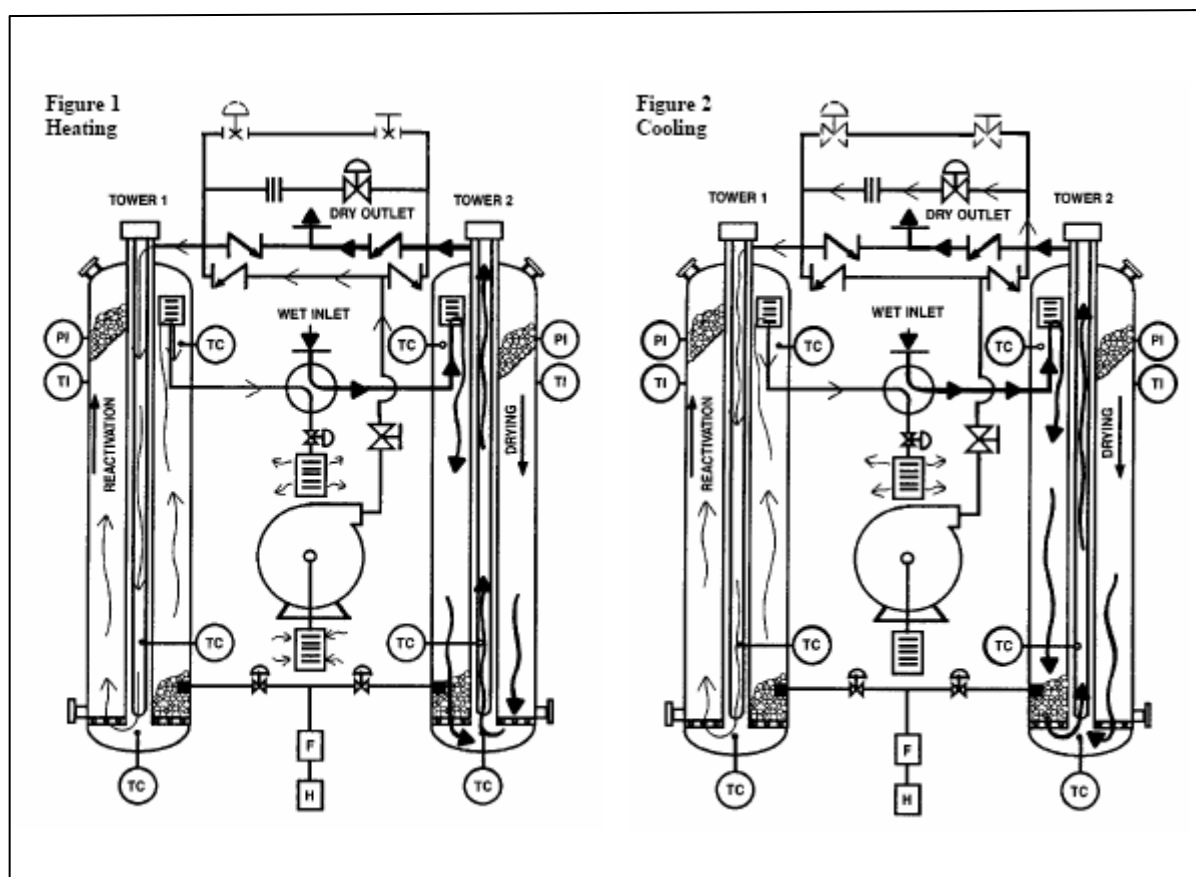


| | |
|---------------------------------|---------------------------------|
| ۱- ورودی گاز فشرده | ۶- سیستم تخلیه کنترل شده |
| ۲- خروجی گاز فشرده | ۷- کمپرسور تبریدی محکم و سربسته |
| ۳- مبدل حرارتی خنک کننده با هوا | ۸- چگالنده تبریدی |
| ۴- مبدل حرارتی تبریدی | ۹- شیر تنظیم ترموستات |
| ۵- جداکننده ذرات زاید | ۱۰- کنترل ظرفیت تبرید |

شکل ۲- ۳ تجهیزات و شماتیک اصول کارکرد درایر تبریدی

۲-۳-۲ اصول عملکرد درایرهای جذبی

قدیمی ترین، کم هزینه ترین و مؤثرترین نوع درایر یا خشک کننده، نوع جذبی است که به طور ساده نم را به درون مواد جاذب رطوبت می کشد. این مواد جاذب بعد از مدتی باید تعویض گردند. وقتی ماده خشک کننده نمک باشد، می توان آنها را طوری طراحی کرد که نقطه شبنم آن به ۱۲ تا ۲۰ درجه فارنهایت پایین بیاید. خشک کننده هایی که از ماده خشک کننده استفاده می کنند، پایین ترین نقطه شبنم را دارند که دمای این نقطه تا ۴۰- درجه فارنهایت نیز می رسد. این نوع خشک کننده ها در نوع خود پرهزینه هستند. در شکل ۲-۴ اصول عملکرد این نوع درایرها نمایش داده شده است.



شکل ۲-۴ اصول عملکرد درایر (از نوع جذبی و درای گرم کن)

مخازنی که در آنها ماده جاذب رطوبت ریخته می شود به صورت دوگانه (جفتی) می باشند. به عبارتی این خشک کننده ها معمولا" شامل دو برج خشک کننده می باشد. با ورود گاز طبیعی به یکی از این برجهای خشک کننده از طریق کنترل با PLC و شیرهای اطمینان، تخلیه و... عمل خشک کردن گاز طبیعی با استفاده از مواد دسیکانت (از جمله مولکولارسیو، آلومینا اکتیو) و عبور گاز طبیعی از بستر این مواد صورت می گیرد و برج دیگر در حال احیاء کردن گاز می باشد، بدین ترتیب آب جذب شده از CNG را در حین سیکل خشک کردن قبلی خود را جمع آوری (بازیافت) کرده و براساس مدت زمانی معین (از طریق PLC و...) خود را برای خشک کردن گاز طبیعی وارد شده در سیکل آتی آماده می نماید.

بایستی توجه داشت که خشک کننده های درایرهای تک برج قابل احیاء^۱ نیز وجود دارند، که گاز طبیعی با وارد شدن در برج خشک کن و گذر از مواد دیسکانت، کاملاً" خشک می شود. در شکل ۲-۵ این نوع درایر نمایش داده شده است و در جدول ۲-۲ مشخصات کلی آن آورده شده است. فقط این درایرها زمانی مشخص^۲ برای احیای گاز نیاز دارند تا برای سیکل بعدی خشک کردن گاز آماده شوند، در حالی که در درایرهای با دو برج یا دو ستون، این زمان استراحت برای احیا حذف می شود. در هر لحظه فقط یکی از این مخازن فعال می باشد و از طریق یک لوله پس خورد مقداری از جریان به درون مخزن دیگر که غیرفعال می باشد دمیده می شود. این کار برای گرفتن رطوبت و ناخالصی ها از ماده جاذب موجود در مخزن غیرفعال می باشد. بدین ترتیب مخزن غیرفعال آماده استفاده می گردد و این بار مخزن دوم فعال و مخزن اول غیرفعال می باشد و این سیکل به همین ترتیب ادامه می یابد.

ولی در خروجی این مخزن، مقداری از جریان درون یک مخزن کوچک ذخیره می گردد و در مواقعی که درایر در سیکل استراحت باشد، از داخل مخزن کوچک جریان کنترل شده ای به داخل مخزن اصلی دمیده می شود و بدین ترتیب عملیات خشک کنی ماده جاذب انجام می گیرد.

۱- Regenerable Single Tower Natural Gas Dryer

۲- Downtime



شکل ۲-۵ درایر جذبی تک مخزن دارای سیکل احیاء

جدول ۲-۲ مشخصات کلی درایر جذبی تک مخزن دارای سیکل احیاء

| Model No | Pipe Size | Adsorption Capacity (approx) | | Inlet Gas Flow (approx)* Nm³/hr (scfm) | | | | | | Weight Kg (lbs) | Dimensions mm (in) | | |
|-----------------------|-----------------|-----------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------|----------------|--------------------|-----------------------|--------------|--------------|
| | | m³ x 10⁶ @ 110 mg/Nm³ H₂O loading | MMSCF @ 7 lbs H₂O / MMSCF | | | | | | | | | | |
| | | 0.7 bar g (10 psi g) | 3.5 bar g (50 psi g) | 7 bar g (100 psi g) | 10 bar g (145 psi g) | 16 bar g (232 psi g) | 25 bar g (363 psi g) | Height | Width | | Depth | | |
| STR18NGX AutoDew | DN40 1½" FLG | 0.13 | 4.70 | 176 (109) | 460 (286) | 815 (507) | 1135 (706) | 1754 (1091) | 2682 (1668) | 1727 (3800) | 2413 (95) | 1427 (68) | 2032 (80) |
| STR20NGX AutoDew | DN50 2" FLG | 0.18 | 6.30 | 324 (202) | 849 (528) | 1505 (936) | 2096 (1304) | 3238 (2014) | 4951 (3079) | 2000 (4400) | 2413 (95) | 1427 (68) | 2032 (80) |
| STR24NGX-2 AutoDew | DN50 2" FLG | 0.27 | 9.40 | 324 (202) | 849 (528) | 1505 (936) | 2096 (1304) | 3238 (2014) | 4951 (3079) | 2273 (5000) | 2413 (95) | 1427 (68) | 2032 (80) |
| STR24NGX-3 AutoDew | DN80 3" FLG | 0.27 | 9.40 | 540 (336) | 1415 (880) | 2509 (1561) | 3493 (2173) | 5396 (3356) | 8251 (5132) | 2454 (5400) | 2413 (95) | 1427 (68) | 2184 (86) |
| STR30NGX-2 AutoDew | DN50 2" FLG | 0.40 | 14.30 | 324 (202) | 849 (528) | 1505 (936) | 2096 (1304) | 3238 (2014) | 4951 (3079) | 2545 (5600) | 2845 (112) | 1427 (68) | 2032 (80) |
| STR30NGX-3 AutoDew | DN80 3" FLG | 0.40 | 14.30 | 540 (336) | 1415 (880) | 2509 (1561) | 3493 (2173) | 5396 (3356) | 8251 (5132) | 2727 (6000) | 2845 (112) | 1427 (68) | 2184 (86) |

این نوع درایرهای متداول صنعتی و آزمایشگاهی، براساس جذب رطوبت متوسط یک ماده رطوبت گیر کار می کنند و بعد از مدتی که این مواد از رطوبت اشباع شدند، یا باید به نحوی مناسب بازیافت (احیاء) شوند و یا با تعویض آنها از مواد نو استفاده نمود.

این نوع درایرها، بهترین انتخاب ممکن برای خشک کردن گاز و محافظت سیستم به شمار می روند. هر درایر جذبی دارای دو نوع ستون محتوی ماده جاذب رطوبت است، که معمولاً "به روش فیزیکی رطوبت را به خود جذب نموده و از گاز جدا می کنند. در زمانی که گاز گذرنده از یک ستون (برج) رطوبت زدایی می شود، ماده جاذب موجود در ستون دیگر بازیافت می شود.

نقطه شبنم ماده خشک کننده، نقش مهمی در انتخاب نوع درایر دارد. چرا که برخلاف درایرهای تبریدی در این نوع از درایرها، نقطه شبنم بخارات جذب شده می تواند به زیر صفر درجه هم برسد. این نکته مهمی در انتخاب این نوع درایر خواهد بود، چرا که در نواحی سردسیر کارآیی خود را از دست نخواهد داد. نقطه شبنم ماده جاذب در این درایرها 40°C است که می توان در شرایط خاص تا $73/3^{\circ}\text{C}$ را هم تأمین نمود. یک شبکه لوله کشی با سیستم کنترل مجهز به شیرهای برقی، مسیر جریان گاز را به هر یک از ستونها به ترتیب مناسبی هدایت می کنند.

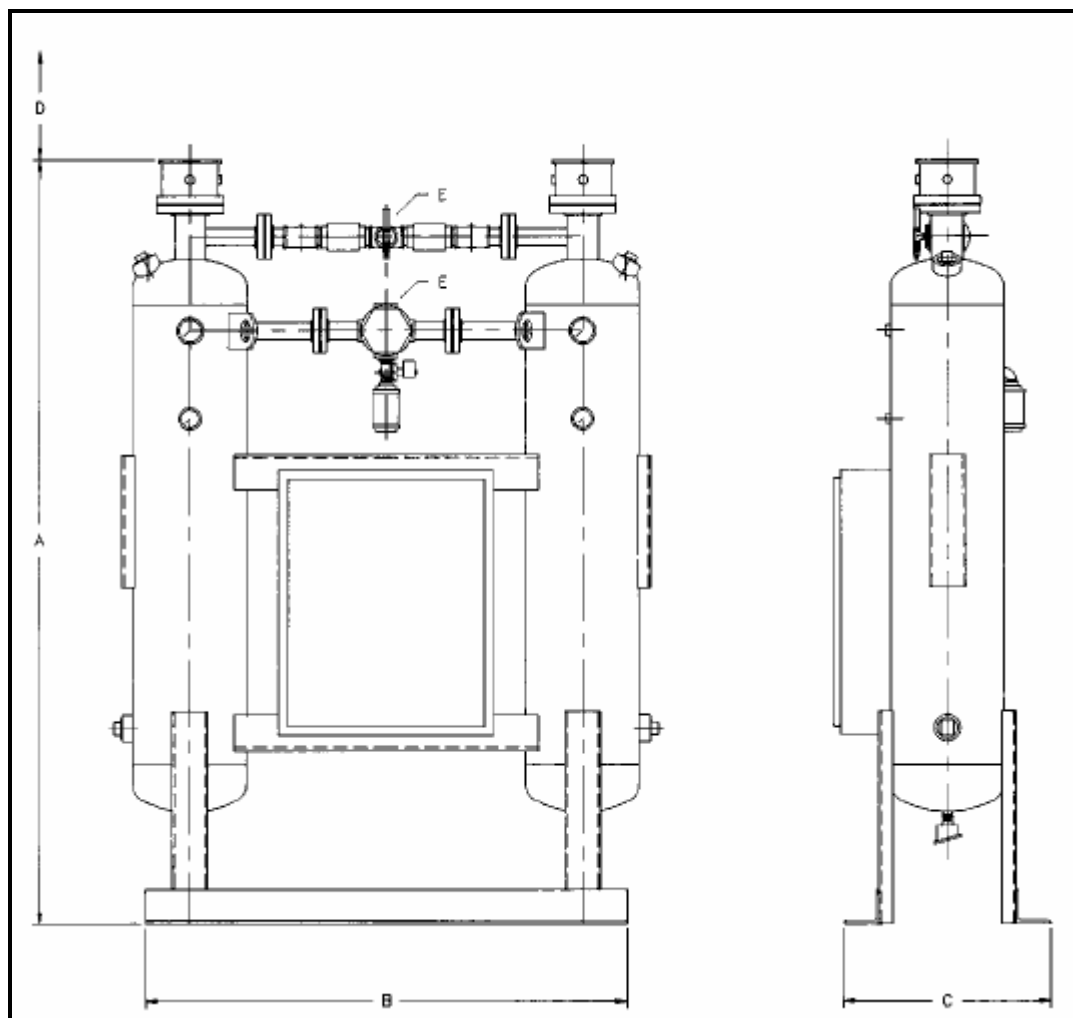
بدین ترتیب این نوع درایرها، از حیث تجهیزات به کار رفته در آنها، به چند دسته تقسیم می شوند:

الف) درایرهای بدون گرم کن^۱: معمولاً برای ظرفیت های $16/99 \text{ Nm}^3/\text{h}$ تا $8495/054 \text{ Nm}^3/\text{h}$ طراحی می شوند و با استفاده از گاز خشک تولید شده و بدون حرارت عمل می نمایند. ساختمان نسبتاً ساده دارند و هزینه اولیه آنها پایین است.

ب) درایرهای دارای گرم کن^۲: برای ظرفیت های $254/8516 \text{ Nm}^3/\text{h}$ تا $5097/032 \text{ Nm}^3/\text{h}$ طراحی می شوند. در شکل های ۲-۶ و ۲-۷ نقشه ابعادی دو نوع درایر (P Hydrier و PC Hydrier) نمایش داده شده است. در جداول ۲-۳ و ۲-۴ مشخصات ابعادی این دو نوع درایر بیان شده است.

۱- Heatless Dryer

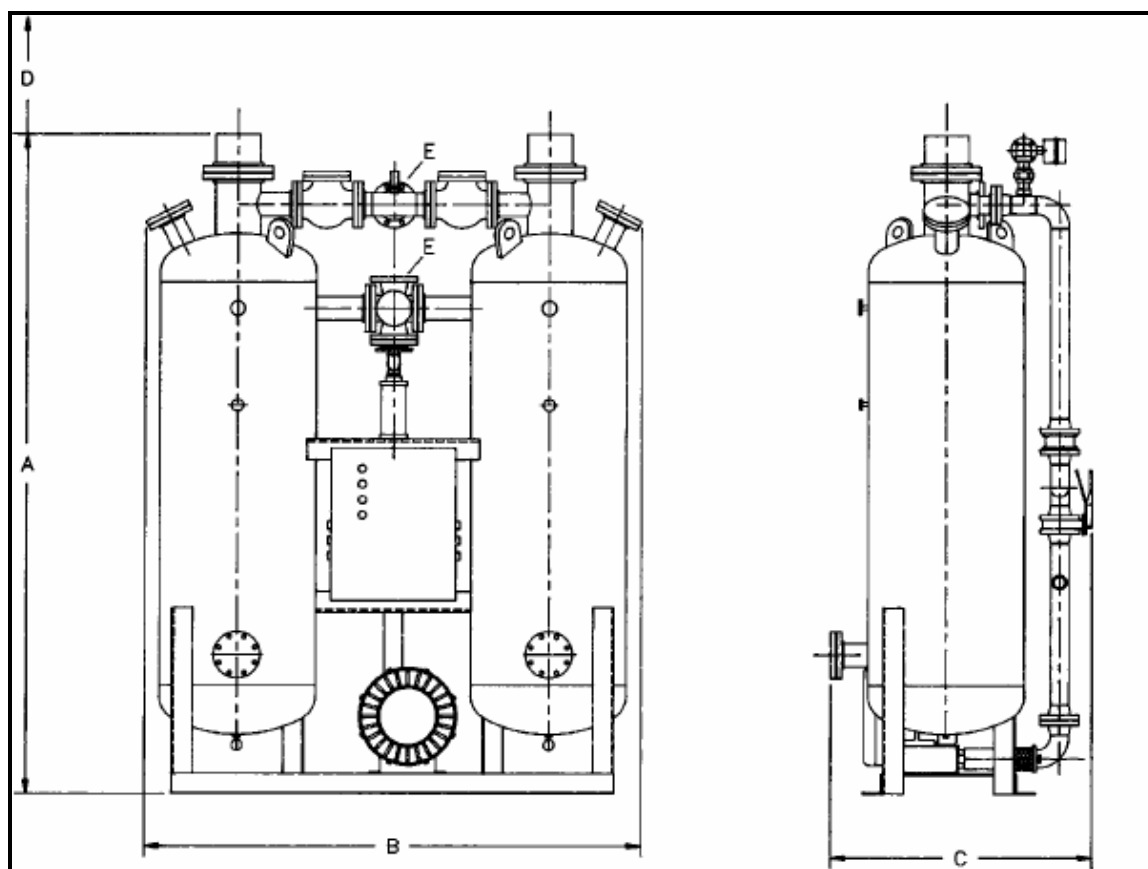
۲- Heater Dryer



شکل ۲-۶ نقشه ابعادی یک نمونه درایر دارای گرم کن (نوع P Hydrier)

جدول ۲-۳ مشخصات کلی یا ابعادی درایر شکل فوق (نوع p Hydrier)

| Model | 83P | 103P | 123P | 143P | 163P | 183P | 203P | 243P | 253P | 303P | 363P |
|------------------------------------------|-------|-----------|-----------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| "A" Height (In.) | 78 | 87 | 89 | 104 | 115 | 116 | 114 | 119 | 129 | 128 | 134 |
| "B" Width (In.) | 51 | 56 | 62 | 64 | 68 | 72 | 77 | 88 | 88 | 98 | 107 |
| "C" Depth (In.) | 19 | 21 | 24 | 25 | 23 | 25 | 26 | 29 | 29 | 39 | 44 |
| "D" Overhead Clearance Recommended (In.) | 57 | 55 | 55 | 75 | 77 | 77 | 87 | 75 | 95 | 95 | 95 |
| "E" Inlet & Outlet Pipe Size (In.) | 1 NPT | 1-1/2 NPT | 1-1/2 NPT | 1-1/2 NPT | 2 FLG | 2 FLG | 2 FLG | 3 FLG | 3 FLG | 3 FLG | 4 FLG |
| Total Est. Shipping Weight (Lbs.) | 810 | 1,160 | 1,440 | 1,745 | 2,320 | 2,640 | 2,960 | 3,520 | 4,360 | 6,400 | 8,800 |
| *Capacity SCFM @ 100 PSIG and 100°F | 100 | 200 | 300 | 425 | 600 | 800 | 1,000 | 1,200 | 1,550 | 2,200 | 3,200 |
| Heater KW | 1.3 | 2.5 | 3.7 | 5.4 | 8.0 | 9.8 | 12.0 | 14.3 | 19.2 | 28.8 | 39.3 |



شکل ۷-۲ نقشه ابعادی یک نمونه درایر دارای گرم کن و دارای فن (نوع PC Hydrier)

جدول ۴-۲ مشخصات کلی یا ابعادی درایر شکل فوق (نوع PC Hydrier)

| Model | 83PC | 103PC | 123PC | 143PC | 163PC | 183PC | 203PC | 243PC | 253PC | 303PC | 363PC |
|---------------------------------------------|-------|-----------|-----------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| "A" Height (In.) | 84 | 87 | 89 | 104 | 115 | 116 | 114 | 119 | 128 | 128 | 134 |
| "B" Width (In.) | 51 | 56 | 62 | 64 | 68 | 72 | 77 | 88 | 88 | 98 | 107 |
| "C" Depth (In.) | 22 | 24 | 24 | 27 | 28 | 29 | 29 | 36 | 38 | 52 | 59 |
| "D" Overhead Clearance Recommended (In.) | 57 | 62 | 62 | 78 | 85 | 85 | 85 | 76 | 95 | 95 | 95 |
| "E" Inlet & Outlet Pipe Size (In.) | 1 NPT | 1-1/2 NPT | 1-1/2 NPT | 1-1/2 NPT | 2 FLG | 2 FLG | 2 FLG | 3 FLG | 3 FLG | 3 FLG | 4 FLG |
| Total Est. Shipping Weight (Lbs.) | 850 | 1,200 | 1,500 | 1,850 | 2,450 | 2,800 | 3,150 | 3,800 | 4,600 | 6,800 | 9,300 |
| *Capacity - Inlet SCFM @ 100 PSIG and 100°F | 100 | 200 | 300 | 425 | 600 | 800 | 1,000 | 1,200 | 1,550 | 2,200 | 3,200 |
| Heater KW | 1.3 | 2.5 | 3.7 | 5.4 | 8.0 | 9.8 | 12.0 | 14.3 | 19.2 | 28.8 | 39.3 |
| Blower KW | 0.25 | 0.38 | 0.60 | 0.90 | 1.0 | 2.0 | 2.2 | 3.0 | 4.0 | 7.8 | 10.0 |

ج) درایرهای تک مخزن (منفرد): در این نوع درایرها، به این علت که هیچ قسمت متحرکی وجود ندارد هزینه تعمیر و نگهداری چندانی ندارد.

تنها باید ماده جاذب آنها را چند ماه یک بار (۲ تا ۳ بار در سال) عوض کرد. مدل‌های استاندارد در این نوع درایر، تا ظرفیت $27184/17 \text{ Nm}^3/\text{h}$ ساخته شده اند. دمای نقطه شبنم خروجی گاز این درایرها، حدود 20°F پایین تر از دمای گاز ورودی است. در طراحی این نوع درایرها بایستی توجه داشت که شامل یک مخزن منفرد است که به صورت قائم قرار گرفته است. صفحه ای در بالای مسیر ورود گاز تعبیه شده است که نقش بستر نگهدارنده را برای مواد جاذب ایفا می کند و افت فشار، کمتر از یک درصد فشار کاری است و در این درایرها، حداکثر دمای گاز ورودی و دمای محیط 100°F می باشد. در شکل ۲-۸ و در جدول ۲-۵ این درایر از نوع فاقد سیکل احیاء به همراه مشخصات کلی آن آورده شده است.



شکل ۲-۸ درایر جذبی تک مخزن فاقد سیکل احیاء (هزینه پایین و ظرفیت کم)

جدول ۲-۵ مشخصات کلی درایر جذبی تک مخزن فاقد سیکل احیاء

| Model No | Pipe Size | Adsorption Capacity (approx) | | Inlet Gas Flow (approx)* Nm³/hr (scfm) | | | | | | Weight Kg (lbs) | Dimensions mm (in) | | |
|------------|-----------------|-----------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------|-----------------------|--------------|--------------|
| | | m³ x 10⁶ @ 110 mg/Nm³ H₂O loading | MMSCF @ 7 lbs H₂O / MMSCF | 0.7 bar g (10 psi g) | 3.5 bar g (50 psi g) | 7 bar g (100 psi g) | 10 bar g (145 psi g) | 16 bar g (232 psi g) | 25 bar g (363 psi g) | | Height | Width | Depth |
| | | | | | | | | | | | | | |
| STV6NGX | G½ ½" NPT | 0.01 | 0.43 | 22 (13) | 57 (35) | 100 (62) | 140 (87) | 216 (134) | 330 (205) | 64 (140) | 1676 (66) | 406 (16) | 356 (14) |
| STV8NGX | G1 1" NPT | 0.02 | 0.64 | 49 (30) | 127 (79) | 226 (140) | 314 (196) | 486 (302) | 743 (462) | 100 (220) | 1524 (60) | 483 (19) | 559 (22) |
| STV10NGX | G1 1" NPT | 0.04 | 1.45 | 81 (50) | 212 (132) | 376 (234) | 524 (326) | 809 (503) | 1238 (770) | 150 (330) | 2286 (90) | 483 (19) | 610 (24) |
| STV14NGX | DN40 1½" FLG | 0.08 | 2.90 | 135 (84) | 354 (220) | 627 (390) | 873 (543) | 1349 (839) | 2063 (1283) | 500 (1100) | 2286 (90) | 965 (38) | 813 (32) |
| STV18NGX | DN40 1½" FLG | 0.13 | 4.70 | 176 (109) | 460 (286) | 815 (507) | 1135 (706) | 1754 (1091) | 2682 (1668) | 591 (1300) | 2388 (94) | 965 (38) | 965 (38) |
| STV20NGX | DN50 2" FLG | 0.18 | 6.30 | 324 (202) | 849 (528) | 1505 (936) | 2096 (1304) | 3238 (2014) | 4951 (3079) | 682 (1500) | 2388 (94) | 1092 (43) | 1067 (42) |
| STV24NGX-2 | DN50 2" FLG | 0.27 | 9.40 | 324 (202) | 849 (528) | 1505 (936) | 2096 (1304) | 3238 (2014) | 4951 (3079) | 864 (1900) | 2413 (95) | 1118 (44) | 1067 (42) |
| STV24NGX-3 | DN80 3" FLG | 0.27 | 9.40 | 540 (336) | 1415 (880) | 2509 (1561) | 3493 (2173) | 5396 (3356) | 8251 (5132) | 1045 (2300) | 2540 (100) | 1575 (62) | 1346 (53) |
| STV30NGX-2 | DN50 2" FLG | 0.40 | 14.30 | 324 (202) | 849 (528) | 1505 (936) | 2096 (1304) | 3238 (2014) | 4951 (3079) | 1136 (2500) | 2718 (107) | 1118 (44) | 1168 (46) |
| STV30NGX-3 | DN80 3" FLG | 0.40 | 14.30 | 540 (336) | 1415 (880) | 2509 (1561) | 3493 (2173) | 5396 (3356) | 8251 (5132) | 1364 (3000) | 2896 (114) | 1575 (62) | 1422 (56) |

درایرهای تک مخزن بسیار سازگار با شرایط مختلف هستند که می توانند هم برای کاربردهای داخل ساختمان و هم خارج ساختمان استفاده شوند. بنابراین از آنجا که آنها را می توان هم در داخل و هم در خارج از ساختمان نصب کرد تا نقطه شبنم پایین تر از دمای محیط به طور ایمن تامین می شود. در جدول ۲-۶ ویژگی های سه نوع درایر به صورت مقایسه ای و کامل آورده شده است.

جدول ۲-۶ ویژگی های سه نوع درایر مورد استفاده ایستگاه CNG

| جذبی (دو مخزن) | تبریدی | منفرد (تک مخزن) | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| فیزیکی: به این صورت که ماده جاذب رطوبت را جذب و نگهداری می کند تا زمانی که مجدداً احیاء شود. | انتقال حرارت: گاز را متراکم و خنک می کند، تا رطوبت موجود در آن کندانس شود. | شیمیایی: ماده جاذب رطوبت را جذب نموده و به تدریج حل می شود و دیگر بازیافت نمی شود. | نحوه جذب رطوبت |
| دو مخزن به صورت قائم قرار گرفته اند که توسط لوله هایی مجهز به شیرهای خودکار برای هدایت جریان گاز و کنترل آن به هم مرتبط گشته اند. | دو سیستم مجاز از یکدیگر دارد: ۱- سیستم هوایی: شامل دو مبدل حرارتی و یک جداساز و یا سیستم درین خودکار ۲- سیستم تبریدی: شامل کمپرسور، کندانسور و شیرهای تنظیم. | شامل یک مخزن منفرد است که به صورت قائم قرار گرفته است. صفحه ای در بالای مسیر ورود گاز تعبیه شده است که نقش بستر نگهدارنده را برای مواد جاذب ایفا می کند. | طراحی درایر |
| گاز مرطوب به یکی از مخازن رفته و با گذر از بستر مواد جاذب رطوبت، خشک می شود. در همین مدت، مواد جاذب در مخزن دیگر بازیافت می شوند. رطوبت جمع آوری شده را با گرم کن های برقی یا بخاری یا با فرستادن آن به مخزن فعال می توان جدا کرد. | در اولین مبدل حرارتی گاز خشک شده و سپس وارد خنک کن اصلی می شود. گرمای جذب شده از گاز به ماده مبرد انتقال می یابد. رطوبت کندانس شده توسط یک شیر جمع آوری و جدا می شود. | ابتدا در قسمت تحتانی مخزن، ذرات جامد غبار و قطرات بزرگ رطوبت به صورت مکانیکی جدا می شوند. همانطور که گاز رو به بالا حرکت می کند و از بستر ماده جاذب می گذرد، رطوبت توسط دانه های ماده جاذب، گرفته می شود. نهایتاً آب و مواد جاذب محلول به مخزن جمع آوری ریخته و به صورت دستی یا اتوماتیک خارج می شوند. | اصول عملکرد درایر |

| منفرد (تک مخزن) | تبریدی | جذبی (دو مخزن) | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| قرص های شیمیایی فعال | _____ | آلومینای فعال و مولکولارسیو | ماده جاذب موردنیاز |
| _____ | الکتریکی به اضافه آب لازم برای کندانسورهای خنک شونده با آب. (چنانچه استفاده شده باشد). | الکتریکی به اضافه توان بازیافت مواد جاذب (حرارت بخاری، حرارت الکتریکی یا تهویه با هوای فشرده) | انرژی لازم برای کارکرد |
| نقطه شبنمی با حدود ۲۰ F نسبت به دمای گاز ورودی فراهم می کند. البته تهیه تقطیر شبنم های با اختلاف بیشتر نیز مقدور است. | ۵۰° F یا ۳۸° F ثابت | ۴۰° F تا ۱۰۰° F - ثابت | نقطه شبنم در psig ۱۰۰ فشار |
| بعضی ذرات روغن با ابعاد بزرگتر را ایجاد می کند. | بعضی قطرات روغن را در ضمن خنک کردن کندانس می کند. | ندارد | توانایی جذب روغن |
| کمتر از یک درصد فشار کاری | ۱ تا ۵ PSID در ظرفیت مشخص | ۲ تا ۵ PSID | افت فشار |
| ندارد | ۴۰° F | قابل تغییر | حداقل دمای گاز ورودی |
| ۱۰۰° F | ۱۶۰° F | ۱۲۰° F | حداکثر دمای گاز ورودی |
| ندارد | ۴۰° F | قابل تغییر | حداقل دمای محیط |
| ۱۰۰° F | ۱۱۰° F | ۱۲۰° F | حداکثر دمای محیط |
| محوطه باز یا داخل فضای مسقف | فقط داخل فضای مسقف | محوطه باز یا داخل فضای مسقف | محل نصب |

| جذبی (دو مخزن) | تبریدی | منفرد (تک مخزن) | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| برای جلوگیری از آسیب رساندن روغن و قطرات آب و ممانعت از بارگذاری بیش از حد بر روی درایر، توصیه می شود. | توصیه می شود، مانع از آسیب رسیدن به مبدل های حرارتی می شود. | توصیه می شود بخصوص در مواردی که مقادیر قابل توجهی از روغن موجود باشد تا ذرات ماده درایر توسط روغن پوشانده نشود. | احتیاج به فیلتر ورودی |
| هر ۲ تا ۳ سال باید ماده جاذب را تعویض نمود، فیلترها را در موقع مناسب تمیز یا تعویض نمود. | باید مرتباً "آشغال های جمع شده در بین پره های کندانسور تمیز شود و دائماً" مخزن جداسازی آن کنترل و تخلیه شود. | هر ۳ یا ۴ ماه باید ماده جاذب جدید در دستگاه ریخته شود. مخزن جمع آوری هم باید توسط شیرهای تخلیه دستی یا اتوماتیک یک بار در انتهای هر شیفت کاری، تخلیه شود. | تعمیر و نگهداری |
| باید تحت نظر پرسنل فنی انجام بگیرد. | باید تحت نظر پرسنل فنی انجام بگیرد. | لازم نیست. چون هیچ قسمت متحرکی ندارد تا احتیاج به تعمیر اساسی پیدا کند. | تعمیرات اساسی |

۳-۳-۲ مقایسه درایرهای تبریدی و جذبی

۱-۳-۳-۲ مزایای درایرهای تبریدی نسبت به درایرهای جذبی

(۱) دمای گاز طبیعی خروجی از درایر تبریدی خنک تر و پایین تر از دمای گاز طبیعی خروجی از درایر

جذبی یا دیسکانت می باشد و فضای اشغال شده توسط درایرهای تبریدی از درایرهای جذبی یا

دیسکانت کمتر است، که از جمله ویژگی های درایرهای تبریدی می باشد.

- (۲) درایرهای جذبی پس از چند سال نیاز به تعویض مواد دسیکانت پیدا می کنند. از جمله مواد جاذب رطوبت (دسیکانت) مورد استفاده در درایرهای جذبی: آلومینا اکتیو، مولکولارسیو و سیلیکاژن می باشد، که در قسمت های بعدی تشریح خواهند شد. لذا این مسأله هزینه این نوع درایرها را افزایش می دهد. قابل ذکر است که هزینه و قیمت اولیه درایرهای جذبی کمتر از درایرهای تبریدی می باشد. ضمناً "بزرگترین تولیدکننده مواد دسیکانت در دنیا، شرکت ALCOA آمریکا می باشد.
- (۳) درایرهای تبریدی از نظر تجهیزات جانبی، معمولاً "نیاز به یک میکروفیلتر روغن گیر قبل از خود دارند، بنابراین این درایرها، تعویض فیلتر کمتری نسبت به درایرهای جذبی دارند.
- (۴) درایرهای جذبی (خصوصاً "نوع بدون گرم کن) درصدی از گاز کمپرسور را جهت احیاء مواد خود مصرف می کنند، لذا مقداری از گاز موجود در کمپرسور را تلف می کنند که از نظر انرژی و هزینه اولیه خرید کمپرسور (با ظرفیت بیشتر) باید در نظر گرفته شود.
- (۵) در صورت اشکال در سیستم و خروج گاز خشک شده از درایر تبریدی و پخش آن در محیط، از نظر بهداشتی مورد قبول می باشد. (به ویژه در مجاورت صنایع غذایی و...)

۲-۳-۳-۲ مزایای درایرهای جذبی نسبت به درایرهای تبریدی

- (۱) به طور کلی اگر دمای محیط همیشه بالای صفر باشد، می توان از درایر تبریدی و یا دسیکانت استفاده نمود، ولی اگر دمای محیط کمتر از صفر باشد و یا به عبارتی نقطه شبنم زیر صفر باشد، لازم است حتماً "از درایر جذبی یا دسیکانت استفاده گردد. با این توضیح، در صورت ساخت ایستگاههای CNG در شهرهای ایران، از آنجا که ایستگاهها در محیطی بسته و ایزوله قرار ندارند (هزینه بالای ساخت این محیط و عوامل دیگر) همچنین از آنجا که دمای محیط در اکثر نقاط ایران در زمستان به زیر صفر درجه نزول می کند، لذا استفاده از درایرهای جذبی به جای درایرهای تبریدی لازم و ضروری است.

(۲) در درایر تبریدی نقطه شبنم ۳ درجه سانتیگراد می باشد و در این حالت در فشار ۷ بار، مقدار رطوبت موجود در گاز حدود ۰/۷ گرم در هر متر مکعب خواهد بود. در حالی که در درایر دسیکانت نقطه شبنم معمولاً حدود ۴۰- درجه سانتیگراد است. در این حالت در فشار ۷ بار، مقدار رطوبت موجود در گاز حدود ۰/۰۲ گرم در هر متر مکعب خواهد بود. به این ترتیب مشخص است که درایرهای تبریدی گاز را تقریباً " (نه کاملاً) خشک می کنند، در حالیکه در درایر جذبی، گاز طبیعی کاملاً خشک می شود. (گاز طبیعی درایر جذبی ۳۵ برابر نسبت به درایر تبریدی خشک تر می باشد)

(۳) درایرهای تبریدی سیستم پیچیده تری دارند و نیاز به تعمیر و نگهداری و در نتیجه هزینه آنها بیشتر است، در حالی که درایرهای جذبی تقریباً نیاز به تعمیر و نگهداری ندارند.^۱ در شکل ۲-۹ قسمتهای مختلف درایر جذبی دارای گرم کن یا حرارتی آورده شده است.

۲-۳-۴ بررسی درایرهای فشار بالا و درایرهای فشار پایین

باتوجه به محل قرارگیری درایرها، درایرها به چند نوع تقسیم بندی می شوند:

(۱) درایرهای فشار پایین^۲ در ورودی کمپرسور یا در قسمت مکش^۳ (با جداکننده LCNG)

(۲) درایرهای مابین مراحل کمپرسور یا درایرهای میانی^۴ (با جداکننده LCNG یا مخصوص)

(۳) درایرهای فشار بالا^۵ در خروجی کمپرسور یا در قسمت تخلیه^۶

۱- Maintenance Free

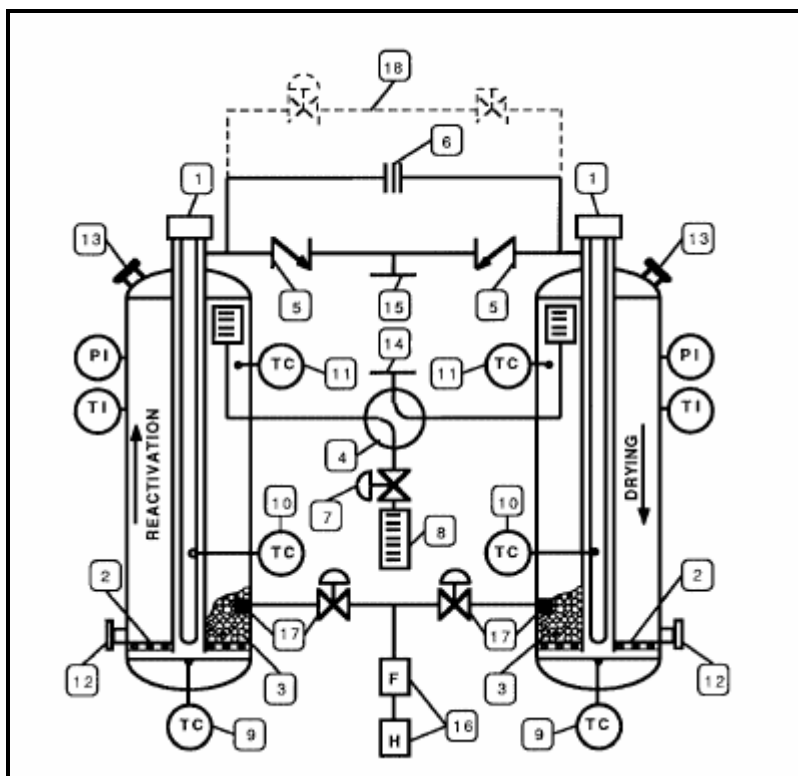
۲- Low Pressure Dryer

۳- Suction Side

۴- Interstage Dryer

۵- High Pressure Dryer

۶- Discharge Side



| | |
|--------------------------------|------------------------------------------|
| ۱- هیتر الکتریکی | ۱۰- محدوده ترموکوپل |
| ۲- تکیه گاه بستر دسیکانت | ۱۱- کلید سرمایش- گرمایش ترموکوپل |
| ۳- دسیکانت | ۱۲- خروجی مواد دسیکانت |
| ۴- شیر انتقال گاز چهار راهه | ۱۳- ورودی مواد دسیکانت |
| ۵- شیر خروجی یک طرفه | ۱۴- ورودی گاز مرطوب |
| ۶- روزنه یا اریفیس خروج گاز | ۱۵- خروجی گاز خشک |
| ۷- شیر خروج گاز (شیر فشار شکن) | ۱۶- فیلتر و میکروفیلترهای خشک کن |
| ۸- صدا گیر گاز | ۱۷- شیرهای ورودی و تخلیه گاز خشک کرده |
| ۹- کنترل ترموکوپل | ۱۸- مسیر خنک کاری گاز |

شکل ۲-۹ قسمت های مختلف یک نمونه درایر حرارتی (دارای گرم کن)

هزینه عمده این درایرها، مربوط به مخازن یا برجهای درایر می باشد که برای رطوبت گیری یا خشک کنندگی استفاده می شود.

برای ظرفیت های کوچک درایر، عمدتاً از درایرهای فشار پایین استفاده می کنند که مخازن یا برجهای خشک کن آنها در فشار پایین ۳ تا ۲۰ bar طراحی و ساخته می شوند. لذا این درایرها ارزانه تر نسبت به درایرهای فشار بالا می باشند و عمده هزینه، مربوط به هزینه تعمیر و نگهداری این درایرها می باشند، از آنجا که درایرهای مذکور، حجم بیشتری را اشغال می کنند.

برای ظرفیت های بالا، درایر بایستی در قسمت تخلیه واقع شود، به عبارتی از درایر فشار بالا استفاده کرد.

۲-۳-۴-۱ مزایای درایرهای فشار بالا

(۱) فضای کمتر اشغال کرده (ساختار فشرده مثلاً $1/2 \times 2/4 \times 1$ متر)

(۲) زمان پایداری خیلی بیشتر ماده دسیکانت یا رطوبت گیر، چنانچه به طور مؤثری ذرات بسیار ریز آب و ناخالصیهای گاز طبیعی و ... گرفته و جذب می شوند.

(۳) کمتر از ۱۰٪ رطوبت گاز، با استفاده از این درایرها گرفته می شود. (از آنجا که بالای ۹۰٪ رطوبت گاز در حین تراکم گاز با کندانسورهای چگالنده، در ورود به درایر گرفته شده است.)

(۴) با درایرهای فشار بالا، مقدار آب کمتر و حجم ذرات بسیار کمتر (۳ تا ۲/۵ بار) نسبت به درایرهای فشار پایین می باشد.

(۵) حفظ و نگهداری این درایرها بستگی زیادی به رطوبت کلی ورودی گاز و نیز فضای اشغال کرده یا ابعاد آن دارد که نسبت به درایرهای فشار پایین ایده آل تر می باشند. قابل ذکر است فیلترها و سایر تجهیزات موجود در درایر هر سال بایستی کنترل شوند و مواد دسیکانت معمولاً ۲ سال عمر می کنند و هزینه های کلی جایگزینی این مواد دسیکانت بستگی زیادی به حجم کلی درایر دارد.

۶) برای نرخ جریان گاز بالای $500 \text{ Nm}^3/\text{h}$ ، درایرهای فشار بالا یا واقع در خروجی کمپرسور، ترجیح داده می شوند.

۷) مهمترین مزیت درایرهای فشار بالا این است که با توجه به بالا رفتن فشار گاز خروجی از کمپرسور، نقطه شبنم آن افزایش می یابد. بنابراین خشک کردن گاز راحت تر صورت گرفته و لازم نیست که نقطه شبنم را خیلی پایین ببریم. به عنوان مثال برای خشک کردن گاز در فشار ۱۴ بار باید نقطه شبنم را به ۴۸- درجه سانتیگراد رساند، در حالیکه برای فشار ۲۵۰ بار نقطه شبنم ۲۹- درجه سانتیگراد مطلوب می باشد. همچنین مزیت مهم دیگر اشاره شده، حجم کوچک دستگاه خشک کن موردنیاز به علت فشردگی شدن گاز می باشد.

۲-۳-۴ مزایای درایرهای فشار پایین

۱) گاز ورودی به کمپرسور خشک و تمیز می باشد و مشکل احتمال خوردگی و یخ زدگی برای کمپرسور به وجود نمی آید. به این علت که دمای خروجی گاز کمپرسور بین 110°F تا 130°F (43°C تا 54°C) می باشد. باتوجه به رابطه $PV=ZRT$ ، افزایش فشار، منجر به ازدیاد دمای گاز ورودی می شود. دمای حاصل شده نامطلوب بوده و باعث شکل گیری بخار آب و بخار روغن در گاز طبیعی متراکم می گردد. لذا برای عدم تشکیل این ذرات، استفاده از درایرهای جذبی فشار پایین قبل از کمپرسور برای کارکرد صحیح اجزاء، بسیار مناسب خواهد بود.

۲) وجود روغنکاری در کمپرسورها در فشار بالا، منجر به ایجاد ترکیبات روغن با گاز می گردد. این ذرات یا ترکیبات روغنی در طی ساعتها ته نشین می گردد و باعث شکست دسیکانت یا کاهش خاصیت این مواد می گردد. قابل ذکر است که جداکننده ها، ذرات گرد و غبار و ناخالصی های جامد را جدا می کنند ولی بخار آب و بخار روغن را فیلتر نمی کنند. بهترین روش جذب بخار روغن و بخار آب، استفاده از بستر

کربن فعال می باشد. در CNG به دلیل جذب مواد بودار^۱، نمی توان این روش را به کار برد، بدین منظور اکثراً^۲ برای جلوگیری از مشکل اشاره شده، از درایرهای فشار پایین استفاده می کنند. چنانچه بیشتر ایستگاههای CNG از این درایرها استفاده می کنند.

۳) درایر در فشار پایین کار می کند، بنابراین احتیاج به تجهیزات و شیرآلات فشار بالا وجود نداشته و ساخت آن راحت تر و قیمت آن پایین تر است.

باتوجه به بررسی جامع این دو درایر در بالا، می توان گفت که اکثر ایستگاههای CNG به علت ساخت راحت تر درایرهای کم فشار (نصب شده قبل از کمپرسور) و نیز جهت محافظت و ایمنی کمپرسورهای جایگاهها، از این نوع درایرها استفاده می کنند.

۴-۲ آشنایی با انواع مواد جاذب رطوبت

۴-۲-۱ مواد جاذب رطوبت با جذب فیزیکی

مواد جاذب فیزیکی^۲، موادی هستند که قابلیت جذب و نگهداری گاز، مایع یا مواد معلق موجود روی سطوح خود را دارا می باشند. این مواد برای درایرهای جذبی به عنوان ماده اصلی خشک کننده به کار می روند و قادرند نقطه شبنم تا دمای 40°F - یا کمتر از تامین نمایند و عبارتند از:

۱- آلومینای فعال^۳

۲- سیلیکاژل

۳- مولکولارسیو

اکنون به بررسی دقیق تر و ویژگی های هر یک از آنها می پردازیم:

۱- Mercapton (Odorant)

۲- Absorbent Desiccant

۳- Active Alumina

۲-۴-۱ آلومینای فعال

این ماده صورت متخلخل اکسید آلومینیوم است که سطح تماس آن بسیار زیاد بوده و بدون هیچ گونه تغییر شیمیایی، بخار آب را جذب می کند. با این ماده، نقطه شبنم 400°F یا پایین تر را فراهم نمود، که البته به طراحی درایر و شرایط کاری هم بستگی دارد. این ماده به شکل دانه های کروی سفیدرنگ به ابعاد زیر است:

- قطر $\frac{1}{8}$ اینچ (۲ تا ۵ میلیمتر)

رایج ترین نوع برای استفاده در درایرهای جذبی است.

- قطر $\frac{1}{4}$ اینچ (۵ تا ۱۰ میلیمتر)

چون افت فشار آن کمتر از $\frac{1}{8}$ اینچ است، معمولاً به عنوان لایه مقدماتی برای نگهداری مواد جاذب با ابعاد بزرگتر عمل می کند. این دانه ها به عنوان ضربه گیر لایه های سیلیکاژل استفاده می شود.

• مزایای این محصول

۱- ظرفیت جذب رطوبت بالا

۲- مقاومت لهیدگی بالا

۳- اصطکاک و سایش کم

۴- اندازه یکنواخت دانه ها

۵- مقاومت در برابر آب

در جدول ۲-۷ خصوصیات فیزیکی آلومینای فعال ذکر شده است.

جدول ۷-۲ خصوصیات فیزیکی آلومینای فعال

| نوع | $\frac{1}{8}$ " | $\frac{1}{4}$ " |
|------------|---------------------------------------------|---------------------------------------------|
| رنگ و شکل | دانه های سفید | دانه های سفید |
| چگالی | 48 lb/ft^3 | 48 lb/ft^3 |
| تنش لهیدگی | $(30 - 17) \text{ lbs}$ | $(70 - 50) \text{ lbs}$ |
| سطح | $1/74 \times 10^6 \text{ ft}^2 / \text{lb}$ | $1/59 \times 10^6 \text{ ft}^2 / \text{lb}$ |
| رطوبت نسبی | میزان جذب رطوبت | |
| ۱۰۰ % | ۴۲ % | ۳۶ % |
| ۹۰ % | ۳۷/۵ % | ۳۲ % |
| ۶۰ % | ۲۱ % | ۱۷/۵ % |
| ۱۰ % | ۷/۵ % | ۶ % |

۲-۴-۱-۲ سیلیکاژل

سیلیکاژل به صورت دانه های کروی است که ۹۷٪ آنرا سیلیکا و ۳٪ آنرا آلومینا تشکیل می دهد. این دانه ها به دو صورت موجود هستند:

- دانه های استاندارد

رنگ این دانه ها قهوه ای شفاف است و چگالی آنها 49 lb/ft^3 و اندازه آنها ۳/۵ میلیمتر می باشد.

- دانه های معرف

دانه های شفافی هستند که برای نشان دان میزان اشباع رطوبت به رنگ آبی معرف درآمده اند. چون سیلیکاژل در حضور آب مایع دچار خرابی و افت عملکرد می شود. باید برای محافظت آنها از یک لایه

آلومینای فعال که ۱۰ تا ۱۵ درصد وزن را تشکیل می دهد، به عنوان نگهدارنده آب، استفاده کرد تا در بخش زیرین لایه های ماده جاذب قرار بگیرد.

توسط سیلیکاژل می توان نقطه شبنم 40°F - یا پایین تر از آن را فراهم نمود که به نوع درایر و شرایط کارکرد نیز بستگی دارد.

• مزایای این ماده

- ۱- ظرفیت جذب رطوبت بالا در شرایط دینامیک
 - ۲- اندازه و شکل یکنواخت
 - ۳- امکان کنترل چشمی وضعیت ماده جاذب (اندازه و نوع معرف)
- در جدول ۲-۸ خصوصیات فیزیکی سیلیکاژل بیان شده است.

جدول ۲-۸ خصوصیات فیزیکی سیلیکاژل

| نوع | استاندارد | معرف |
|------------|---------------------------------------------|---------------------------------------------|
| رنگ و شکل | دانه های شفاف قهوه ای رنگ | دانه های آبی رنگ |
| چگالی | 49 lb/ft^3 | 49 lb/ft^3 |
| اندازه | $3/5 \text{ mm}$ | $3/5 \text{ mm}$ |
| سطح | $3/67 \times 10^6 \text{ ft}^2 / \text{lb}$ | $3/67 \times 10^6 \text{ ft}^2 / \text{lb}$ |
| رطوبت نسبی | میزان جذب رطوبت | |
| ۱۰۰ % | ۳۹ % | ۳۷ % |
| ۸۰ % | ۳۶/۳ % | ۳۴ % |
| ۶۰ % | ۳۳/۳ % | ۲۹ % |
| ۱۰ % | ۶/۴ % | ۴/۹ % |

۳-۱-۴-۲ مولکولارسیو

در حقیقت همان آلومینا سیلیکات سدیم است که ابعاد منافذ آن ثابت است. متداولترین نوع آن دارای منافذی به قطر ۴ آنگستروم می باشند. تا نقطه شبنم 100°F را نیز فراهم کرد که به نوع طراحی درایر و شرایط کارکرد آن بستگی دارد.

• مزایای این ماده

۱- ظرفیت جذب رطوبت یکنواخت

۲- اندازه و شکل یکنواخت (باعث حداقل افت فشار و بیشترین مقاومت سایشی ممکن می شود).

در جدول ذیل، خصوصیات فیزیکی این ماده آورده شده است.

جدول ۹-۲ خصوصیات فیزیکی مولکولارسیو

| رنگ و شکل | دانه های برنزی زنگ |
|------------|-------------------------|
| چگالی | 48 lb/ft^3 |
| تنش لهیدگی | $(30 - 17) \text{ lbs}$ |
| قطر منافذ | 4 Angstroms |
| رطوبت | میزان جذب رطوبت |
| ۱۰۰ % | ۲۳ % |
| ۹۰ % | ۲۲ % |
| ۶۰ % | ۲۱ % |
| ۱۰ % | ۱۹ % |

۲-۴-۲ مواد جاذب رطوبت با جذب شیمیایی

مواد جاذب شیمیایی، موادی هستند که با جذب و نگهداری یکی از مواد زاید (مثلاً رطوبت) موجود در یک گاز یا مایع، خود دچار تغییرات فیزیکی شیمیایی می شوند و محیط موردنظر را از وجود آن ماده زاید (رطوبت) پاک می کنند.

این مواد عبارتند از:

(۱) Dry-o-Lite (نام تجاری محصول شیمیایی است)

(۲) مدل SP^۱

(۳) مدل BF^{۱۰}

در جدولهای زیر خصوصیات فیزیکی هریک از مواد فوق بیان شده است.

جدول ۲-۱۰ خصوصیات فیزیکی Dry-o-Lite

| کاهش دمایی (° F) | دمای نقطه شبنم (° F) | دمای گاز ورودی (° F) |
|------------------|----------------------|----------------------|
| ۲۰ | ۸۰ | ۱۰۰ |
| ۲۰ | ۷۰ | ۹۰ |
| ۲۰ | ۶۰ | ۸۰ |
| ۱۹ | ۵۱ | ۷۰ |
| ۱۸ | ۴۲ | ۶۰ |
| ۱۸ | ۴۲ | ۵۰ |

ادامه جدول ۲-۱۰

| شکل و رنگ | قرص های سفید رنگ |
|------------------|----------------------------|
| ارتفاع | $\frac{5}{8}$ " |
| قطر | $\frac{3}{4}$ " |
| چگالی | $72 \pm 3 \text{ lb/ft}^3$ |
| حد تحمل فشار | ($100-60$) lbs |
| PH متوسط | $7/5 - 6/5$ |
| رطوبت نسبی نهایی | ۵۵ % |

جدول ۲-۱۱ خصوصیات فیزیکی SP

| کاهش دمایی (° F) | دمای نقطه شبنم (° F) | دمای گاز ورودی (° F) |
|------------------|----------------------|----------------------|
| ۲۷ | ۴۳ | ۷۰ |
| ۲۴ | ۳۶ | ۶۰ |
| ۲۳ | ۳۲ | ۵۵ |
| ۲۰ | ۲۵ | ۴۵ |

ادامه جدول ۱۱-۲

| شکل و رنگ | قرص های سفید رنگ |
|------------------|----------------------------|
| ارتفاع | $\frac{3}{4}$ " |
| قطر | ۱" |
| چگالی | $55 \pm 3 \text{ lb/ft}^3$ |
| حد تحمل فشار | (۱۰۰-۶۰) lbs |
| PH متوسط | ۷/۵ - ۶/۵ |
| رطوبت نسبی نهایی | ۳۳ % |

جدول ۱۲-۲ خصوصیات فیزیکی ۱۰BF

| کاهش دمایی (° F) | دمای نقطه شبنم (° F) | دمای گاز ورودی (° F) |
|------------------|----------------------|----------------------|
| ۶۳ | ۳۷ | ۱۰۰ |
| ۶۰ | ۳۰ | ۹۰ |
| ۵۷ | ۲۳ | ۸۰ |
| ۵۴ | ۱۶ | ۷۰ |
| ۵۱ | ۹ | ۶۰ |
| ۴۹ | ۲ | ۵۰ |
| ۴۰ | -۵ | ۴۰ |

ادامه جدول ۱۲-۲

| شکل و رنگ | قرص های سفید رنگ |
|------------------|----------------------------|
| ارتفاع | $\frac{3}{4}$ " |
| قطر | ۱" |
| چگالی | $60 \pm 3 \text{ lb/ft}^3$ |
| حد تحمل فشار | (120-100) lbs |
| PH متوسط | ۶/۵ - ۷ |
| رطوبت نسبی نهایی | ۱۳ % |

۵-۲ بررسی چند استاندارد و استخراج نتایج مفید

۱-۵-۲ استاندارد SAE-J۳۲۲۸

در این استاندارد به مطالب زیر اشاره شده است:

الف) تعاریف و اصطلاحات به کار رفته در اجزای درایرهای جذبی

ب) پارامترهای عملکرد درایرها

ج) ابعاد و اتصالات درایرها

د) نکات ایمنی و فنی جهت ساخت و نصب درایرها

ه) شرایط سازگاری سیستم

و) اطلاعاتی در مورد لوله ها و اتصالات

در این استاندارد، نکات نسبتاً مفیدی در رابطه با رعایت مسائل طراحی و ساخت در مورد درایر ارائه شده

است. اما بیش از آنکه در مورد درایر باشد، به نحوه ارتباط بین کمپرسور و درایر مربوطه می شود.

همچنین کلیاتی در مورد دمای ورود و خروج گاز و اتصالات درایر و ذکر تعاریفی برای سیکل کاری کمپرسور، درایر ارائه شده است.

۲-۵-۲ استاندارد SAE-J۱۶۱۶

موضوع کلی این استاندارد درباره گاز طبیعی و اجزای آن است که به عنوان سوخت CNG، در وسایل نقلیه به کار می رود. در این استاندارد بیشتر به خصوصیات فیزیکی و شیمیایی گاز طبیعی استفاده شده اشاره شده است.

۲-۵-۳ استاندارد ISO ۱۵۴۰۳

موضوع کلی این استاندارد، کاربرد کیفی گاز به عنوان سوخت وسایل نقلیه و برآوردن شرایط کاری ایمن برای تجهیزات سوختگیری CNG می باشد. مطالب این استاندارد با شرح مبسوطی از تعاریف ترمودینامیکی و اصطلاحات متداول صنعت NGV (نظیر کیفیت گاز، گاز طبیعی، عدد متان و...) آغاز می شود و سپس به بررسی مفصل اجزای تشکیل دهنده گاز طبیعی می پردازد.

۲-۵-۴ استاندارد BS ۳۱۵۶

موضوع کلی این استاندارد، تعیین مقدار آب موجود در گاز طبیعی پر فشار است، که پس از بیان ضرورت کلی حذف بخار آب از گاز طبیعی، به ذکر لوازم و تجهیزات مورد نیاز برای تست و اندازه گیری مقدار بخار آب موجود در گاز طبیعی پرداخته شده است.

۶-۲ راهنمای انتخاب درایر

۱-۶-۲ مراحل انتخاب

الف) تعیین منبع گاز مصرفی و کیفیت مطلوب

هدف اصلی از انتخاب درایر، جلوگیری از رطوبت کندانس شده در لوله های انتقال گاز فشرده است، به حدی که این گاز مرطوب نتواند به تجهیزات سیستم آسیب برساند. هر درایر، از گاز فشرده به وسیله کاهش نقطه شبنم فشاری گاز متراکم، به دمایی کمتر از حداقل دمایی که خطوط انتقال گاز و تجهیزات، در معرض آن قرار می گیرند، رطوبت گیری می کند. نقطه شبنم فشاری، دمایی است که در آن میعان رطوبت موجود در گاز فشرده شده با فشار معین (مثلاً ۱۰۰ psig) شروع می شود. دمای این نقطه بالاتر از دمای نقطه شبنم در فشار اتمسفر است.

ب) دمای گاز در قسمت‌های مختلف سیستم

ممکن است بعضی از قسمت‌های سیستم در نقاطی باشند که دمای آنها به طور معمول پایین تر از دمای سایر نقاط باشد، از آنجا که گاز متراکم در تمام این مسیر لوله عبور می کند، دمای نقطه شبنم باید حتماً پایین تر از حداقل دمای ممکن در سیستم یا در حدود آن باشد. نقاطی که این احتمال در مورد آنها می روند عبارتند از:

۱- مسیرهای لوله کشی زیرزمینی

۲- نقاط مجاور تخلیه گاز

۳- مسیرهای لوله کشی خارج از ساختمان

۴- مسیرهای مجاور درهای خروجی یا فن های خنک کننده

در نهایت نقطه شبنم باید حداقل 5°F زیر حداقل دمای موجود در تمام نقاط سیستم باشد.

۲-۶-۲ پارامترهای لازم در انتخاب درایر

جهت انتخاب درایر پارامترهای زیر حائز اهمیت می باشد:

- (۱) ظرفیت در فشار معین
- (۲) ماکزیمم فشار
- (۳) سیکل کاری (ساعت بر روز)
- (۴) دسترسی به انرژی الکتریسیته
- (۵) شرایط جوی محل (کمترین نقطه شبنم مورد نیاز)
- (۶) ظرفیت رطوبت در ورودی درایر (خط تامین گاز)

۲-۶-۳ نتیجه گیری

با در دست داشتن تحلیل مناسبی از سیستم کمپرسور و مقایسه انواع درایرها از لحاظ عملکرد قیمت و یا اطلاعات کاملتر دیدگاه مناسب تری به انتخاب نوع درایر موردنیاز در جایگاههای CNG پرداخت.

برای انتخاب نوع درایر مراحل زیر باید لحاظ شوند:

- ۱- حجم گاز موردنیاز برای خنک شدن
- ۲- نقطه شبنم موردنیاز باتوجه به حداقل دمای محیط
- ۳- برآورد هزینه اولیه و هزینه متوسط سالیانه و مجموع هزینه
- ۴- انتخاب نوع درایر

۷-۲ نکاتی در مورد نصب و طراحی خشک کن ها یا درایرها

۱-۷-۲ پارامترهای لازم برای طراحی درایر (سایز کردن درایر)

- ۱) ماکزیمم جریان گاز (یا نرخ جریان گاز)، برحسب فوت مکعب استاندارد (SCFM) یا m^3/Hr
 - ۲) درصد رطوبت خط لوله یا ورودی گاز طبیعی (mmscf/mmncm) و مقدار رطوبت ایده آل خروجی گاز
 - ۳) فشار ورودی به کمپرسور و نیز فشار خروجی از کمپرسور (PSIG/BARG)
 - ۴) جریان گاز مرکب (گاز همراه با بخارات آب و...)
 - ۵) زمان لازم برای خشک کردن (Hrs/day)
 - ۶) ولتاژ موجود
 - ۷) فشار گاز ورودی به درایر (و یا فشار مخزن)
 - ۸) دمای طراحی مخزن
 - ۹) عمل احیا: الف) پیوسته ب) سیکلی یا پریودیک
 - ۱۰) حداقل دمای محیط ایستگاه سوخت رسانی CNG ($^{\circ}F/^{\circ}C$)
 - ۱۱) PDP یا دمای نقطه شبنم گاز خروجی موردنیاز
- مطابق با SAE J1۶۱۶ برای خشک کردن گاز طبیعی، بایستی $10^{\circ}F$ یا $(5-6)^{\circ}C$ زیر دمای محیط ایستگاه سوخت رسانی در نظر گرفت. چنانچه اگر حداقل دما در محیط ایستگاه $10^{\circ}F$ یا $23^{\circ}C$ - در نظر بگیریم، گاز طبیعی بایستی تا دمای $20^{\circ}F$ یا $29^{\circ}C$ - در فشار 250 bar g یا 3600 psig خشک شود.

قابل ذکر است که فشار موردنیاز در خشک کردن، در میزان و کیفیت گاز تأثیرگذار است، چنانچه خواهیم داشت:

- (۱) خشک کردن گاز طبیعی در فشار 250 bar g یا 9600 psig تا 20° F یا 29° C امکان پذیر است. (در خروجی کمپرسور یعنی گاز با فشار بالا _ HCNG)
- (۲) 14 bar g یا 200 psig تا 55° F یا 48° C (جداکننده های میانی مخصوص)
- (۳) 0.35 bar g یا 5 psig تا 80° F یا 66° C

۲-۷-۲ راهنمای محل نصب

نکاتی که درباره محل نصب درایر قابل توجه هستند به صورت زیر می باشند:

الف) درایر باید در مکانی نصب شود که در اطراف آنها فضای کافی جهت سرویس دهی و فراهم ساختن بازرسی های بصری باشد.

ب) درایر باید در مکانی نصب شود که مصون از پاشیده شدن آب بر روی آن باشد.

پ) درایر با پایه ها، لوله ها و اتصالات باید در جای محافظت شده ای نصب شود که در صورت بروز خسارات مکانیکی از طریق خوردرو، کل سیستم آسیب نبیند.

ت) لوله خروجی از درایر باید به سمت پایین تمایل داشته باشد.

ث) درایر باید دور از منبع گرما نصب شود.

درایر باید به اندازه کافی محکم شود تا ارتعاش و تکان به ماده جاذب خسارت وارد نکند.

بایستی به عنوان یک نکته مهم توجه داشت که درایر تا حد امکان Service-Friendly باشد.

۳-۷-۲ لوله ها و اتصالات

نکات قابل توجه در نحوه لوله کشی و اتصالات بکار رفته در هنگام نصب درایر به صورت زیر می باشند.

الف) برای جلوگیری از تجمع رطوبت، لوله تخلیه کمپرسور (در ورودی درایر) باید دارای شیب باشد. این شیب نباید بیش از $\frac{1}{4}$ قطر لوله باشد. در صورتی که امکان اجرای این شیب وجود نداشته باشد، لوله قبل از کمپرسور را به طور عمودی، به اندازه ای بالا ببریم (طبیعتاً" خود کمپرسور نیز بالا می رود) تا جایی که اجرای این شیب امکان پذیر گردد.

ب) لوله تخلیه کمپرسور باید دارای اندازه، طول و جنسی باشد که سیال در ورودی درایر بیشتر از ۷۱ درجه سانتیگراد یا کمتر از دمای محیط به علاوه ۲۵ درجه نباشد. به عنوان مثال اگر دمای محیط ۴۰- درجه سانتیگراد باشد، دمای ورودی درایر باید بیشتر از ۱۵- درجه $(۲۵ + (۴۰) = -۱۵)$ باشد.

پ) حد پایین دمای ورودی به درایر باید خطر یخ زدن لوله تخلیه یا اتصالات ورودی به درایر را به حداقل برساند.

ت) حد بالای دمای ورودی به درایر باید خطرات خسارت زدن به عایق های درایر و افت بازدهی درایر را به حداقل برساند.

ث) اتصالات محدودکننده نباید در خط خروجی از کمپرسور به کار برده شوند. زیرا این اتصالات مانع ورود سیال شده و احتمال کاهش دما را موجب می شوند. همچنین در حد امکان نباید از زانوئی ۹۰ درجه استفاده کرد.

ج) اتصالات بکار رفته باید ضد انفجار باشند. همچنین تا حد امکان اتصالات باید کم گردد تا نشتی می نیمم گردد.

۴-۷-۲ نکاتی دیگر در مورد درایرها

- جهت گرفتن و حذف ذرات و غبار ماده دیسکانت و هر ناخالصی دیگری قبل از درایر از یک فیلتر^۱ استفاده می گردد. این فیلتر ممکن است در خود درایر تعبیه شده است.
- در بعضی درایرها یک برج اضافی در بعد از درایر جهت حذف هرگونه اثر نهائی و احتمالی بخار و روغن وجود دارد.
- قبل از رسیدن گاز به درایر (در ورودی درایر) باید ناخالصی ها شامل ذرات جامد، ذرات منجمد شده و ذرات روغن توسط یک میکروفیلتر حذف گردد.
- جریان گاز ورودی به مخزن ماده دیسکانت باید توسط یک دیفیوز^۲ (پخش کننده) به صورت یکنواخت^۳ از روی ماده جاذب عبور داده شود. این کارت جهت بالا بردن بازدهی ماده جاذب و کم نمودن افت فشار می باشد. همچنین مواد جاذب را به صورت ذره های الک شده در درون درایر می ریزیم.
- بر طبق استاندارد ISO ۸۵۷۳/۲ روغن موجود در گاز خشک شده (بعد از درایر) باید کمتر از 0.001 mg/m^3 باشد.
- در درایرهای دو مخزنه که یکی از این مخزن ها در آن واحد کار می کند و دیگری در حال باز تولید یا احیاء^۴ می باشد، حدود ۳ تا ۷ درصد گاز جهت بازتولید استفاده می گردد.
- در بعضی درایرها تغییر رنگ ماده جاذب از آبی به صورتی، نشان دهنده نیاز به سرویس (تعویض) می باشد که این تغییر رنگ از طریق یک دریچه شیشه ای قابل مشاهده می باشد.
- بر طبق استاندارد، ماکزیمم مقدار رطوبت^۵ موجود در گاز طبیعی خط لوله 1 lb/MMSCF

۱- After Filter

۲- Defuse

۳- Uniform

۴- Regeneration

۵- Water Content

- می باشد، که وقتی تا فشار ۲۵۰ بار فشرده می شود نقطه شبنم آن (11°C) (52°F) می گردد.
- در صورت امکان بهتر است بعد از نصب درایر ماده دسیکانت اضافه گردد و همچنین در موقع پر نمودن مخزن، به آهستگی به آن ضربه زده شود.
- بر طبق استاندارد SAE JI۶۱۶، نقطه شبنم گاز تحویلی به خودرو باید $5/6^{\circ}\text{C}$ (10°F) پایین تر از می نیمم دمای خشک آن محل باشد. همچنین بکارگیری گاز تمیز، خشک و عاری از روغن (کمتر از ۱ pmm) باعث عملیات با بازدهی بالا و مطمئن می گردد.

۸-۲ مشخصات طراحی درایر و تجهیزات مربوطه

۱-۸-۲ کدها و استانداردها

درایرهای گاز طبیعی بایستی با آخرین استانداردهای معرفی شده زیر طراحی، ساخته و تست شوند:

- | | |
|------------------------------|--------------------------------------------|
| ۱) UBC-۱۹۹۷ | Seismic Zone for Loading Requirements |
| ۲) NFPA۷۰ | Notional Fire Protection Association, ۱۹۹۳ |
| Addenda. | |
| ۳) CSA/NRTL | Canadian Standard Association/Nationally |
| Recognize Testing Laboratory | |
| ۴) ASME VIII | American Society of Mechanical Engineers, |
| Boiler and Pressure Code. | |
| ۵) ASME B۳۱.۱ | American Society of Mechanical Engineers |
| Power Piping ۱۹۹۸ Addenda. | |

۲-۸-۲ تجهیزات کلی سیستم درایر

(۱) دو برج^۱ از جنس فولاد کربنی

۱- Tower

(۲) شیرهای ورودی و تخلیه^۱ از نوع برقی^۲

(۳) شیرهای تخلیه از نوع برقی

(۴) شیرهای خروجی از نوع یک طرفه^۳

(۵) شیرهای اطمینان^۴ برای هر برج

(۶) فشارسنج^۵ برای هر برج

(۷) تابلو کنترل اتوماتیک دستگاه شامل:

(a) PLC^۶ (کنترل کننده منطقی برنامه پذیر)

(b) لامپ نشاندهنده عملکرد و احیاء هر برج

(c) کلید و لامپ نشاندهنده قطع و وصل اصلی

سایر تجهیزات در صورت لزوم نصب می شوند که این تجهیزات نیز در کارکرد صحیح سوخت رسانی

بسیار حائز اهمیت هستند، از آن جمله می توان به موارد زیر اشاره کرد:

۸-۱) نصب ساعت کارکرد روی تابلوی فرمان درایر

۸-۲) نصب دستگاه هشداردهنده درجه حرارت گاز ورودی بیش از حد مجاز

۸-۳) نصب دستگاه هشداردهنده درجه حرارت گاز ورودی کمتر از حد مجاز

۸-۴) نصب نقطه شبنم سنج همراه با دستگاه هشداردهنده

۸-۵) نصب رطوبت سنج از نوع سایت گلاس^۷

۸-۶) نصب سیستم هشداردهنده جهت عدم عملکرد صحیح دستگاه

۸-۷) نصب سیستم کنترل زمان جابجایی برجها باتوجه به مقدار رطوبت

۱- Drain Valve

۲- Solenoid Valve

۳- Check Valve

۴- Relief Valve

۵- Gauge Pressure

۶- Programmable Logic Controller

۷- Site Glass

۲-۸-۲-۱ اجزای تشکیل دهنده درایر فشار پایین (در ورودی کمپرسور)

- ۱) Coalator (یک جداکننده با بازدهی بالا + منعقدکننده به همراه یک Auto Drain)
- ۲) دو برج خشک کننده
- ۳) دو فشارسنج جهت برج های فوق
- ۴) سه دماسنج
- ۵) دو شیر اطمینان
- ۶) پانل کنترل الکتریکی ^۷ NEMA جهت عملیات اتوماتیک و پیوسته
- ۷) دو شیر ورودی
- ۸) دو شیر خروجی
- ۹) دو شیر تخلیه
- ۱۰) دو شیر احیاء
- ۱۱) فیلتر هوای راهنما^۱
- ۱۲) هیتر گاز و کنترل کننده آن همراه با سیستم ایمنی^۲
- ۱۳) خنک کن گاز با فن بدون جرقه و موتور استاندارد ^۷ NEMA
- ۱۴) دمنده گاز^۳ که در سیکل احیاء کاربرد دارد.
- ۱۵) دو دماسنج
- ۱۶) پس فیلتر یا فیلتر پایانی همراه با سیستم تخلیه دستی

۱- Pilot Air Filter

۲- Shut Down

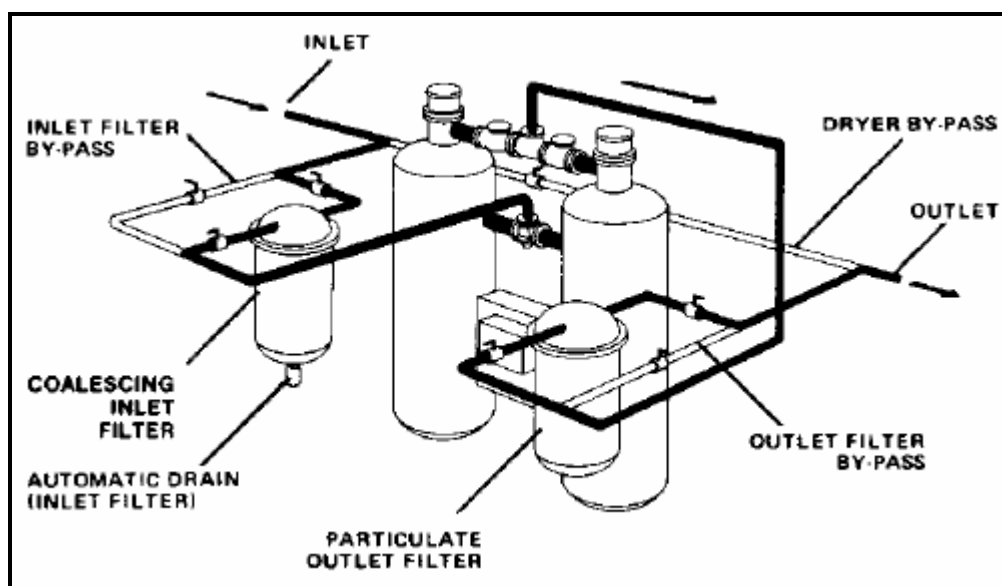
۳- Gas Blower

۳-۸-۲ مشخصات کلی طراحی سیستم

چند مشخصه کلی طراحی سیستم عبارتند از:

۱-۳-۸-۲ فیلتر ابتدایی^۱

قبل از ورودی درایر نصب می شود. طراحی محفظه آن طبق استاندارد ASME بخش هشتم صورت می گیرد. معمولاً از جنس فولاد کربنی می باشد. برای درایرهای با لوله گذاری ۲" و کوچکتر، از آلومینیم ریخته گری شده با اتصالات رزوه دار استفاده می شود. بدنه فیلتر (کله گی، مخزن و...) از داخل و خارج بایستی کاملاً آبکاری با کرم شده و یا با پودر اپوکسی پوشش داده شود. در شکل ۱۰-۲ مونتاژ فیلتر ابتدایی و درایر و فیلتر پایانی نمایش داده شده است.



شکل ۱۰-۲ مونتاژ فیلتر ابتدایی و فیلتر انتهایی درایر به همراه لوله گذاری و شیرهای پس خورد

بایستی به این نکته توجه کنیم که کله گی بدنه دارای 0-رینگ می باشد که از نشتی جلوگیری می نماید. فیلتر ابتدایی از ۴ لایه یا صفحه تشکیل شده اند که این صفحات از فایبرگلاس ساخته شده و برای آب بندی کامل اجزا به کار می روند. این صفحات یا فیلترها، ذرات ناخالصی، مایعات و جامدات را تا ۰/۱ میکرون و ناخالصی روغن را تا ۰/۱ ppmw جدا می کند.

۲-۳-۸-۲ درایر گاز طبیعی

درایر عموماً شامل دو برج خشک کن از نوع حرارتی مدار بسته با المنت خارجی فن دار است. سیکل احیاء در این نوع درایر شامل سیکل گرمایش و سیکل سرمایش می باشد تا احیاء مناسب مواد دسیکانت صورت پذیرد و دمای خروجی نقطه شبنم در هر موقع ثابت باشد. در شکل ۱۱-۲ این نوع درایر نشان داده شده است و در جدول ۱۳-۲ مشخصات کلی آن آورده شده است.



شکل ۱۱-۲ درایر جذبی جفتی یا دو مخزن دارای سیکل های احیاء پیوسته

جدول ۲-۱۳ مشخصات کلی درایر جذبی جفتی یا دو مخزن دارای سیکل های احیاء پیوسته

| Model No | Pipe Size | Inlet Gas Flow (approx)* Nm ³ /hr (scfm) | | | | | | Weight Kg (lbs) | Dimensions mm (in) | | |
|------------|-----------------|--------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------|-----------------------|--------------|---------------|
| | | 0.7 bar g (10 psi g) | 3.5 bar g (50 psi g) | 7 bar g (100 psi g) | 10 bar g (145 psi g) | 16 bar g (232 psi g) | 25 bar g (363 psi g) | | Height | Width | Depth |
| 80HRBNGX | DN50 2" FLG | 216 (134) | 566 (352) | 1004 (624) | 1397 (869) | 2159 (1343) | 3300 (2053) | 3182 (7000) | 2540 (100) | 1905 (75) | 3048 (120) |
| 200HRBNGX | DN80 3" FLG | 540 (336) | 1415 (880) | 2509 (1561) | 3493 (2173) | 5396 (3356) | 8251 (5132) | 4091 (9000) | 3277 (129) | 2235 (88) | 3454 (136) |
| 300HRBNGX | DN100 4" FLG | 810 (504) | 2123 (1320) | 3763 (2341) | 5240 (3259) | 8094 (5035) | 12376 (7698) | 5682 (12500) | 3251 (128) | 2438 (96) | 3454 (136) |
| 400HRBNGX | DN100 4" FLG | 1081 (672) | 2831 (1761) | 5018 (3121) | 6987 (4346) | 10793 (6713) | 16502 (10264) | 6227 (13700) | 3581 (141) | 2438 (96) | 3454 (136) |
| 500HRBNGX | DN150 6" FLG | 1351 (840) | 3538 (2201) | 6272 (3901) | 873 (5432) | 13491 (8391) | 20627 (12830) | 6818 (15000) | 3708 (146) | 2438 (96) | 3454 (136) |
| 600HRBNGX | DN150 6" FLG | 1621 (1008) | 4246 (2641) | 7527 (4682) | 10480 (6518) | 16189 (10069) | 24753 (15396) | 7727 (17000) | 3302 (130) | 2438 (96) | 3454 (136) |
| 750HRBNGX | DN200 8" FLG | 2026 (1260) | 5307 (3301) | 9409 (5852) | 13100 (8148) | 20236 (12587) | 30941 (19245) | CONSULT FACTORY | | | |
| 1000HRBNGX | DN200 8" FLG | 2701 (1680) | 7076 (4401) | 12545 (7803) | 17466 (10864) | 26982 (16782) | 41254 (25660) | | | | |

جهت خشک کردن بهتر، بایستی حداقل حرکت را در بستر دسیکانت داشته باشیم. محفظه قرارگیری مواد دسیکانت، از فولاد کربنی مطابق با ASME Sec VIII (باتوجه به فشار و دمای گاز ورودی و...) ساخته و طراحی می شود. مثلاً فشار ۱۵۰ psig با دمای 20°F تا 500°F با تلورانس خوردگی $\frac{1}{16}$ " قابل ذکر است که تمام لوله کشی های موردنیاز از فیلتر ابتدایی تا درایر و سپس تا فیلتر پایانی و داخل تجهیزات مربوطه مطابق با ASME B31.1 طراحی، ساخته و تست می شوند.

چنانچه این لوله ها بایستی کاملاً بدون درز از نوع Gr B, Sch ۸۰ , ASTM A-۱۰۶ بوده و ضخامت آنها از $\frac{1}{4}$ " تا ۲" می باشد و sch ۴۰ در اندازه های ۳" و بزرگتر ساخته و طراحی می شوند.

ضمناً کلیه لوله کشی های مذکور بایستی و مطابق با استانداردهایی براساس سایز آنها جوش بخورند یا فلنج شوند.

باید توجه داشت که در درایرهای حرارتی، محفظه حرارت دهنده و لوله کشی گاز حرارت دیده بایستی با فایبرگلاس و یا آلومینیوم پوشش داده شوند. علاوه بر این، فن و هیتر مطابق نیاز با شیرهای درنظر گرفته شده الکتریکی، به کار می افتند. در جدول ۲-۱۴ انواع مدل های مختلف درایرها آورده شده است .

جدول ۲-۱۴ بررسی مدل های مختلف درایر و تجهیزات مر بوطه

| Dryer Model | Coalescing Prefilter | Automatic Float Drain | Particulate Afterfilter |
|-------------|----------------------|-----------------------|-------------------------|
| 83P | C15 | 71034-39 | P15 |
| 103P | C30 | 71034-39 | P30 |
| 123P | C50 | 71034-39 | P30 |
| 143P | CX100 | 71034-39 | P50 |
| 163P | CX160 | 71034-39 | PX100 |
| 183P + 203P | CX200 | 71034-38 | PX160 |
| 243P | CX300 | 71034-38 | PX200 |
| 253P | CX400 | 71034-38 | PX200 |
| 303P | CX600 | 71034-38 | PX400 |
| 363P | CX800 | 71034-38 | PX400 |

کنترل درایرهای گاز طبیعی نیز از طریق PLC صورت می گیرد و تابلو فرمان مربوطه دارای ویژگیهایی می باشد که در زیر به چند مورد اشاره شده است:

- ۱) فرمان خاموش شدن درایر به صورت اتوماتیک در اثر بالا و پایین رفتن ولتاژ از حد مجاز
- ۲) فرمان خاموش شدن درایر به صورت اتوماتیک در اثر قطعی یا درست نبودن ترتیب فازها (فرمانهای مذکور (Shutdown) در اکثر سیستمهای کنترلی از جمله کمپرسور وجود دارد)
- ۳) فرمان خاموش شدن اتوماتیک درایر در اثر بالا رفتن درجه حرارت گاز طبیعی از حد مجاز
- ۴) فرمان خاموش شدن اتوماتیک درایر در اثر پایین رفتن درجه حرارت گاز طبیعی از حد مجاز
- ۵) فرمان خاموش شدن درایر جهت عدم عملکرد صحیح دستگاه از جمله اختلال عمل در کار

الکتروموتورها و الکتروفن های موجود

۶) فرمان خاموش شدن درایر (دستگاه هشدار) جهت غیر مجاز بودن نقطه شبنم گاز و... قابل ذکر است که عملکرد دستگاه عموماً "یا کاملاً" اتوماتیک می باشد. ضمناً "دستگاه مجاز به سیستم جلوگیری از شوک در اثر فشار ناگهانی می باشد و عموماً" داخل برجها رنگ اپوکسی و خارج آن رنگ صنعتی می باشد.

۲-۸-۳-۳ فیلتر پایانی^۱

میکرو فیلتری است که بعد از درایر نصب می شود. طراحی این میکرو فیلتر هم مطابق ASME Section VIII صورت می پذیرد و اغلب از جنس فولاد کربنی می باشد. ویژگیهای این میکرو فیلتر که قابلیت جذب ذرات راحتی تا ۰/۰۱ میکرون دارد، مشابه فیلتر ابتدایی می باشد. بدین ترتیب با جذب کامل ذرات، گاز طبیعی بسیار مناسب وارد خودرو خواهد شد. در پایان در شکل ۲-۱۲ نمودار جریان درایر با تجهیزات مربوطه آورده شده است.

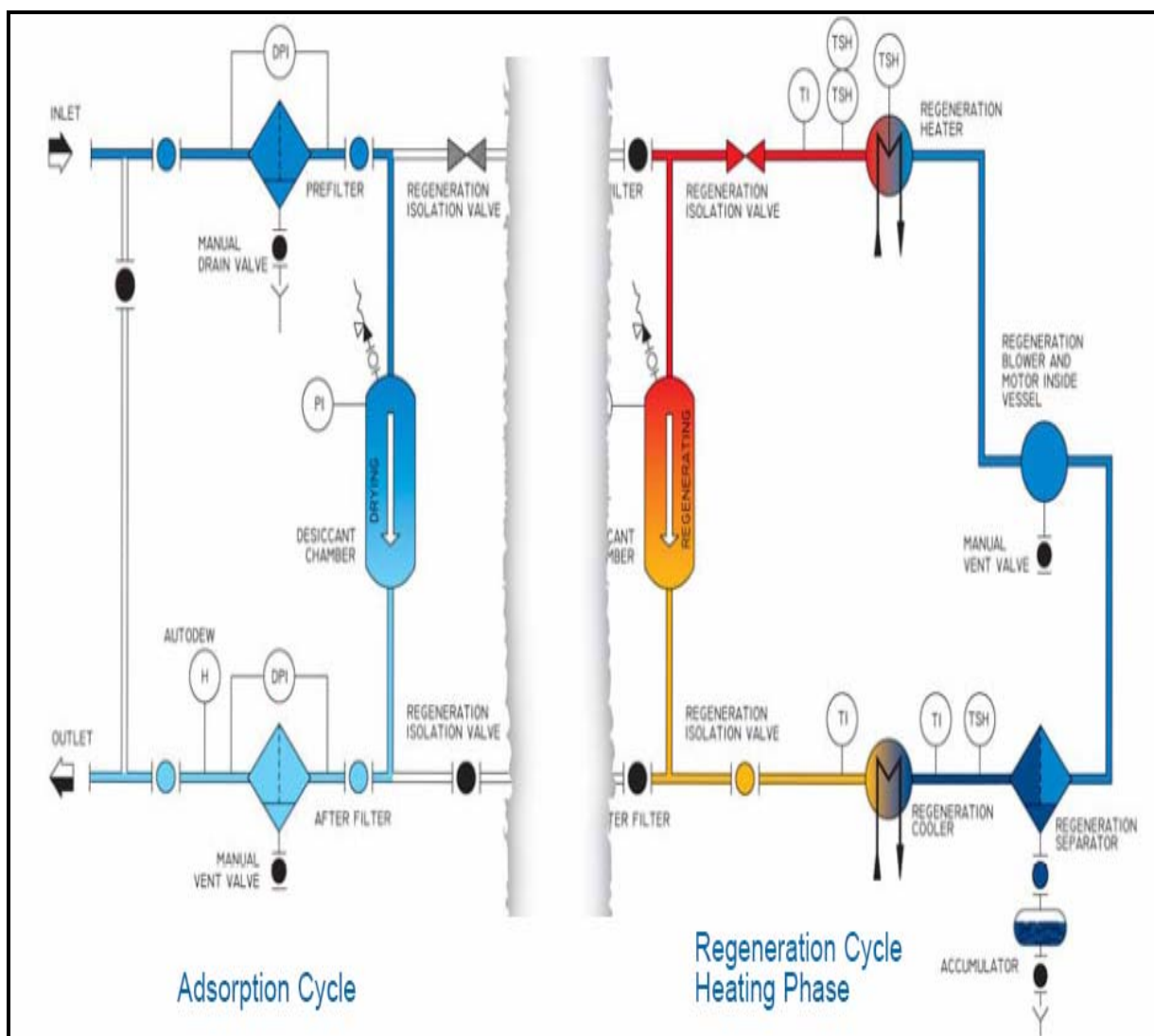
۲-۸-۳-۴ بررسی الکتریکی سیستم

۱) برق مورد استفاده، مطابق نیاز می تواند ۳ فاز ۲۳۰، ۴۶۰ یا ۵۷۵ ولت در بعضی کشورها با ۶۰ هرتز و یا... باشد.

۲) سیستم الکتریکی درایر بایستی مطابق با استاندارد NFPA یا CSA ساخته و طراحی شود.

۳) کلیه کابل کشی های الکتریکی و نیز مدارهای الکتریکی و... بایستی با وسایل گیره مکانیکی در تابلو فرمان و... محکم گردند.

۱- After Filter



شکل ۲-۱۲ نمودار جریان درایر (درایر جذبی دو مخزن دارای سیکل احیاء)

۵-۳-۸-۲ بررسی تست کردن اجزای درایر

- (۱) تمام مخازن فشار مطابق با استاندارد ASME بایستی با فشار هیدروستاتیکی تست شوند تا نسبت به مونتاژ صحیح و کامل درایر اطمینان پیدا کنیم.
- (۲) تمام لوله کشی های گاز بایستی مطابق با ASME B^{31.1} تست شوند.
- (۳) تست کارایی درایر (بدون جریان گاز) حداقل ۴ ساعت

(۴) تست کارآیی سیستمهای کنترلی، سیستمهای هشداردهنده ایمنی و فرمانهای Shutdown

(۵) تست کارآیی کامل تجهیزات الکتریکی و تابلو فرمان

(۶) تستهای کنترل کننده ولتاژ موتور، توان و جریان کشیده شده

(۷) تست آب بندی کامل اجزای سیستم بالای فشار کاری به مدت ۱ ساعت

ضمناً "سیستمهای ایمنی از جمله سیستم اطفاء حریق، بحث احتمال وقوع آتش و سپس انفجار و
اعمال عملیات لازم بعد از هرگونه آتش سوزی (از طریق آب، گاز دی اکسید کربن، پودر خشک) را طبق
استانداردهایی از جمله استاندارد آرژانتین برای مخازن ذخیره گاز بیشتر از ۴۰۰۰ لیتر، با در نظر گرفتن
شرایط دیگر سیستم سوخت رسانی، بایستی در نظر بگیریم.

۹-۲ نتیجه گیری

با توجه به بررسی خط لوله گاز کشور، تقریباً "تمامی جایگاههای سوخت رسانی CNG کشور، نیاز به درایر گاز دارند و از آنجایی که درایرهای تبریدی نقطه شبنم زیر صفر درجه سانتیگراد را تضمین نمی کنند و با توجه به اینکه در اکثر مناطق کشور، حداقل دمای زمستانی به زیر صفر می رسد، لذا درایرهای تبریدی به هیچ عنوان برای جایگاههای سوخت گیری CNG توصیه نمی گردد. لذا با بررسی های انجام شده و مطالعه کامل پارامترهای مورد نیاز برای انتخاب و طراحی درایر در جایگاههای CNG ایران، بهترین انتخاب، استفاده از درایرهای جذبی دارای سیکل احیا به ویژه درایرهای دو مخزن دارای گرم کن است که حداقل دمای گاز ورودی و دمای محیط در آن قابل تغییر بوده و نیز قابل نصب در محیط باز یا بسته می باشد. قابل ذکر است که چگونگی انتخاب و طراحی و نصب این درایر و سایر درایرها در این مجموعه ذکر شده است. ماده جاذب به کار رفته در چنین درایری مولکولارسیو می باشد که قابلیت احیا شدن را داراست، یعنی در سیکل معکوس با سیکل خشک کردن گاز، این مواد جاذب بازیافت و خشک می شوند. ضمناً پارامترهای فیزیکی مناسبی داشته که برای درایرهای مذکور راندمان مناسبی خواهد داشت.

فصل ۳

طراحی مخزن عمودی درایر

۳-۱ مقدمه

در این بخش، به طراحی دو مخزن تحت فشار عمودی مشابه در درایر با کله گی های بیضوی در دو انتها پرداخته می شود. هدف از طرح چنین مسأله ای، یافتن حداقل ضخامت ورق پوسته کله گی تحت فشار داخلی، محاسبه بارهای باد، وزن و زلزله و طراحی پایه های مخزن برای تحمل این بارها به صورت تئوری و کلی می باشد.

۳-۲ اطلاعات کلی

- | | |
|----------------------------|----------------------|
| VERTICAL | ۱. نوع مخزن: |
| ASME | ۲. کد طراحی: |
| ASTM A ۵۱۶ ۷۰ | ۳. جنس پوسته: |
| ASTM A ۵۱۶ ۷۰ | ۴. جنس کله گی: |
| ASTM A ۵۱۶ ۷۰ | ۵. جنس پرهای تقویتی: |
| ASTM A ۱۰۶ B | ۶. جنس نازل ها: |
| تیر نورد شده فولادی (ASTM) | ۷. جنس پایه ها: |
| Ellipsoidal (۲:۱) | ۸. نوع کله گی: |
| ۳۵۰ mm (۷/۱۳") | ۹. قطر داخل پوسته: |
| ۱۸۰۰ mm (۷۰/۸۶") | ۱۰. طول کلی پوسته: |
| ۷۰۰ mm (۲۷/۵۶") | ۱۱. طول کلی پایه ها: |

| | |
|----------------------|----------------------------------------------------------|
| ۳ " (۷۰/۲ mm) | ۱۲. قطر خارجی نازل‌های N _۱ و N _۲ : |
| ۲۲/۸ Bar (۳۳۶ Psi) | ۱۳. فشار طراحی داخلی ^۱ : |
| ۱۷ Bar (۲۵۰ Psi) | ۱۴. فشار کاری ^۲ : |
| ۷۰°C | ۱۵. دمای طراحی ^۳ : |
| -۲۰°C | ۱۶. حداقل دما: |
| ۱۰۰٪ | ۱۷. ضریب اتصال جوش: |
| — | ۱۸. عایق حرارتی: |
| ۱/۵mm(۰/۰۵۹") | ۱۹. خوردگی مجاز ^۴ : |
| ۳۶ m/s | ۲۰. سرعت باد: |
| Zone ۳ UBC | ۲۱. منطقه زلزله ای: |
| CNG | ۲۲. سیال: |

۳-۳ ضخامت پوسته و کله گی برای فشار داخلی

با توجه به جدول مواد در کتاب استاندارد ASTM (بخش اول - جلد چهارم)، تنش تسلیم

Sa = ۲۰۰۰۰ Psi ASTM A ۵۱۶ ۷۰ برابر است با:

$$Ri = \frac{D_i}{2} = \frac{250}{2} = 125 \text{ mm} = 6 / 89 \text{ in}$$

با استفاده از استاندارد ASME Sec VIII div I در قسمت ۲۷ - UG برای تعیین ضخامت

پوسته استوانه ای تحت فشار داخلی، در مواقعی که فشار داخلی از SE ۳۸۵/۰ تجاوز نمی کند، از

فرمول مزبور داریم:

۱- Design Pressure

۲- Working Pressure

۳- Design Temperature

۴- allowance Corrosion

$$t = \frac{PRi}{SE - 0.6P} + C.A = \frac{336 \times 6 / 89}{(2000 \times 1) - 0.6 \times 336} + 0.059 = 0.176 \text{ in} = 4.47 \text{ mm}$$

اگر از ورق با ضخامت $t = 5 \text{ mm}$ استفاده کنیم، P_{unc} برای پوسته استوانه ای برابر است با:

$$P_{unc} = \frac{StE}{R + 0.6t} = \frac{20000 \times 0.176 \times 1}{6 / 89 + 0.6 \times 0.176} = 504 \text{ psi} > P_{Design} = 336 \text{ psi}$$

لذا ضخامت مورد نظر مورد قبول می باشد.

در فرمول بالا باید ضخامت ورق انتخابی را از خوردگی مجاز کم کنیم.

برای محاسبه ضخامت کله گی (بیضوی) در قسمت ۳۲ - UG، با استفاده از فرمول زیر داریم:

$$t_h = \frac{PD}{2SE - 0.6P} + C.A = \frac{336 \times 13 / 78}{2 \times 2000 \times 1 - 0.6 \times 336} + 0.059 = 0.175 \text{ in} = 4.45 \text{ mm}$$

اگر از ورق با ضخامت $t = 5 \text{ mm}$ استفاده کنیم، P_{unc} برای کله گی برابر است با:

$$P = \frac{2 \times SEt}{L + 0.6t} = \frac{2 \times 20000 \times 1 \times 0.176}{13 / 78 + 0.6 \times 0.176} = 509 / 6 \text{ psi} > P_D = 336 \text{ psi}$$

لذا ضخامت مزبور قابل قبول می باشد.

بدین ترتیب، ورقهای با ضخامت $t = 5 \text{ mm}$ در برابر فشار طراحی داخلی، یعنی $P = 336 \text{ psi}$ مقاومت می کنند.

۳-۴ محاسبه ضخامت نازل ها و پدهای تقویتی

برای محاسبه ضخامت جداره نازلها می توان از فرمول های داده شده برای پوسته های استوانه ای در

بخش ۳۷ - UG کتاب ASME sec VIII div 1 استفاده کرد.

با استفاده از جدول مواد، تنش تسلیم ASTM A ۱۰۶ B (لوله فولاد کربنی بدون درز) برابر

است با: $Sa = 17000 \text{ psi}$

ضخامت جداره نازل های N_1 و N_2 با استفاده از فرمول زیر برابر است با:

$$t = \frac{PR_i}{SE - 0.6P} + C.A = \frac{336 \times 1/5}{17000 \times 0.6 \times 336} + 0.059 = 0.089 \text{ in} = 2/29 \text{ mm} \cong 2/5 \text{ mm}$$

بنابراین برای نازل های N_1 و N_2 از لوله SCH ۴۰ استفاده می کنیم.

از فرمول موردنظر در UG-۳۷، مساحت پد تقویتی لازم برای نازل های N_1 و N_2 به صورت زیر داریم:

$$A = dt_r F + 2 t_n t_r (1 - f_r)$$

d: قطر داخلی سوراخ نازل (in یا mm)

$$f_r = \frac{S_n}{S_v} \Rightarrow \text{ضریب کاهش مقاومت کمتر از یک}$$

S_n : تنش مجاز در نازل

S_v : تنش مجاز در مخزن

F: ضریب خوردگی که به خاطر نوسانات تنش های داخلی در نظر گرفته می شود

و با توجه به زاویه صفحه (پد تقویتی) با محور طولی مخزن در دیاگرام مورد نظر تعیین می شود.

t_r : ضخامت پوسته بدست آمده از فرمول بدون خوردگی مجاز منهای دو برابر

خوردگی مجاز از دو طرف

t_n : ضخامت اسمی لوله ای که به عنوان نازل استفاده می کنیم

$$\alpha = 0 \Rightarrow F = 1$$

در فرمول بالا d (قطر داخلی نازل) برابر است با:

$$d = d_o - 2t = 3 - (2 \times 0.089) = 2/82 \text{ in}$$

لذا با جایگزینی در فرمول اصلی خواهیم داشت:

$$A = dt_r F + 2 t_n t_r (1 - \frac{S_n}{S_v})$$

$$A = 2/82 \times (0.089) + 2 \times 0.1 \times (1 - \frac{17000}{20000}) = 0.25 \text{ in}^2 = 162/29 \text{ mm}^2$$

۵-۳ محاسبه فشار باد

$$D_o = D_i + 2t = 13/78 + 2 \times 0/19 = 14/16 \text{ in}$$

$$K_d = 1/40$$

با توجه به محاسبه قطر خارجی مخزن و ضریب ایمنی در نظر گرفته شده برای محاسبه قطر موثر در تعیین فشار باد داریم :

$$D_e = (D_o + 2 \times \text{ins}) \times K_d = (14/16 + 2 \times 0) \times 1/40 = 19/82 \text{ in} = 1/65 \text{ ft}$$

با توجه به اینکه برای ارتفاع های ۰ تا ۳۰ فوت داریم :

$$P_z = 35 \text{ psf}$$

$$W = B \times D_e \times P_z = 0/6 \times 1/65 \times 35 = 32/76 \text{ lb / ft}$$

B: ضریبی که به نسبت فشار نسبی باد در آن منطقه در نظر می گیرند.
مقطع ۲:

$$P_r = 32/76 \times 4/5 = 147/42 \text{ lb}$$

$$V_r = P_r = 147/42 \text{ lb}$$

$$M_r = 147/42 \times 2/25 + 150 = 481/70 \text{ lb.ft}$$

$$P_r = 76/33 \text{ lb}$$

$$V_r = P_r + V_r = 147/42 + 76/33 = 223/75 \text{ lb}$$

$$M_r = 76/33 \times 1/16 + 481/70 + 147/42 \times 2/33 = 913/73 \text{ lb.ft}$$

۶-۳ محاسبه بار وزن

در محاسبه بار وزن ، وزن ورق های مورد استفاده ، وزن سیال (CNG) درون مخزن و وزن تجهیزات متصل شده به آن را محاسبه می کنیم. برای محاسبه وزن ورق ها ، حجم آن ها را محاسبه کرده و

آن را در چگالی فولاد $\rho = 7800 \text{ Kg/m}^3$ ضرب می نماییم.

الف وزن ورق کله گی : با توجه به بیضوی بودن کله گی داریم:

$$V = \frac{4}{3} \pi abc = \frac{4}{3} \pi (0.18 \times 0.18 \times 0.09) - \frac{4}{3} \pi (0.175 \times 0.175 \times 0.087) = 1/0.54 (10^{-3}) m^3$$

$$m = \rho V = 7800 \times 1/0.54 (10^{-3}) = 8/22 Kg$$

$$W = mg = 82/2 N = 18/74 lb$$

(ب) وزن پوسته :

$$V = (\pi D) L t = \pi \times 0.35 \times 1/8 \times 0.005 = 0/99 (10^{-3}) m^3$$

$$m = \rho V = 7800 \times 0/99 (10^{-3}) = 77/22 Kg$$

$$W = mg = 772/2 N = 169/88 lb$$

(ج) وزن سیال:

$$V = \pi R^2 L + \frac{4}{3} \pi abc = \pi (0.175)^2 \times 1/8 + \frac{4}{3} \pi (0.175)^3 = 0/195 m^3$$

از آنجا که گاز کاملاً مخزن را پر نکرده ، بلکه گاز به مقدار لازم از روی مواد دسیکانت عبور می نماید و گاز خشک از نازل N_2 خارج می شود. لذا خواهیم داشت:

$$V_n = 0/6 \times 0/195 = 0/12 m^3$$

$$m = \rho_{CNG} V_n = 20 \times 0/12 = 2/4 Kg$$

$$W = mg = 24 N = 5/28 lb$$

مشاهده می شود که به دلیل سیال بودن گاز ، وزن آن ناچیز می باشد.

(د) وزن تجهیزات متعلقه (لوله ها، اتصالات، مخزن بازیافت و ...) \Leftarrow

$$W = 400 N = 88 lb$$

بنابراین وزن کلی درایر بدون پایه برابر است با :

$$W = 2 \times 82/2 + 772/2 + 24 + 400 = 1360/6 N \quad (m = 136 kg)$$

بایستی توجه داشت که محاسبات انجام شده برای درایر تقریباً "ظرفیت کم می باشد، بطوریکه برای

درایرهای بزرگتر وزن آن به نیم تن و حتی بالاتر نیز می رسد.

لذا با توجه به محاسبات فوق، پیشنهاد می شود که تیر طبق استاندارد آمریکایی (یکای SI) از نوع

C $150 \times 15/6$ (باضخامت 8/7 mm) استفاده شود ، که دور تا دور آن به مخزن به همراه لچکی

جوش می خورد.