

آشنایی با علائم و نمودارها در فرآیندهای صنایع شیمیایی

هدف‌های رفتاری: پس از پایان این فصل از هنرجو انتظار می‌رود که بتواند:

- مشخصات انواع نمودارهای فرآیندی را شرح دهد.
- مفهوم علائم مورد استفاده در انواع نمودارها را توضیح دهد.
- قادر باشد براساس شرح فرآیند، نمودار جعبه‌ای و نمودار جریان‌های فرآیند را رسم کند (رسم نقشه).
- قادر باشد نمودار جعبه‌ای و نمودار جریان‌های فرآیند را بخواند و بسته به نوع نمودار شرح فرآیند متناسب با آن را بنویسد.

۱-۱- مقدمه

یک مهندس شیمی، به هنگام طراحی یک واحد صنعتی، ایده‌ها و افکار خود را در قالب نقشه‌های گوناگون، که به آن‌ها «نقشه‌های فرآیندی» می‌گویند، به روی کاغذ می‌آورد. انواع نقشه‌های فرآیندی عبارتند از:

- | | |
|---------------------------------|---|
| ۱- نمودار جعبه‌ای جریان‌ها | 1- Block Flow Diagram (BFD) |
| ۲- نمودار جریان‌های فرآیند | 2- Process Flow Diagram (PFD) |
| ۳- نمودار لوله‌کشی و ابزار دقیق | 3 - Piping and Instrumentation Diagram (P&ID) |
| ۴- نقشه‌ی جانمایی تجهیزات | 4 - Plant Layout |

به هنگام طراحی یک کارخانه، در روند پیشرفت کار، نقشه‌های کامل‌تری تهیه می‌شود. نمودار جعبه‌ای جریان‌ها (BFD) که به اختصار به آن نمودار جعبه‌ای نیز می‌گویند ساده‌ترین نوع نقشه است که در آن بخش‌های اصلی یک کارخانه و جریان‌های مواد اولیه و محصولات نشان داده می‌شود. براساس این نمودار، نمودار جریان‌های فرآیند (PFD) رسم می‌شود که جزئیات دقیقی از فرآیند و جریان‌های مختلف آن را نشان می‌دهد. به همین ترتیب نمودار لوله‌کشی و ابزار دقیق (P&ID) بر مبنای PFD تهیه می‌شود و در آن کلیه‌ی نکات مربوط به لوله‌کشی و ابزار دقیق و همه‌ی دستگاه‌ها و تجهیزات اصلی و فرعی فرآیند به‌طور دقیق نشان داده می‌شود. بنابراین ترتیب تهیه و ارائه‌ی نقشه‌ها در طی یک پروژه‌ی طراحی، به قرار زیر است:

BFD → PFD → P&ID

نقشه‌ی جانمایی (Layout) از سنخ سه نقشه‌ی بالا نیست زیرا جریان‌های فرآیند و نحوه‌ی تبدیل مواد اولیه به محصول را نشان نمی‌دهد؛ بلکه، همان‌طور که از اسمش پیداست، این نقشه، محل استقرار دستگاه‌ها و فاصله‌ی میان آن‌ها را مشخص می‌سازد. نقشه‌ی جانمایی معمولاً بعد از تکمیل PFD و هم‌زمان با P&ID آماده می‌شود.

۱- توجه داشته باشید که در طراحی و ساخت یک کارخانه‌ی شیمیایی، علاوه بر نقشه‌های فرآیندی که مسئولیت رسم آن‌ها با مهندس شیمی است، انواع نقشه‌های مکانیک، برق، ابزار دقیق و ساختمان نیز توسط مهندسين مکانیک، برق، الکترونیک و ساختمان رسم می‌شوند.

۱-۲- نمودار جعبه‌ای فرآیند (BFD)

این نقشه در اولین مراحل طراحی یک کارخانه‌ی شیمیایی، یا هنگامی که بخواهند به ساده‌ترین شکل، فرآیندهای مختلف یک واحد صنعتی بزرگ و پیچیده را نشان دهند رسم می‌شود. در این نمودار تعدادی از دستگاه‌ها، که در مجموع یک فرآیند را به وجود می‌آورند، به صورت یک جعبه یا بلوک^۱ نشان داده می‌شوند. برای مثال، مجموعه‌ای از مبدل‌های حرارتی، پمپ‌ها، ظروف مختلف، برج تقطیر^۲ و برج یا برج‌های عاری‌ساز^۳ را با یک جعبه و تحت نام «جداسازی» یا «تقطیر» نمایش می‌دهند. در نمودار جعبه‌ای تقدم و تأخر عملیات حفظ شده است و با دنبال کردن خطوط (جریان‌ها) از چپ به راست می‌توان به یک شناخت کلی در خصوص فرآیند دست یافت. در یک نمودار جعبه‌ای معمولاً مقدار (دبی جرمی یا حجمی) جریان‌های ورودی (مواد اولیه) و خروجی (محصولات) نوشته می‌شود. به کمک این اعداد می‌توان موازنه‌ی جرم کلی را برای کارخانه نوشت.

شکل ۱-۱ نمودار جعبه‌ای فرآیند کربنی کردن^۴ زغال سنگ و محصولاتی را که از آن به دست می‌آید، نشان می‌دهد. همان‌طور که در نمودار مشاهده می‌شود این فرآیند از ۶ بخش اصلی تشکیل شده است و هر بخش با یک جعبه یا بلوک نشان داده شده است. اعداد روی خطوط نشان دهنده‌ی دبی جرمی (برحسب پوند بر ساعت) جریان‌های فرآیند است. به کمک این اعداد می‌توان موازنه‌ی جرم کلی فرآیند را به شکل زیر نوشت:

بخار آب + هوا + زغال سنگ = مواد اولیه (ورودی)

$$100000 + 8000 + 2203 = 110203 \text{ lb/h}$$

گازوئیل + آروماتیک‌های سبک + مایعات دورریز + فنول + گوگرد + گازهای سوختنی = محصولات (خروجی)

$$7183 + 1070 + 25 + 2380 + 770 + 12575$$

کُک + قطران + روغن قطران + قیر +

$$+ 3320 + 2380 + 3000 + 77500 = 110203 \frac{\text{lb}}{\text{h}}$$

بنابراین موازنه‌ی جرم برقرار است:

محصولات (خروجی) = مواد اولیه (ورودی)

$$110203 \frac{\text{lb}}{\text{h}} = 110203 \frac{\text{lb}}{\text{h}}$$

خواندن نمودارهای جعبه‌ای و استخراج شرح فرآیند از آن‌ها بسیار ساده است. در شکل ۱-۱ ابتدا خوراک (زغال سنگ) به همراه هوا وارد بخش «کربنی کردن» می‌شود تا در آنجا زغال سنگ به صورت جزئی^۵ اکسید شود و محصولات مختلف به دست آید. در این جا نمودار جعبه‌ای نشان نمی‌دهد که بخش کربنی کردن از چه تجهیزاتی تشکیل شده است. بلکه فقط بیان می‌کند که سنگین‌ترین محصول این بخش که از پایین جدا می‌شود کُک است، و این که بقیه‌ی محصولات وارد مرحله‌ی بعد یعنی «تقطیر اولیه» می‌شوند. در بخش «تقطیر اولیه» چهار محصول مختلف به صورت ناخالص به دست می‌آید که هر کدام در بخش‌های بعدی وارد مراحل خالص‌سازی می‌شوند. سبک‌ترین محصول بخش «تقطیر اولیه» (جربانی که از بالای جعبه خارج می‌شود) پس از سرد شدن به دو جزء تقسیم می‌شود. ترکیبات سبک آن وارد مرحله‌ی «بازیابی گوگرد» می‌شود. محصول این بخش گوگرد و گازهای سوختنی^۶ عاری از گوگرد می‌باشد.

۱ _Block

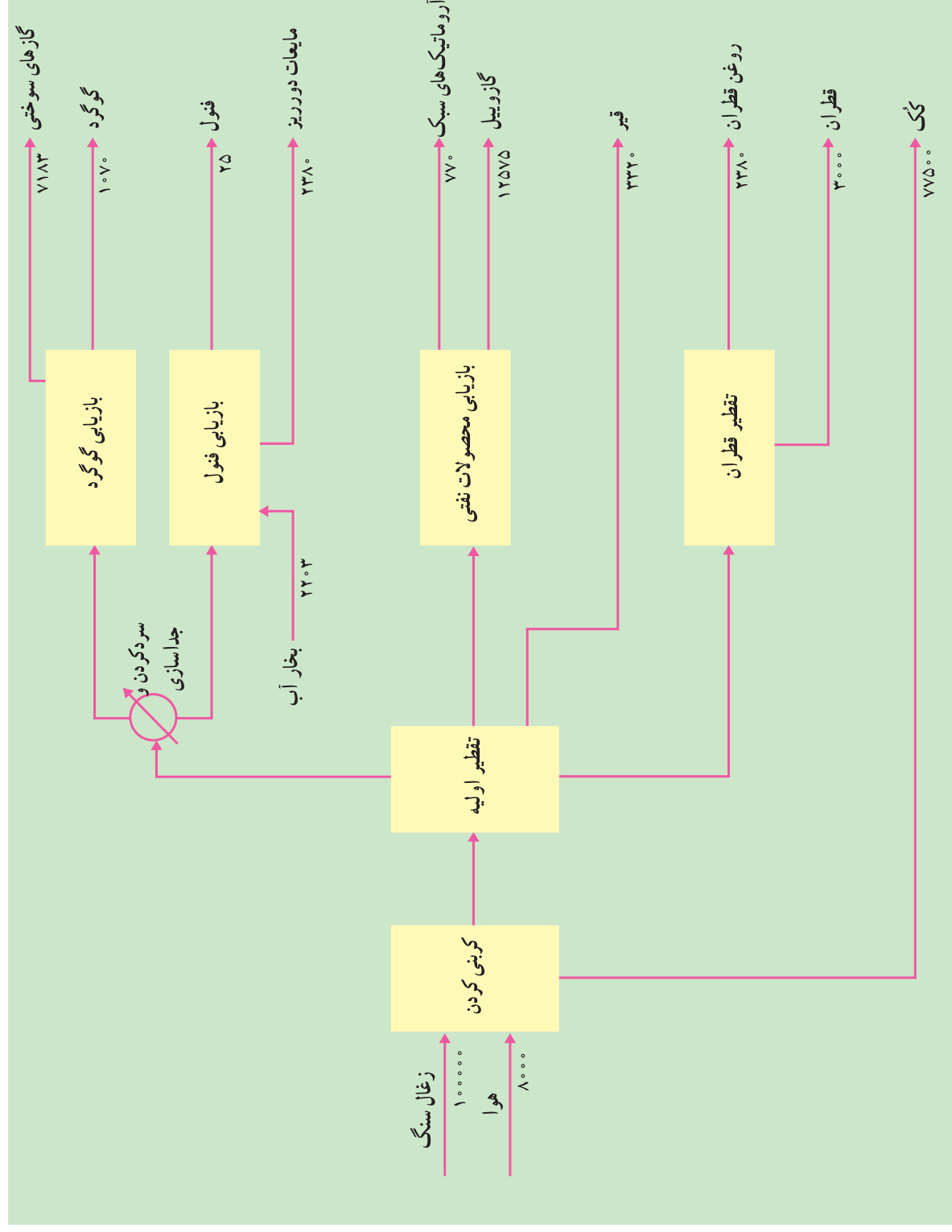
۲ _Distillation Column

۳ _Stripper Column

۴ _Carbonization

۵ _Partial Oxidation

۶ _Fuel Gas



شکل ۱-۱ نمودار جعبه‌ای فرآیند کربنی کردن زغال سنگ (اعداد برحسب $\frac{lb}{h}$ می‌باشد).

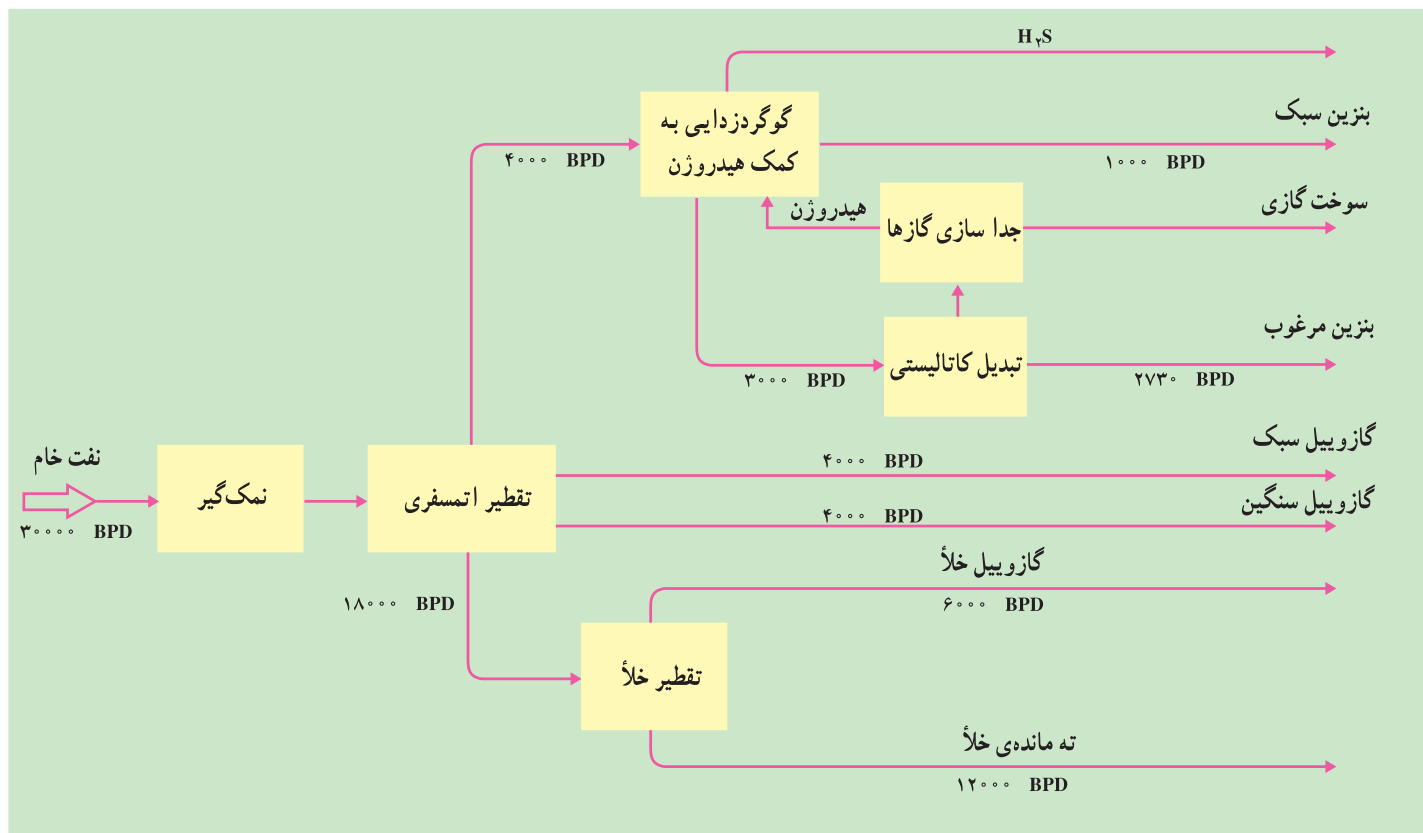
مایع خروجی از قسمت «سرد کردن و جداسازی»، فنول ناخالص است که وارد بخش «بازیابی فنول» می‌شود و در این بخش، به کمک بخار آب، به فنول خالص، به عنوان محصول نهایی، تبدیل می‌شود. در این جریان، مایعاتی که از فنول جدا شده‌اند مصرفی نداشته و مایعات دورریز^۱ می‌باشند.

ترکیبات میان تقطیر^۲ که مایعات نفتی هستند از بخش «تقطیر اولیه» وارد بخش «بازیابی محصولات نفتی» می‌شوند تا در آنجا جداسازی و تصفیه‌ی نهایی بر روی آن‌ها انجام گردد. محصولات نهایی این بخش، آروماتیک‌های سبک و گازوییل است. محصول دیگری که مستقیماً از بخش «تقطیر اولیه» به دست می‌آید و نیاز به عملیات خالص‌سازی ندارد قیر است. سنگین‌ترین محصول بخش «تقطیر اولیه» قطران ناخالص است که وارد بخش «تقطیر قطران» می‌شود. در این بخش ترکیبات روغنی سنگین نظیر روغن قطران از قطران جدا می‌شود.

مثال ۱-۲- شکل ۱-۲ نمودار جعبه‌ای (BFD) یک پالایشگاه را نشان می‌دهد.

الف) آیا رابطه‌ی موازنه‌ی جرم (ورودی = خروجی) برقرار است؟

ب) با توجه به نمودار، بخش‌های اصلی فرآیندهای پالایش را شرح دهید. (نقشه خوانی)



شکل ۱-۲- نمودار جعبه‌ای یک پالایشگاه

۱- Waste Liquid

۲- در فصل چهارم با ترکیبات نفتی پیش‌تر آشنا می‌شوید. منظور از ترکیبات میان تقطیر، محصولاتی با نقطه‌ی جوش متوسط نظیر بنزین، نفت سفید و گازوییل است.

جواب

الف: موازنه‌ی جرم این پالایشگاه به قرار زیر است:

$1 \text{ BPD} = 30,000$ نفت خام (ورودی)

گازوییل خلأ + گازوییل سنگین + گازوییل سبک + بنزین مرغوب + بنزین سبک = محصولات (خروجی)
ته مانده‌ی خلأ +

۶۰۰۰ ۴۰۰۰ ۴۰۰۰ ۲۷۳۰ ۱۰۰۰

$12,000 = 29730 \text{ BPD}$

همان‌طور که مشاهده می‌شود دو عدد ورودی و خروجی دقیقاً برابر نیستند ($29730 \neq 30,000$) و مجموع محصولات به اندازه‌ی ۲۷۰ بشکه در روز کمتر از نفت خام ورودی است. چرا؟

با کمی دقت در نمودار متوجه می‌شویم که دبی گازهای خروجی (مثل H_2S) و سوخت‌های گازی^۲ نوشته نشده است. در حقیقت، چون مقدار این گازها نسبتاً کم است و جزء محصولات قابل عرضه‌ی پالایشگاه نیز نمی‌باشند طراح نقشه از ذکر آنها خودداری کرده است. بدیهی است هر خواننده‌ای به آسانی متوجه می‌شود که، با توجه به محاسبات ساده‌ی فوق، ۲۷۰ بشکه در روز از نفت خام به H_2S یا سوخت‌های گازی تبدیل شده است.

(ب) با توجه به نمودار جعبه‌ای، شرح فرآیند کلی این پالایشگاه به شرح زیر است:

ظرفیت پالایشگاه ۳۰,۰۰۰ بشکه در روز (BPD) است. نفت خام ابتدا وارد دستگاه نمک‌گیر می‌شود. در این دستگاه املاح معدنی نظیر $NaCl$ جدا می‌شوند^۳، سپس نفت خام وارد دستگاه «تقطیر اتمسفری» می‌شود. در این بخش اجزای سازنده‌ی نفت خام در فشار یک اتمسفر (فشار محیط)، بر اثر حرارت به چهار بُرش تفکیک می‌شوند. سبک‌ترین اجزا (بُرشی که از بالای دستگاه خارج می‌شود) به بخش «گوگردزایی به کمک هیدروژن» ارسال می‌شود. در این بخش گوگرد به صورت هیدروژن سولفید (H_2S) از هیدروکربن‌ها جدا می‌شود.

یکی دیگر از محصولات این دستگاه نوعی بنزین سبک است که به آن LSRG^۴ گویند. این بنزین در مراحل نهایی با دیگر انواع بنزین‌ها مخلوط خواهد شد تا محصولی که به بازار عرضه می‌شود مشخصات مورد نظر برای مصرف را داشته باشد. بخش سنگین‌تر هیدروکربن‌ها که از پایین دستگاه «گوگردزایی به کمک هیدروژن» خارج می‌شود، نوعی بنزین نامرغوب است که وارد دستگاه «تبدیل کاتالیستی» می‌گردد. در این دستگاه به کمک کاتالیزگرهای مناسب، بنزین نامرغوب به بنزین مرغوب تبدیل می‌شود. همان‌طور که بیان شد، با مخلوط کردن این دو نوع بنزین (بنزین سبک و بنزین مرغوب)، محصولی با مشخصات مطلوب به بازار عرضه می‌شود. محصول دیگری که به طور عمده از دستگاه تبدیل کاتالیستی خارج می‌شود هیدروژن است که مقداری گازهای سبک نیز همراه دارد. پس از جداسازی هیدروژن از گازهای هیدروکربنی سبک، هیدروژن به عنوان خوراک اولیه دستگاه «گوگردزایی به کمک هیدروژن» به کار می‌رود و هیدروکربن‌های سبک به عنوان سوخت گازی^۵ در کوره‌های پالایشگاه مورد استفاده قرار می‌گیرد.

محصول دیگر دستگاه تقطیر اتمسفری گازوییل سبک و گازوییل سنگین است که هر کدام به مقدار ۴۰۰۰ بشکه در روز تولید

می‌شود.

۱- BPD مخفف بشکه در روز (Barrel Per Day) می‌باشد. هر بشکه معادل ۱۵۹ لیتر است.

۲- Fuel Gases

۳- اگر املاح معدنی نظیر $NaCl$ جدا نشوند در مراحل مختلف پالایش تولید HCl نموده خوردگی شدیدی در داخل دستگاه‌ها پدید می‌آورد.

۴- Light Straight Run Gasoline

۵- Fuel Gas

بخش عمده‌ی نفت خام از هیدروکربن‌های سنگین تشکیل شده است. نقطه‌ی جوش این هیدروکربن‌ها آن قدر بالاست که در دستگاه تقطیر اتمسفری قابل تفکیک نیستند. ته‌مانده‌ی تقطیر اتمسفری با دبی °° ۱۸۰ بشکه در روز به دستگاه تقطیر در خلأ وارد می‌شود و در آن‌جا تحت شرایط خلأ و حرارت تفکیک می‌شود. محصول این دستگاه نوعی گازوییل است که به آن گازوییل خلأ^۱ می‌گویند. ته‌مانده‌ی برج تقطیر در خلأ که به آن ته‌مانده‌ی خلأ^۲ می‌گویند می‌تواند به عنوان ماده‌ی اولیه در ساخت قیر و آسفالت به کار رود^۳.

۳-۱- نمودار جریان‌های فرآیند (PFD)

در این نقشه دستگاه‌های اصلی فرآیند و چگونگی جریان مواد بین آن‌ها نشان داده می‌شود. رآکتورها، برج‌های جداسازی (نظیر تقطیر، استخراج و ...)، مخازن، مبدل‌های حرارتی، فیلترها، خشک‌کن‌ها، پمپ‌ها، کمپرسورها و نظایر آن‌ها از مهم‌ترین دستگاه‌های فرآیندی هستند که در نمودار جریان‌های فرآیند نمایش داده می‌شوند. معمولاً اعداد و ارقام مربوط به جریان‌ها، نظیر مقدار دبی، ترکیب، دما، فشار و انرژی هر جریان به صورت جدول در زیر نقشه درج می‌شود. عناوینی که معمولاً در یک PFD نشان داده می‌شوند عبارت‌اند از:

- کلیه‌ی جریان‌های فرآیند و بخشی از جریان‌های جانبی نظیر جریان آب سرد یا بخار آب
- کلیه‌ی دستگاه‌ها و تجهیزات فرآیند که براساس تقدم و تأخر عملیات، از چپ به راست رسم می‌شوند.
- شکل کلی مدارهای کنترل و نحوه‌ی کنترل دما، فشار، دبی و غلظت‌ها.
- توان و دبی پمپ‌ها و توان حرارتی مبدل‌های حرارتی.
- دبی، دانسیته و ترکیب جریان‌های مهم (جدول موازنه‌ی جرم).
- شرایط عملیاتی دستگاه‌های مختلف نظیر دما و فشار آن‌ها.
- چیزهایی که معمولاً در یک PFD نشان داده نمی‌شوند، به جز موارد استثنا و به دلایل خاص، عبارت‌اند از:
- جریان‌های فرعی که در فرآیند نقش اصلی و اساسی ندارند؛ برای مثال در یک فرآیند به منظور جلوگیری از خوردگی داخل دستگاه‌ها، هر شش ماه یک‌بار مقدار کمی «بازدارنده»^۴ به داخل لوله‌ها تزریق می‌کنند. تجهیزات مربوط به این عملیات که شامل مخزن بازدارنده، پمپ و بعضی خطوط لوله می‌باشد، معمولاً در PFD نشان داده نمی‌شود.
- ارتفاع تجهیزات تا سطح زمین.
- تجهیزات و دستگاه‌های یدکی؛ برای مثال، در کارخانجات شیمیایی بزرگ، معمولاً در کنار هر پمپ، یک پمپ یدک نیز پیش‌بینی شده است تا اگر پمپ اصلی خراب و از سرویس خارج شد، بلافاصله پمپ یدک وارد مدار گردد و در نتیجه، جریان مواد و تولید کارخانه دچار وقفه نشود. این‌گونه تجهیزات یدکی هم در نقشه‌ی PFD نشان داده نمی‌شوند.
- فقط شکل یکی از پمپ‌ها، کمپرسورها و دستگاه‌هایی که همزمان به صورت موازی کار می‌کنند در PFD رسم می‌شود.
- اطلاعات مربوط به لوله‌کشی و افت فشار در داخل لوله‌ها.
- اطلاعات مربوط به ابزار دقیق مثل فشارسنج‌ها، دماسنج‌ها و جزییات مربوط به اندازه‌گیری و کنترل فرآیند.
- ابعاد کامل دستگاه‌ها (در مواردی ممکن است قطر داخلی و ارتفاع بعضی از برج‌ها را در PFD ذکر کنند)
- باید توجه داشت که در رسم PFD سعی می‌شود ابعاد و اندازه‌های شکل تا حد امکان متناسب باشد. مثلاً هیچ‌گاه شکل یک

۱- Vacuum Gas Oil

۲- Vacuum Residue

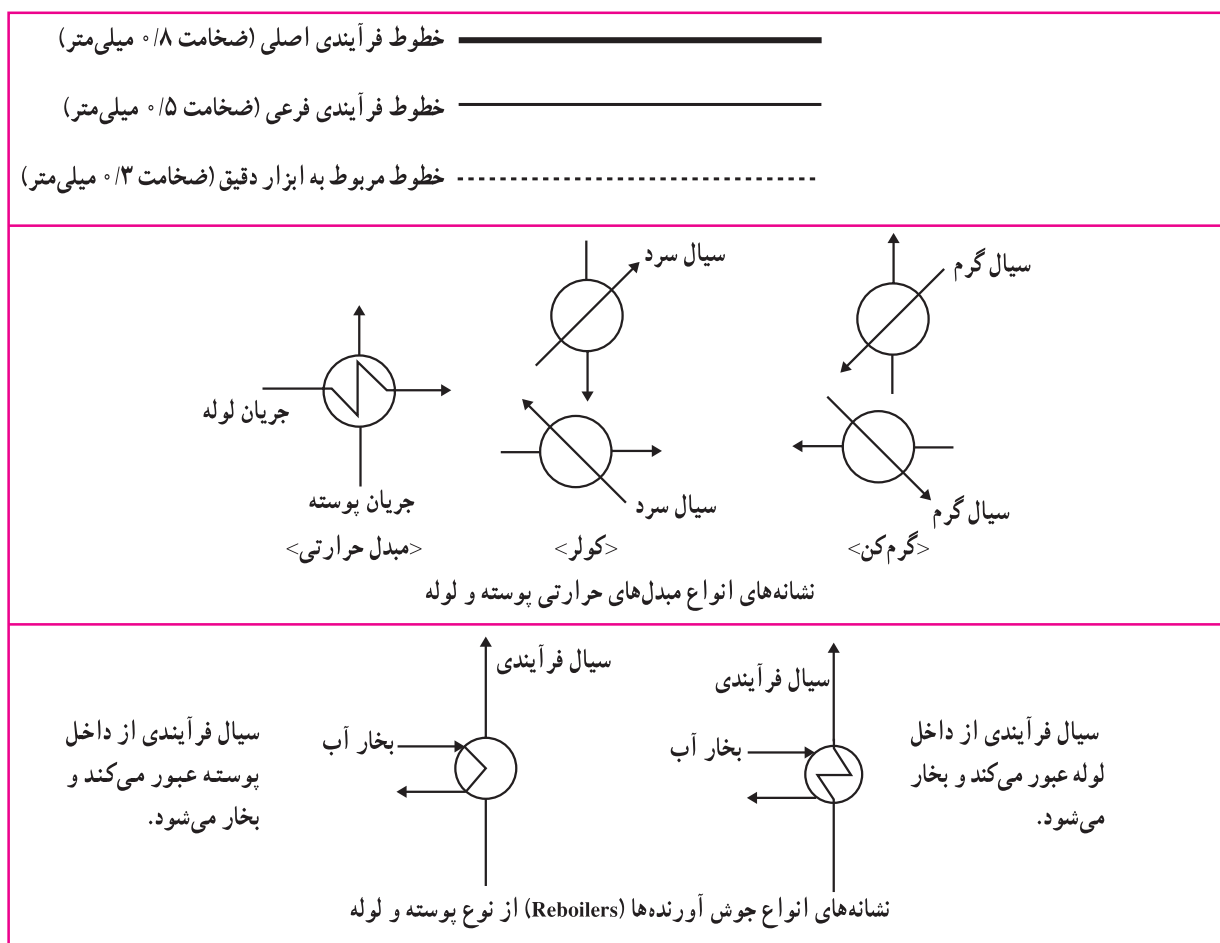
۳- در فصل ۴ عملیات پالایش نفت خام با جزییات پیش‌تر توضیح داده شده است.

۴- بازدارنده‌ها یا Inhibitors موادی هستند که از زنگ‌زدن و خوردگی دستگاه‌ها جلوگیری به عمل می‌آورند.

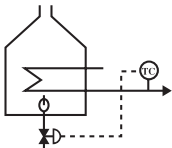
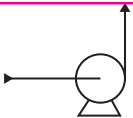
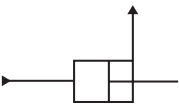
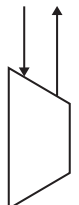
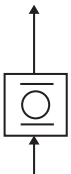
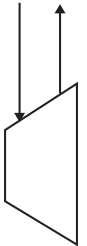
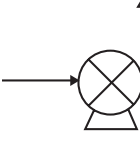


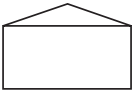

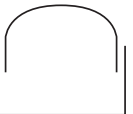
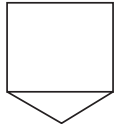
پمپ کوچک را بزرگ‌تر از یک رآکتور غول‌پیکر رسم نمی‌کنند. با این وجود هرگز نباید اندازه‌ی شکل‌های رسم شده در نقشه، ملاکی برای ابعاد واقعی دستگاه‌ها باشد زیرا PFD براساس یک مقیاس^۱ معین رسم نمی‌شود.

در رسم PFD قراردادهای استانداردهای مشخصی وجود دارد. از طرفی ممکن است استانداردهایی که شرکت‌های مختلف رعایت می‌کنند در بعضی موارد با یکدیگر متفاوت باشند. شکل‌های ۱-۳ علامت‌ها و نشانه‌هایی را که در رسم PFD در صنایع نفت و گاز و پتروشیمی به کار می‌روند و تحت نام «استانداردهای نفت ایران یا IPS»^۲ شناخته می‌شوند نشان می‌دهد. جدول ۱-۱ یک نمونه از جدول عنوان یا Title Block است که اطلاعات کلی در خصوص PFD را نشان می‌دهد.

همان‌طور که قبلاً ذکر شد، نحوه‌ی کنترل دما، فشار، دبی و نظایر آن‌ها باید در PFD به شکل کلی نمایش داده شود. شکل ۱-۴ چگونگی کنترل دمای خروجی یک کوره را نشان می‌دهد. هدف آن است که دمای مواد خروجی از کوره در 73°F ثابت نگه‌داشته شود. این عمل به کمک یک کنترل کننده‌ی دما (TC) انجام می‌شود. اگر دمای خروجی کوره از 73°F بیش‌تر شود، کنترل کننده‌ی دما (TC) به شیر کنترل که بر روی جریان سوخت ورودی به کوره نصب شده‌است فرمان می‌دهد تا سیر جریان را کاهش دهد و سوخت کوره را کم کند. برعکس، اگر به هر دلیل دمای خروجی کوره از 73°F کم‌تر شد، TC به شیر کنترل فرمان می‌دهد تا به مقدار مورد نیاز باز شود و سوخت بیش‌تری به کوره برساند. فرمان‌هایی که کنترل کننده‌ها به شیرهای کنترل می‌دهند از جنس «جریان هوا» یا «جریان الکتریسیته» است.



شکل ۱-۳- علامت‌ها و نشانه‌هایی که در رسم PFD به کار می‌روند.

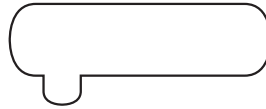
 <p>نشانه‌ی کوره</p>	
 <p>پمپ گریز از مرکز</p>	 <p>پمپ رفت و برگشتی</p>
 <p>کمپرسور گریز از مرکز</p>	 <p>کمپرسور رفت و برگشتی</p>
 <p>توربین</p>	 <p>دمنده</p>
<div> <div>مخزن ذخیره‌ی درسته</div> <div>مخزن ذخیره‌ی دریاز</div> <div>مخزن ذخیره با سقف مخروطی</div> <div>مخزن ذخیره با سقف متحرک تخت</div> <div>مخزن ذخیره با سقف متحرک گنبدی</div> <div>مخزن ذخیره با کف مخروطی</div> </div> <div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> </div>	

مخازن ذخیره‌ی مایعات در فشار اتمسفر

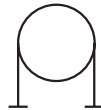
مخزن عمودی



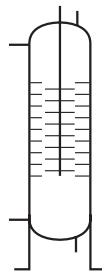
مخزن افقی



مخزن کروی



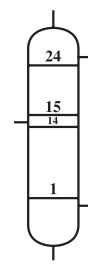
مخازن تحت فشار



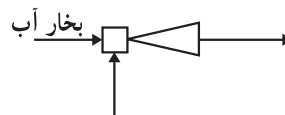
برج با دو قطر متفاوت



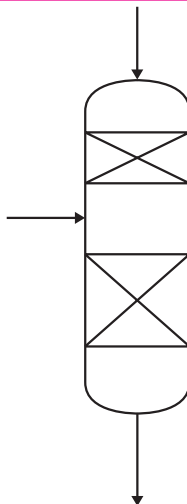
برج سینی دار



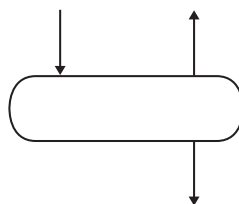
سیستم تولید خلأ (Ejector)



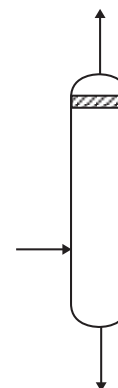
اتصال به مخزن



ظرف جدا کننده گاز و مایع (افقی)



ظرف جدا کننده گاز و مایع (عمودی)

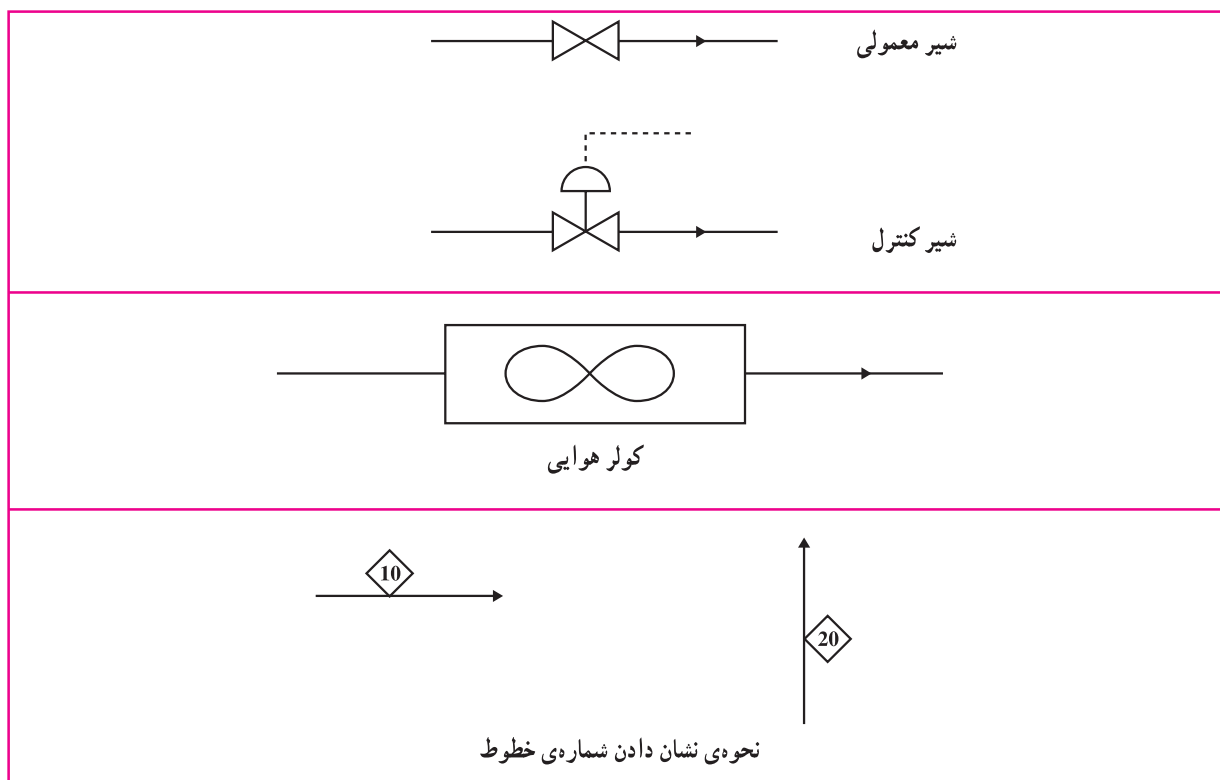


رآکتور با دو بستر کاتالیزگر جامد


ادامه‌ی شکل ۳-۱- علامت‌ها و نشانه‌هایی که در رسم PFD به کار می‌روند.

TC	Temperature Controller	(کنترل کننده دما)
TRC	Temperature Recorder and Controller	(کنترل کننده و ثبت کننده دما)
TIC	Temperature Indicator and Controller	(کنترل کننده و نشان دهنده دما)
FC	Flow Controller	(کنترل کننده جریان)
FI	Flow Indicator	(نشان دهنده جریان)
FIC	Flow Indicator and Controller	(کنترل کننده و نشان دهنده جریان)
PI	Pressure Indicator	(نشان دهنده فشار)
PIC	Pressure Indicator and Controller	(کنترل کننده و نشان دهنده فشار)
LC	Level Controller	(کنترل کننده سطح)
LIC	Level Indicator and Controller	(کنترل کننده و نشان دهنده سطح)
LS	Level Switch	(سطح مایع را در محدوده معینی نگه می‌دارد)
LSL	Level Switch Low	(اجازه نمی‌دهد سطح مایع از حدی کم‌تر شود)
LSH	Level Switch High	(اجازه نمی‌دهد سطح مایع از حدی بیش‌تر شود)

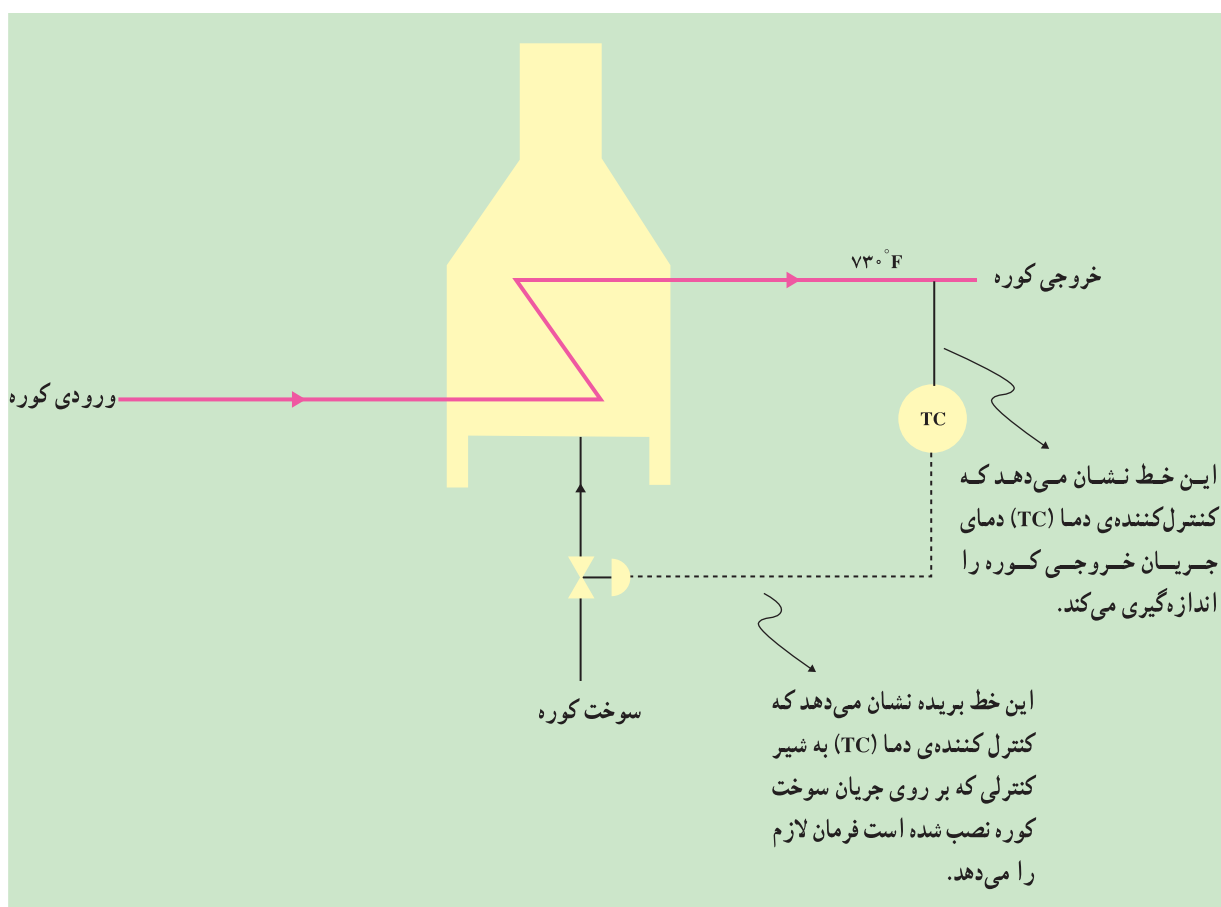
ادامه‌ی شکل ۱-۳ — علامت‌ها و نشانه‌هایی که در رسم PFD به کار می‌روند.



ادامه‌ی شکل ۳-۱- علامت‌ها و نشانه‌هایی که در رسم PFD به کار می‌روند.

5					
4					
3					
2	3/89	NIOC COMMENTS INCORPORATED			
1	12/88	GENERAL REVISIONS AS PER PFD REVIEW MEETING.			
0	9/88	ISSUE			
REV.	DATE	DESCRIPTION	PREP.	CHECK	APPD.
 NATIONAL IRANIAN OIL COMPANY REFINERIES ENGINEERING AND CONSTRUCTION			N.I.O.C. DWG. No.		
			SCALE NONE		
SNAMPROGETTI - CHIYODA			JOINT VENTURE		
BANDAR ABBAS REFINERY			REVISION 2		
TWO STAGES DISTILLATION UNIT (UNIT 01) PROCESS FLOW DIAGRAM (CASE 4) PREHEATING TRAIN SECTION			DWG. No. 01-GE-B-04341		

جدول ۱-۱- جدول عنوان (Title Block) که در گوشه‌ی پایین سمت راست نقشه‌ها قرار می‌گیرد.



شکل ۱-۴- مدار بسته‌ی یک کنترل‌کننده‌ی دما (TC) که دمای خروجی کوره را کنترل می‌کند.

در یک مجتمع صنعتی بزرگ که از دستگاه‌های مختلف تشکیل شده است، هر دستگاه با یکی از اعداد سه رقمی ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰ و ... شماره‌گذاری می‌شود. برای مثال اگر دستگاهی با شماره‌ی ۱۰۰ نام‌گذاری شود، پمپ‌های (Pump) نصب شده در آن به ترتیب با P-101، P-102 و ... و مبدل‌های حرارتی (Heat Exchanger) با E-101، E-102 و ... و ظرف‌ها (Vessel) با V-101، V-102 و ... نام‌گذاری می‌شوند. این نام‌گذاری‌ها در کلیه‌ی نقشه‌ها، از جمله نقشه‌های PFD و P&ID، عیناً به کار می‌روند. جدول ۱-۲ بعضی از حروف اختصاری متداول را نشان می‌دهد. در جایی که انتخاب بین دو حرف مطرح می‌شود، بر مبنای عملیات مهم‌تر حرف انتخاب می‌شود. برای مثال اگر یک تانک اختلاط به عنوان رآکتور مورد استفاده قرار گیرد برای آن حرف R را انتخاب می‌کنند و حرف M را به کار نمی‌برند.

در اینجا باید به این نکته اشاره کرد که به همراه نقشه‌های استاندارد PFD و بخصوص P&ID جدولی با عنوان «فهرست علائم و اختصارات» (Legend) تهیه می‌شود که در آن کلیه‌ی علامت‌ها و حروف اختصاری که در نقشه به کار رفته است (به مانند آنچه که در جدول ۱-۲ و شکل‌های ۱-۳ مشاهده کردید) توضیح داده شده است.

نکته‌ی آخر آن که PFD در اندازه‌های مختلف رسم می‌شود و اندازه‌ی آن و ابعاد کاغذی که به کار می‌رود به وسعت فرآیند بستگی دارد. معمولاً در رسم PFD از کاغذهای کوچک‌تر از A3 استفاده نمی‌شود. معمولاً P&ID در کاغذهای A0 و A1 رسم

جدول ۱-۲- بعضی از حروف و نمادهای اختصاری مهم
برای دستگاه‌های فرآیندی

حروف	نام دستگاه به انگلیسی	نام دستگاه به فارسی
D	Dryer	خشک‌کن
E	Heat Transfer Equipment	دستگاه‌های انتقال حرارت نظیر مبدل‌های حرارتی و کندانسورها
F,H	Furnace, Heater	کوره
J	Ejector	اژکتور (دستگاه تولید خلأ)
C	Compressor, Fan, Blower	کمپرسور، فن، دمنده
M	Mixer	ظروف اختلاط
P	Pump	پمپ
R	Reactor	راکتور (واکنشگاه)
T	Tower	برج
C	Column	ستون
V	Vessel	ظرف
TK	Storage Tank	مخزن ذخیره
در لوله کشی		
حروف	عبارت انگلیسی	عبارت فارسی
NC	Normally Closed	شیری که به طور معمول در فرآیند بسته است
NNF	Normally No Flow	لوله‌ای که به طور معمول از آن جریان عبور نمی‌کند
CV	Control Valve	شیر کنترل

می‌گردد. ابعاد کاغذهای مختلف برحسب میلی‌متر به شرح زیر است :

$$A_4 : 210 \times 297$$

$$A_3 : 297 \times 420$$

$$A_2 : 420 \times 594$$

$$A_1 : 594 \times 840$$

$$A : 840 \times 1188$$

مثال ۲- نمودار جریان‌های فرآیند دستگاه یونیفاینر^۱

بیش‌تر پالایشگاه‌ها، به خصوص پالایشگاه‌های جدید، مجهز به دستگاه یونیفاینر می‌باشند. در این دستگاه کلیه‌ی واکنش‌ها به کمک هیدروژن انجام می‌شود و هدف از این کار حذف عناصر نامطلوب از محصولات نفتی مختلف، مانند نفتا^۲، نفت سفید، گازوئیل و نظایر آن‌هاست. عناصر نامطلوب که به شکل ترکیب با هیدروکربن‌ها ظاهر می‌شوند عبارتند از گوگرد، نیتروژن، هالوژن‌ها و بعضی فلزات. این عناصر به دو دلیل باید حذف شوند.

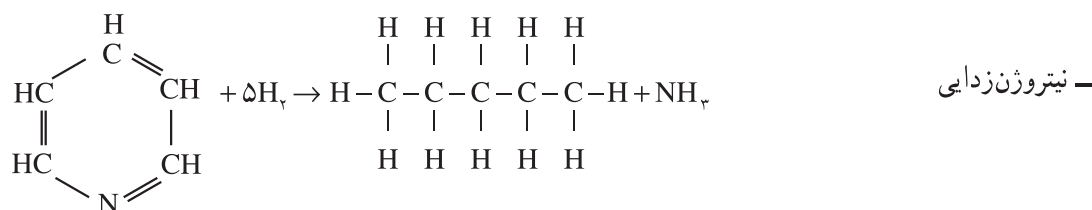
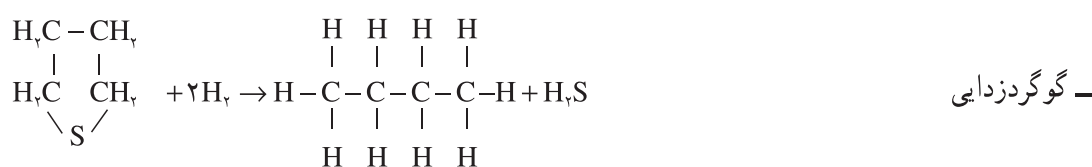
۱- Unifiner

۲- نفتا ترکیبی است که می‌توان از آن بنزین تهیه نمود.

۱- وجود عناصر نامطلوب در محصولات نهایی پالایشگاه، خطرات زیست محیطی به دنبال دارد. برای مثال اگر در بنزین یا گازوییل عناصری مثل گوگرد و نیتروژن وجود داشته باشد، به هنگام سوختن، اکسیدهای سمی گوگرد (SO_2) و نیتروژن (NO) تولید می‌شود.

۲- فلزات که به شکل ترکیبات آلی - فلزی ظاهر می‌شوند، بر کاتالیزگرهای دیگر دستگاه‌ها تأثیر نامطلوب دارند و فعالیت آن‌ها را مختل می‌کنند که در اصطلاح گفته می‌شود ترکیبات آلی - فلزی اکثر کاتالیزگرها را مسموم می‌کنند. به منظور تبدیل نفتا به بنزین مرغوب در دستگاهی به نام پلاتفرمر^۱، باید ابتدا نفتا وارد دستگاه یونیفایتر شود تا ترکیبات آلی - فلزی آن حذف گردد، زیرا این ترکیبات باعث مسموم شدن کاتالیزگرهای واحد پلاتفرمر می‌شوند.

بعضی از واکنش‌هایی که در داخل رآکتور واحد یونیفایتر به کمک کاتالیزگر کبالت - مولیبدن در حضور هیدروژن انجام می‌شود عبارت‌اند از:



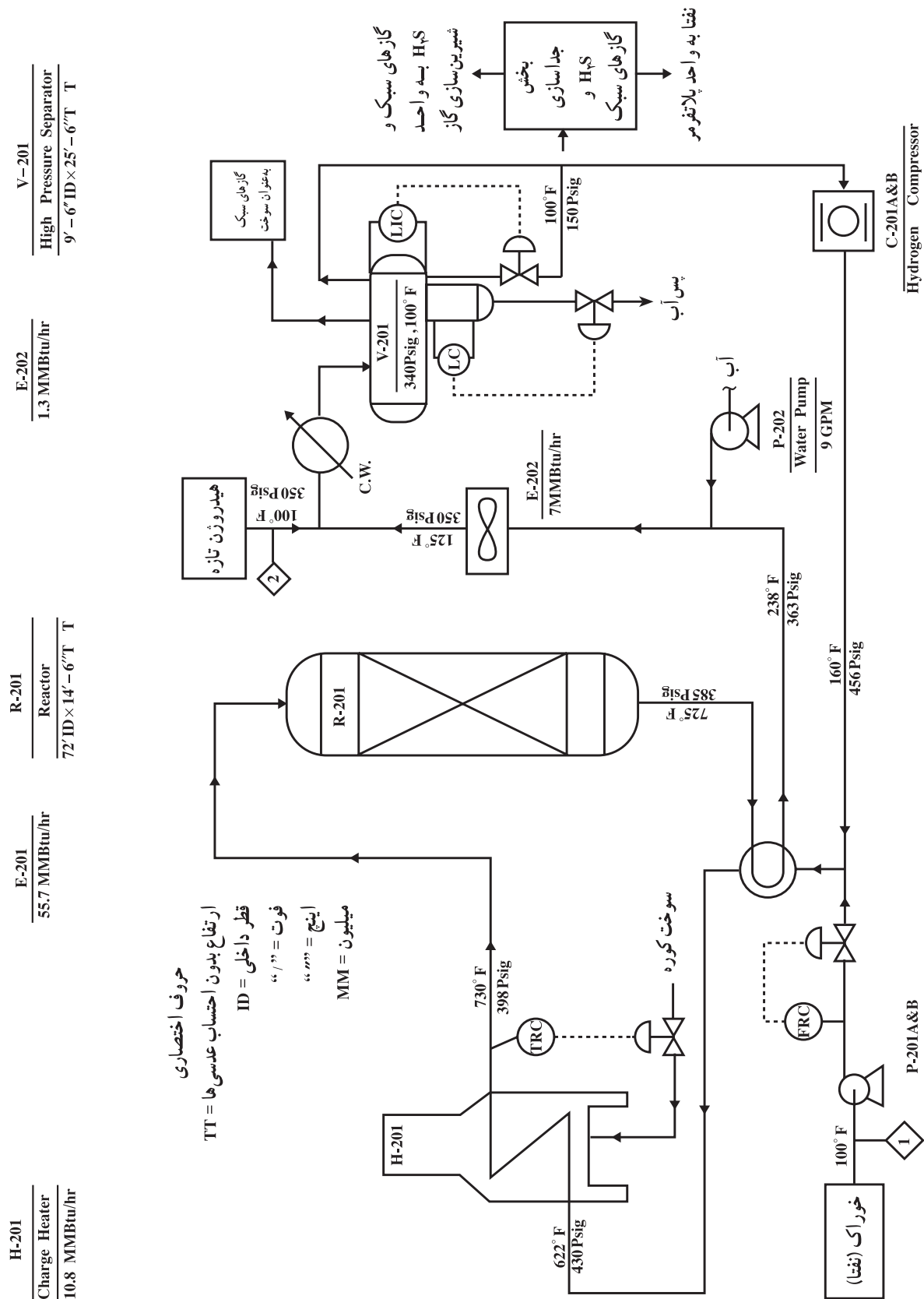
بعد از این مقدمه و آشنایی با واحد یونیفایتر بهتر می‌توان PFD آن را مورد بررسی قرار داد. شکل ۵-۱ نمودار جریان‌های فرآیند (PFD) این واحد را نشان می‌دهد. برای سادگی جزئیات «بخش جداسازی گازهای سبک» نشان داده نشده است.

بررسی نقشه را از خط (لوله) شماره ۱ که در آن نفتا با دمای 10°F توسط پمپ P-201 با دبی حجمی ۳۵۹ گالن در دقیقه (GPM) وارد دستگاه می‌شود، شروع می‌کنیم. دبی این جریان توسط یک FRC (Flow Recorder and Controller) کنترل می‌شود. گاز هیدروژن توسط کمپرسور C-201 با دمای 16°F و فشار ۴۵۶ Psig به نفتا اضافه می‌شود. مخلوط نفتا و هیدروژن با عبور از مبدل حرارتی E-201 با محصول خارج شده از رآکتور تبادل حرارت نموده و تا دمای 622°F گرم می‌شود. نفتا و هیدروژن با این دما و فشار ۴۳۰ Psig وارد کوره‌ی خوراک (H-201) می‌شوند. دما و فشار خروجی از کوره به ترتیب 73°F و ۳۹۸ Psig می‌باشد. دمای خروجی کوره توسط یک کنترل کننده و ثبت کننده‌ی دما (TRC) که به شیر کنترل نصب شده بر روی جریان سوخت فرمان می‌دهد، کنترل می‌شود.

مواد، بعد از کوره به داخل رآکتور R-201 می‌روند تا در آن جا به کمک کاتالیزگر واکنش‌های لازم بر روی آن‌ها انجام شود. نفتایی که ترکیبات آلی نیتروژن دار، اکسیژن دار، گوگرد دار و ترکیبات آلی - فلزی آن جدا شده است و گازهای تولید شده نظیر H_2S

۱ - Platformer

۲- از این پمپ دو دستگاه، به نام‌های A و B وجود دارد که یکی از آنها در سرویس است و دیگری رزرو می‌باشد.



شکل ۱-۵- نمودار جریان های فرآیند دستگاه Unifiner^۱

۱- چون این PFD در قطع کوچک (A) رسم شده است، جداول «عنوان» و «موازنه جرم» به علت کمبود جا حذف گردیده اند.

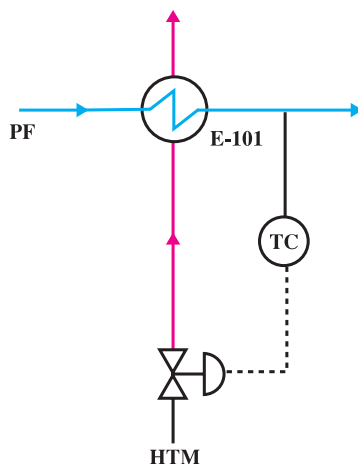
و NH_3 نیز همراه دارد با دمای 725°F و فشار 385 Psig از رآکتور خارج می‌شود و پس از تبادل حرارت با خوراک، در مبدل حرارتی E-201 و سرد شدن تا دمای 238°F ، به فشار 363 Psig می‌رسد. سپس توسط پمپ P-202 مقدار 9 GPM آب با دمای 10°F به آن اضافه می‌شود تا ترکیباتی نظیر کلرید آمونیم و دیگر نمک‌های معدنی را که به مقدار کم تولید شده‌اند در خود حل کرده و از رسوب آن‌ها در داخل لوله‌ها و دستگاه‌ها جلوگیری به عمل آید. محصول خروجی از رآکتور در ادامه‌ی مسیر خود در کولر هوایی E-202 تا دمای 125°F خنک می‌شود و سپس هیدروژن تازه^۱ با فشار 350 Psig و دمای 10°F به آن اضافه می‌شود. سپس باز هم این جریان توسط مبدل حرارتی E-203 که با آب سرد^۲ (C.W.) کار می‌کند، خنک می‌شود و در نهایت با دمای 10°F و فشار 340 Psig وارد «جداکننده‌ی فشار بالا»^۳ (V-201) می‌شود. در این ظرف، سه فاز گاز، نفتا و آب پدید می‌آید. آب که نمک‌ها را هم در خود حل کرده است از پایین‌ترین قسمت ظرف خارج شده به واحد تصفیه‌ی پساب ارسال می‌شود. سطح آب در V-201 توسط یک کنترل‌کننده‌ی سطح (LC)، که به شیر کنترل نصب شده بر روی لوله‌ی خروجی آب فرمان می‌دهد، تنظیم می‌شود.

گاز هیدروژن از بالاترین قسمت جداکننده خارج می‌شود و توسط کمپرسور C-201 فشارش تا 456 Psig افزایش یافته با دمای 16°F به خوراک دستگاه (نفتا) اضافه می‌شود. در مواردی که به هر دلیل مقدار و فشار این گاز، که به آن هیدروژن برگشتی^۴ گویند، بیش از حد نیاز باشد، مقداری از آن به عنوان سوخت در داخل پالایشگاه مورد استفاده قرار می‌گیرد.

نفتا از قسمت میانی V-201 خارج می‌شود و سطح آن توسط یک کنترل‌کننده و نشان‌دهنده‌ی سطح (LIC) کنترل می‌شود. این جریان با دمای 10°F و فشار 150 Psig وارد بخش جداسازی می‌شود و در آن‌جا تحت فشار اتمسفر، گازهای سبک و بخصوص گاز H_2S از آن جدا می‌شوند. گاز H_2S به منظور تولید گوگرد مورد استفاده قرار می‌گیرد و نفتای تصفیه شده به واحد پلاتفرم می‌رود تا به بنزین مرغوب تبدیل شود.

مثال ۳- نمونه‌ای از نحوه‌ی کنترل دمای سیال در یک مبدل حرارتی

شکل ۱-۶ بخشی از یک PFD را نشان می‌دهد که در آن سیال فرآیندی^۵ (PF) در داخل لوله و سیال (محیط) حرارتی^۶ (HTM) در داخل پوسته جریان دارد. یک کنترل‌کننده‌ی دما (TC) با اندازه‌گیری دمای سیال فرآیندی در خروجی مبدل حرارتی، دستور لازم را به شیر کنترل می‌دهد تا با باز یا بسته‌شدن، جریان ورودی سیال حرارتی را کم یا زیاد نماید.



شکل ۱-۶- کنترل دمای سیال خروجی از یک مبدل حرارتی

۱- Make - Up Hydrogen

۲- Cooling Water

۳- High Pressure Separator

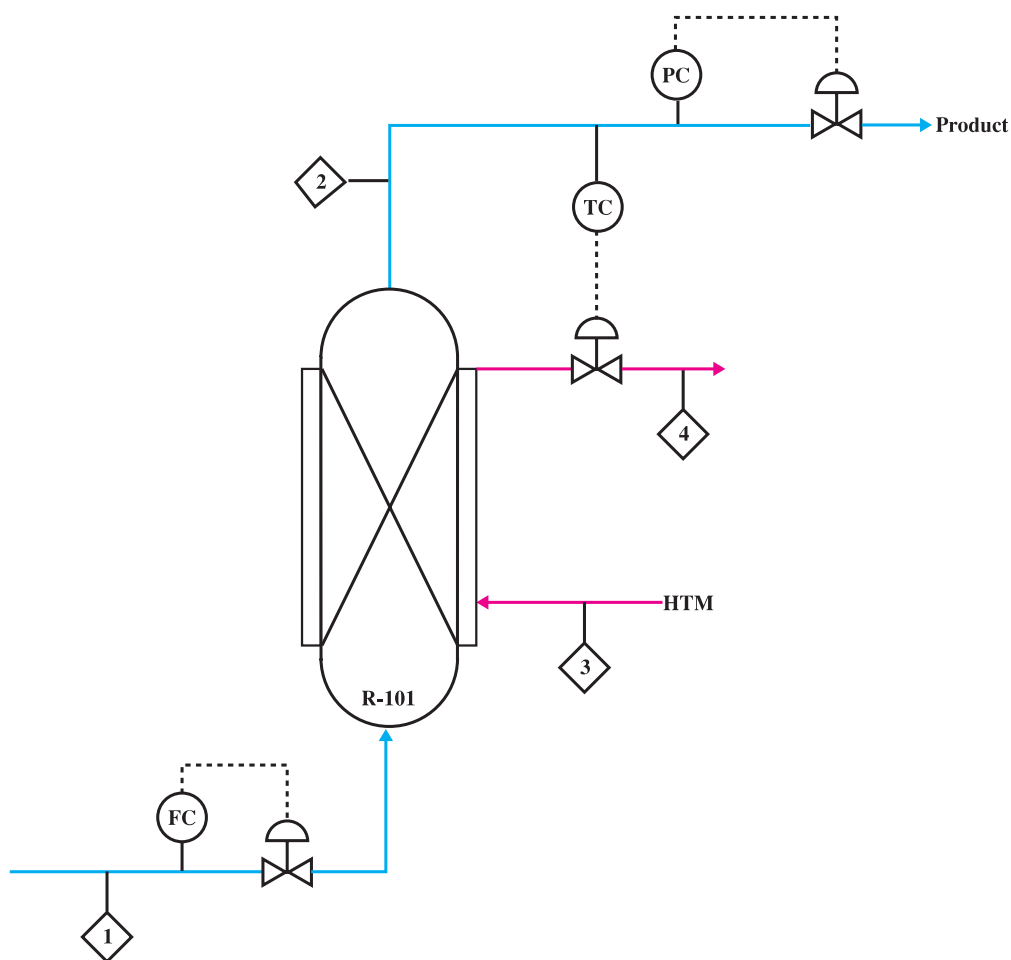
۴- Recycle Hydrogen

۵- Process Fluid

۶- Heat Transfer Medium که می‌تواند بخار آب، آب سرد، روغن داغ و نظایر آن باشد.

مثال ۴- نمونه‌ای از PFD یک راکتور و سیستم‌های کنترل آن

شکل ۱-۷ راکتوری را نشان می‌دهد که مجهز به ژاکت حرارتی است. بسته به گرمازا یا گرماگیر بودن واکنش، سیال حرارتی (HTM) می‌تواند خنک‌کننده (مثل آب سرد) یا گرم‌کننده (مثل بخار آب) باشد. جهت کنترل دمای راکتور، کنترل‌کننده‌ی دما (TC) دمای محصول خروجی از راکتور (خط ۲) را اندازه‌گیری کرده و اگر با مقدار تعیین‌شده (Set Point) تفاوت داشت دستور لازم را به شیر کنترل نصب شده بر روی خروجی سیال حرارتی (خط ۴) می‌دهد. دبی جریان خوراک ورودی به راکتور (خط ۱) توسط یک کنترل‌کننده‌ی جریان (FC) کنترل می‌شود. دبی جریان محصول و فشار داخل راکتور همزمان توسط یک کنترل‌کننده‌ی فشار (PC) تنظیم می‌شود. بدین ترتیب که اگر فشار داخل راکتور از حد تعیین شده (Set Point) بیشتر شود، PC به شیر کنترل نصب شده بر روی خط محصول (خط ۲) دستور می‌دهد تا بیشتر باز شده و با خروج مقدار بیشتری از محصولات، فشار داخل راکتور کاهش یابد. همچنین اگر فشار داخل راکتور از حد تعیین شده، کمتر شود، PC به شیر کنترل دستور می‌دهد تا مقداری بسته شده و از خروج محصولات تا حدی جلوگیری نماید تا فشار راکتور به مقدار تعیین شده افزایش یابد.



شکل ۱-۷- PFD یک راکتور با ژاکت حرارتی

۴-۱- نمودار لوله‌کشی و ابزار دقیق (P&ID)

این نوع نقشه براساس PFD رسم می‌شود؛ به عبارت دیگر، P&ID به نوعی تکمیل شده‌ی PFD می‌باشد. در این نقشه کلیه‌ی تجهیزات، حتی تجهیزات فرعی، نشان داده می‌شوند. در P&ID هر لوله با یک کد شماره‌گذاری شده و اطلاعات دقیق و کامل نیز در مورد لوله‌کشی و ابزار دقیق ارائه می‌گردد. مهم‌ترین موضوعاتی که در این نمودارها نمایش داده می‌شوند عبارتند از:

- قطر و جنس هر لوله و این که آیا عایق حرارتی دارد یا خیر.
- نوع، مقدار و ترکیب سیال داخل لوله‌ها و دما و فشاری که هر لوله تحمل می‌کند.
- مشخصات دقیق شیرهای معمولی، شیرهای کنترل و شیرهای اطمینان؛ شامل نوع، اندازه و شرایط عملیاتی هریک.
- کلیه‌ی اطلاعات مربوط به حلقه‌های کنترل با ذکر جزئیات آن‌ها.
- کلیه‌ی اطلاعات مربوط به وسایل اندازه‌گیری و ابزار دقیق شامل دماسنج‌ها، فشارسنج‌ها و سطح‌سنج‌ها.
- مشخصات دقیق و جزئیات مخازن و ظروف شامل اندازه و محل کلیه‌ی ورودی‌ها و خروجی‌های آن‌ها.

۵-۱- نقشه‌ی جانمایی دستگاه‌ها (Plant Layout)

این نوع نقشه ضمن نشان دادن ابعاد دستگاه‌ها، محل استقرار آنها و فاصله‌ی میان هر یک را نشان می‌دهد. اگر یک واحد صنعتی در چند طبقه طراحی شده باشد، نقشه‌ی جانمایی دستگاه‌ها برای هر طبقه باید جداگانه رسم شود. تذکر: در درس کارگاه فرآیندهای شیمیایی با نقشه‌های P&ID آشنا خواهید شد.



تمرین

- ۱- چهار نوع نقشه‌ی فرآیندی را نام ببرید و هر کدام را در دو تا سه جمله شرح دهید.
- ۲- در طراحی یک کارخانه‌ی صنعتی، ترتیب تکمیل نقشه‌های مختلف معمولاً چگونه است؟
- ۳- کدام یک از موارد زیر در نمودار جریان‌های فرآیند (PFD) نمایش داده نمی‌شود؟
 - الف) جریان‌های اصلی فرآیند؛
 - ب) تمامی جریان‌های فرعی فرآیند؛
 - پ) شکل کلی مدارهای کنترل به گونه‌ای که بتوان نحوه‌ی کنترل دما، فشار، دبی و غلظت‌ها را بدون ذکر جزئیات نشان داد؛
 - ت) ارتفاع تجهیزات تا سطح زمین.
- ۴- به گازی که حاوی H_2S باشد گاز ترش می‌گویند. در یک دستگاه شیرین‌سازی، H_2S همراه گاز متان توسط محلول دی‌اتانول‌آمین (DEA) جذب می‌شود. شرح فرآیند^۱ بخشی از این دستگاه به شرح زیر است:
گاز ترش که دبی آن توسط یک FIC کنترل می‌شود درست در زیر پایین‌ترین سینی، وارد برج جذب (Absorber)

می‌شود. این برج که با شماره‌ی T-101 نام‌گذاری شده است ۳۰ عدد سینی دارد که محلول دی‌اتانول آمین (DEA) بر روی بالاترین سینی آن می‌ریزد. در داخل برج و بر روی سینی‌ها گاز و مایع با یکدیگر تماس پیدا کرده، در نتیجه، محلول دی‌اتانول آمین، H_2S را در خود حل می‌کند؛ به عبارت بهتر گاز H_2S جذب محلول دی‌اتانول آمین می‌شود. گاز شیرین (گاز متان که H_2S خود را از دست داده است) از بالاترین نقطه‌ی برج به عنوان محصول خارج می‌شود. برعکس، محلول دی‌اتانول آمین که H_2S جذب شده را نیز همراه خود دارد از پایین‌ترین نقطه‌ی برج خارج می‌شود. سطح مایع در پایین برج توسط یک LIC کنترل می‌شود. این کنترل‌کننده و نشان‌دهنده‌ی سطح به شیر کنترلی که بر روی جریان خروجی دی‌اتانول آمین نصب شده است، فرمان می‌دهد. دی‌اتانول آمین به قسمت بازیابی می‌رود تا H_2S آن جدا شده و مجدداً به برج جذب برگشت داده شود. در قسمت بازیابی دی‌اتانول آمین ... حال نمودارهای جریان فرآیند (PFD) آن بخش از دستگاه شیرین‌سازی گاز را که شرح فرآیند آن را مطالعه کردید، رسم کنید.

۵- کلیه‌ی اطلاعات مربوط به شکل زیر را بیان کنید.

