



توجه به بزرگی پروژه و تعداد مدارک هر بخش از یک سرپرست و تعدادی کارشناس تشکیل می‌شود و به این تیم نقشه‌کش و تکنیسین‌های CAD و همچنین کارشناسان DCC اضافه شده یا به تیم کمک می‌نمایند. هدف ما در این بحث بررسی مدارک مهندسی می‌باشد. بخش‌های مختلف مهندسی دارای ارتباط متقابل یا پیش‌نیاز/پس‌نیاز می‌باشند. پروژه‌های حوزه نفت و گاز به صورت مستقیم به مدارک تولید شده در بخش فرایند نظیر P&ID و PFD وابسته می‌باشند. به همین دلیل در شروع بررسی مدارک، ابتدا اشاره‌ای به مدارک بخش فرایند خواهیم داشت.

فرایند Process

به صورت معمول فرایندهای حوزه نفت، گاز و پتروشیمی با فرایندهای حوزه صنایع فلزی و معدنی دارای تفاوت‌های اساسی می‌باشند. در فرایندهای نفت و گاز، فرایند بر روی یک سیال (مایع یا گاز) انجام می‌شود و غالباً این فرایند به صورت پیوسته انجام می‌شود. در صنایع دیگر در بیشتر مواقع، فرایند بر روی مواد جامد انجام می‌شود. به طور کلی می‌توانیم فرایندها را به دو حوزه را به انواع زیر تقسیم نماییم:

الف- فرایند پیوسته Continuous Process

به فرایندهائی اطلاق می‌شود که به صورت مداوم در حال انجام می‌باشند. فرایندهای شیمیائی، تفکیک کردن نفت از سیالات همراه، تصفیه فاضلاب و فرایند تقطیر، نمونه‌ای از این نوع فرایند می‌باشند.

ب- فرایند گروهی Batch Process

تولید مایع‌الشعیر، تولید ماست و پنیر یا تولید قند که در آنها یک حجم مشخص از خوراک، برای مدتی در داخل مخزن یا بویلر باقی می‌ماند و پس از زمان معینی به قسمت بعد منتقل می‌گردند، نمونه‌ای از فرایندهای گروهی می‌باشند.

ج- فرایند گسسته Discrete Process

تولید خودرو یا تولید لوله، میلگرد، کاشی، موزائیک و ... که فرایند در آنها پیوسته نمی‌باشد.

مهندسی در پروژه‌های نفت و گاز

نویسنده: محمدرضا نجفی‌زاده

در شماره بهار تاریخچه مهندسی و تعاریف کلی راجع به مهندسی را بیان کردیم. همانگونه که قول داده بودیم در این شماره ادامه مهندسی در پروژه‌های نفت و گاز را ارائه می‌کنیم.

فازهای پروژه Project Phases

در گذشته اغلب مطابق تجربه و استراتژی مالک، مراحل انجام پروژه به فازهای مختلف تقسیم می‌شد. از زمانی که شرکت‌های بزرگ (به ویژه شرکت‌های نفتی) علاقه‌مند شدند تا در تولید و فروش محصول نهائی نیز شریک شوند، این شرکت‌ها استراتژی خاصی برای کاهش هزینه‌ها و زمان اجرای پروژه و افزایش کیفیت ارائه نموده‌اند. اغلب توافق‌های جدید به صورت B.O.T (Build Operate Transfer), Buy Back یا نظایر این می‌باشد. در این صورت یک شرکت یا کنسرسیوم از مرحله مطالعات مقدماتی تا بهره‌برداری و فروش محصول درگیر کار می‌باشد؛ به همین دلیل برای این شرکت‌ها کاهش زمان ساخت، کاهش هزینه‌ها و افزایش کیفیت محصول به منظور سود بیشتر و همچنین کسب اعتبار، اهمیت زیادی دارد؛ به همین دلیل این شرکت‌ها به صورت علمی و به منظور اعمال تجربه‌ها و دانش‌های شفاهی، مدل‌های مدیریت پروژه را توسعه می‌دهند. در بخش مدیریت پروژه بیش از این وارد نمی‌شویم و تنها عناوین یک مدل معمول و پر کاربرد را ارائه می‌کنیم:

۱- مطالعه و طرح اولیه Study and Plan

۲- طراحی Design

الف- امکان‌سنجی Feasibility stage

ب- طراحی مفهومی Conceptual design

ج- طراحی مقدماتی Preliminary(Basic) design

د- طراحی تفصیلی و مهندسی خرید Detail design and Procurement Engg.

۳- خرید کالا Procurement

۴- اجراء Construction

۵- پیش‌راه‌اندازی و راه‌اندازی Pre-Commissioning and Commissioning, Start-up

۶- بهره‌برداری Operation

در پروژه‌های بزرگ غالباً FEED به عنوان توسعه طراحی نهائی قبل از طراحی تفصیلی انجام می‌گیرد و اغلب سفارش کالاهای با دوره ساخت طولانی Long Lead، در این مرحله انجام می‌شود. در پروژه‌های مختلف، تیم مهندسی شامل بخش‌های (Discipline) مختلفی نظیر فرایند، ایمنی، معماری، سویل و سازه، مکانیک، پایپینگ، برق، کنترل و ابزار دقیق می‌باشد. بخش‌هایی نظیر HVAC و مخابرات تنها در پروژه‌های بزرگ تشکیل می‌شوند. با

شهر در کشور کانادا به لحاظ حداکثر میزان مجاز گازهای آلاینده یا بازدارندگی از نشست مواد سمی به محیط زیست کاملاً با اجرای همین پروژه در یک کشور آفریقائی متفاوت می‌باشد. آخرین موضوع مهم در ارتباط با مهندسی فرایند، ایمنی (Safety) می‌باشد، ایمنی با همه بخش‌های پروژه ارتباط دارد اما با بخش فرایند دارای ارتباط نزدیک‌تر و متقابل می‌باشد. در پروژه‌های کوچک اغلب بخش فرایند، مسئولیت تهیه مدارک ایمنی را نیز برعهده دارد و در این پروژه‌های ممکن است از مطالعات ایمنی صرف نظر شود و طراح از تجربیات خود و گزارشات بهره‌برداری و اطلاعات پروژه‌های مشابه استفاده می‌کند. اما در پروژه‌های بزرگ، بخش ایمنی به صورت مشخص وظیفه تولید مدارک مربوط به ایمنی و مطالعات HAZOP, HAZID و SIL Analysis را برعهده دارد. در سالهای اخیر سازندگان بزرگ سیستم‌های کنترل و سیستم‌های ایمنی نظیر YOKOGAWA, Siemens و Emerson برای افزایش ایمنی و کاهش هزینه‌ها سعی نموده‌اند سیستم‌های یک‌پارچه‌ای را تولید نمایند که به صورت همزمان قادر به کنترل فرایندهای اصلی و نظارت بر ایمنی باشند. در ادامه این مبحث سعی می‌کنیم به بررسی مختصر مدارک مهندسی بخش کنترل و ابزار دقیق و مدارک مرتبط با آن و نحوه تولید این مدارک بپردازیم.

مدارک فرایندی Process Document

مهندس فرایند برای شروع طراحی به دو دسته از اطلاعات نیاز دارد و سایر اطلاعات مورد نیاز را در حین شبیه‌سازی فرایند و ارسال اطلاعات برای بخش‌های موازی و کارفرما به دست می‌آورد. **دسته اول** اطلاعات مورد نیاز، خواسته‌های کارفرما (Client) می‌باشد. در واقع طراح باید بداند که کارفرما به چه چیزی نیاز دارد. این نیازها غالباً به میزان تولید، کیفیت تولید، ایمنی موردنیاز، دوام و اطمینان تجهیزات، نوع نگهداری و نحوه بهره‌برداری بستگی دارند. **دسته دوم** اطلاعات فرایندی و شرایط محیطی می‌باشد که مهندس طراح این اطلاعات را نیز از طریق کارفرما و همچنین برداشت‌های محلی به دست می‌آورد. با جمع‌آوری اطلاعات اولیه، مهندس طراح فرایند می‌تواند مدارک متعددی را تولید و جدای از ارسال جهت اخذ نظر کارفرما، تحویل بخش‌های ابزار دقیق و لوله‌کشی قرار دهد تا این بخش‌ها نیز فعال گردند. مهندس فرایند با کمک کارفرما و همفکری با سایر بخش‌های پروژه، مدارک توصیفی **Process Description** یا **Process basis** را تهیه می‌کند. در پروژه‌های کوچک این مدرک دربرگیرنده اطلاعات کل پروژه می‌باشد، اما در پروژه‌های بزرگ برای هر واحد (Unit) این مدرک به صورت جداگانه تهیه می‌گردد. در پروژه‌های بزرگ با فرایند پیچیده یا پروژه‌هایی که سیال آنها خورنده یا سمی می‌باشد، طراح فرایند با استفاده از نرم‌افزارهایی نظیر ANSYS, Aspen HYSYS, UNISYS, UniSim یا PROSYM پروژه را شبیه‌سازی می‌نماید. در این پروژه‌ها اغلب برای کل پروژه یا بخش‌هایی از آن تصاویر Pictorial دستی یا کامپیوتری که ارتباط میان تجهیزات اصلی و کنترلی را مشخص می‌نماید، نیز تهیه می‌شود. این تصاویر برای درک بهتر پروژه مناسب می‌باشند و از طرف دیگر در این مرحله این تصاویر مناسب مدیرانی است که جزئیات پروژه کمتر برای آنها اهمیت دارد. در ادامه این مرحله از پروژه سعی می‌گردد به تدریج مدل ۳ بعدی لوله‌کشی نظیر PMS, PDMS و در پروژه‌های کوچک Auto Plant با محوریت لوله‌کشی و اضافه کردن اطلاعات سایر بخش‌ها تهیه و برای بررسی، طراحی و همچنین جلوگیری از تصادم (Clash) لوله‌ها با سایر لوله‌ها و تجهیزات مورد استفاده قرار می‌گیرد. سپس بخش فرایند، دو مدرک مهم PFD, P&ID را با نظارت مدیر طراحی تولید می‌نماید، این دو مدرک همانگونه که خواهید دید، مبنای تهیه نقشه‌ها و مدارک بخش‌های کنترل/ ابزار دقیق، لوله‌کشی، مکانیک و برق می‌باشند. بخش فرایند برای تهیه این مدارک نیاز به مدارک و اطلاعات دیگری دارد که بخشی از آنها را به طور مستقیم از کارفرما دریافت می‌نماید و بخش دیگر را با مطالعه سوابق پروژه و بررسی مدارک آن و بازدید از محل بدست می‌آورد. در صورتیکه فاز طراحی پایه قبلاً انجام شده باشد، برخی از این مدارک در طراحی پایه تولید شده و از آنها به عنوان مدارک پایه در طراحی تفصیلی استفاده می‌گردد. (PFD, P&ID) غالباً در طراحی پایه تهیه می‌گردند و در طراحی تفصیلی بررسی و تکمیل می‌گردند. مدارکی که به طور کلی در بخش فرایند تهیه می‌شوند، عبارتند از:

1: Specification:

Process Description, Control Philosophy, Site Conditions, Battery Limit Conditions, Equipment List, Process Design Basis & Criteria, Operating Manual,...

2: Calculation:

Pump Calculation, Line Sizing, Surge Calculation, Pipeline Hydraulic Study,...

3: List and Table:

Utility Consumption Summary, Electrical Load Summary, Relief Load Summary, Line Designation Table, Chemical & Consumable MTL., Cause and effect,...

نمونه‌هایی از فرایندهای گسسته می‌باشند. فرایندهای پیوسته و فرایندهای گروهی در کارخانه‌ها و مجتمع‌هایی انجام می‌شود که ما از آنها به نام صنایع فرایندی (Process Industries) یاد می‌کنیم. در این کتاب مدارک و فرایندهای بررسی شده همگی مربوط به صنایع فرایندی می‌باشند.

در صنایع فرایندی (فرایندهای پیوسته)، تجهیزات ۲۴ ساعته و در هم‌روزهای سال در حال کار می‌باشند، به همین دلیل در این صنایع لازم است فشار، دما، جریان سیال و سایر مشخصه‌های فرایندی به صورت منظم اندازه‌گیری، پردازش و نتیجه به شیرهای کنترلی، تابلوهای کنترل یا تابلوهای برق جهت اعمال کنترل ارسال گردد. به همین دلیل در این صنایع برداشت اطلاعات و تهیه مدارک، توضیحات و مستندات اولیه که به صورت دقیق در آنها وضعیت فرایند نشان داده شده، اهمیت زیادی دارد.

مدارک مربوط به فرایند، تنها بخشی از مدارک یک کارخانه یا مجتمع را تشکیل می‌دهند. مدارک و نقشه‌های بخش‌های معماری، سازه، مکانیک، برق، ابزار دقیق / کنترل، مدارک خرید کالا، نقشه‌های سازندگان، دستورالعمل‌های مهندسی و کتابچه راه‌اندازی به همراه برداشت‌های نقشه‌برداری و ژئوتکنیک، نقشه و کروکی‌های کارگاهی و نقشه‌های طبق ساخت دیگر مدارک و مستندات پروژه را تشکیل می‌دهند. عدم استقلال کامل بخش‌ها و تاثیرگذاری مدارک یک بخش بر روی مدارک بخش‌های دیگر از نکات مهمی است که در تولید مدارک مهندسی پروژه وجود دارد، بعضی از بخش‌ها نظیر، سیویل دارای تاثیرپذیری مستقیم از بخش‌های دیگر می‌باشند و برای طراحی ساختمان‌ها و فونداسیون‌ها، لازم است اطلاعات از بخش‌های دیگر به این بخش منتقل شود. ضمن آنکه گاهی محدودیت‌های استناداری یا الزام‌های طراحی در این بخش باعث تغییراتی در طراحی بخش‌های دیگر خواهد شد. اما طراحی در بخش‌های دیگر اغلب دارای تاثیرات متقابل بر یکدیگر می‌باشد و برای تهیه مدارکی نظیر Plot Plan لازم است نظرات بخش‌های مختلف اخذ و پس از جلسات مشترک و اعمال نظرات مثبت، این مدرک نهائی گردند. در نتیجه یک طرح خواهیم داشت که با اتفاق نظر همه بخش‌ها تهیه شده است.

از نکات مهم دیگر که در طراحی تاثیر داشته اما متناسب با نوع فرایند و محل اجرا ممکن است در پروژه‌ها مختلف تفاوت چشمگیری داشته باشد، مسائل مربوط به محیط زیست (ارزیابی زیست محیطی Environmental Impact Assessment) می‌باشد. به عنوان مثال اجرای یک پروژه صنعتی در نزدیکی یک

4: Drawings & Diagram:

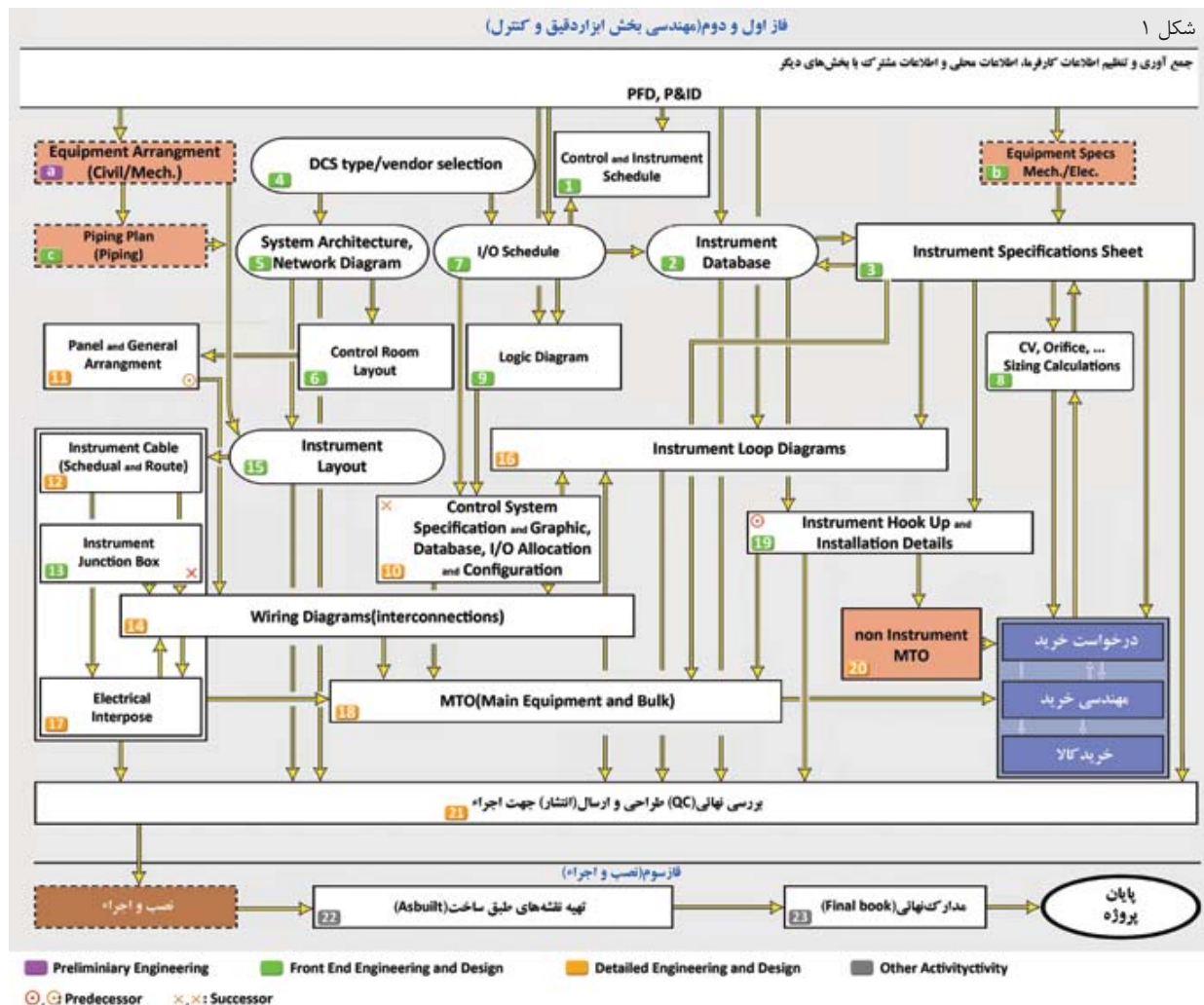
Shutdown logic diagram, UID, UFD, P&ID, BFD, Emergency Shutdown Block Diagram, Emergency Shutdown Logic Diagram,...

مدارک فرایند، مدارک پایه برای طراحی در سایر بخش‌ها محسوب می‌گردند؛ به همین دلیل تهیه مناسب، بهینه، به موقع و دقیق این مدارک، اهمیت زیادی دارد. در طراحی فرایند علاوه بر تهیه مدارک مربوط به فرایند اصلی پروژه، مدارک مربوط به تجهیزات و فرایندهای جانبی و کمکی نظیر [UID(Utility and Instrument Diagram), UFD(Utility Flow Diagram), BFD(Block Flow Diagram)] نیز تهیه می‌گردد. [Control Philosophy و Process Description] از جمله مدارکی می‌باشند که در ابتدای طراحی پروژه تهیه می‌شوند. جدول بارهای الکتریکی (Electrical Load Tables) با استفاده از اطلاعات موجود و استفاده از اطلاعات دریافتی از فروشندگان کالا، تهیه فهرست مشخصات طراحی لوله‌ها (Line Designation Table)، لیست مواد و انرژی مصرفی (نظیر برق، سوخت مایع و گاز، هوای فشرده، آب، نیتروژن و سایر مواد مصرفی) Utility Consumption Summary نیز از دیگر مدارک این بخش می‌باشند. در بخش فرآیند پروژه اغلب به منظور انجام دقیق‌تر مطالعات و محاسبات، عملیات شبیه‌سازی (Simulation) انجام می‌شود و به کمک آن محاسبات پمپ‌ها (Pump Calculation) سسایز نمودن لوله‌ها (Pipe Sizing)، محاسبات ضربه (Surge Calculation) و مطالعه هیدرولیک خط (Pipeline Hydraulic Study) انجام می‌گردد. در مراحل بعدی طراحی پروژه، تهیه Shutdown Logic Diagram و همچنین در مراحل نهایی پروژه تهیه Operating and Maintenance Manual نیز در این بخش انجام می‌شود.

در این سلسله مطالب سعی خواهیم کرد برای درک بهتر روال طراحی و رابطه میان مدارک، از نمودار گردش مدارک مشابه شکل ۱، استفاده نماییم. در اینجا این نمودار برای بخش ابزار دقیق و کنترل تهیه شده است. همچنین این نمودار را می‌توانیم Check Diagram بخش کنترل و ابزار دقیق نیز بنامیم. در این نمودار سعی شده ارتباط میان مدارک بخش ابزار دقیق و بخش‌های مکانیک، لوله‌کشی، سیویل و همچنین خروجی به خرید کالا و نصب و اجرا نیز نمایش داده شود.

نمودارهای فرایند Process Diagrams

PFD(Process Flow Diagram) و P&ID[Process and Instrument (Diagram)Drawing] از نمودارهای مهم فرایند می‌باشند. (بعضی منابع P&ID را مختصر شده Process Instrumentation Drawing می‌دانند و در منابع دیگر P&WD(Piping and Wiring Drawing) نیز نامیده شده است). PFD یک نمودار جریان Flow Diagram



خطوط لوله می‌باشد. فشار **Pressure**، دما **Temperature**، جریان **Flow**، و ارتفاع سیال **Level** به همراه حلقه‌های کنترلی، از اجزاء این مدرک می‌باشند. **P&ID** بطور معمول شامل تجهیزات مکانیک به همراه شماره شناسائی **Tag Number**، خطوط لوله فرایندی شامل شماره شناسائی، سایز و مشخصات، تجهیزات ابزار دقیق به همراه شماره شناسائی، خطوط راه‌انداز، محل‌های نمونه‌برداری **Sampling point**، جهت جریان، ارتباط بین تجهیزات و ارتباط آنها با سیستم کنترل، اینترلاک‌ها، **Vent** و **Drain** می‌باشد. شکل ۲، یک نمونه **P&ID** را نشان می‌دهد. این نمودار برای فرایندهای پیچیده به نمودار اصلی و نمودارهای تجهیزات کمکی تقسیم شده و نمودار اصلی نیز در این فرایندها چندین صفحه می‌باشد. آخرین مطلبی که توجه به آن داری اهمیت است، روزآمد کردن (**Update**) این مدرک می‌باشد. با توجه به اینکه این مدرک از مدارک پایه طراحی محسوب می‌گردد و در مدت طراحی درخواست‌های تازه، تغییرات اجباری در فرایند یا تغییرات کلی ناشی از عدم امکان تامین تجهیزات اصلی با مشخصات مورد نظر ممکن است باعث تغییراتی در **P&ID** شود، در این حالت این مدرک روزآمد شده و نسخه جدید آن به کارفرما و سایر بخش‌های پروژه تحویل می‌شود.

مرجع:

1: Instrumentation and Control Systems,

Documentation, Frederick A. Meier, Clifford A. Meier

2: PIP, Process Industry Practices, P&ID

3: Fundamentals of Instrumentation, NJATC, THOMSON

4: www.controleng.com

نمودار فرایندی علاوه بر استفاده در طراحی، برای آموزش پرسنل بهره‌بردار و نمایش عملکرد واحد بهره‌بردار به بازدیدکنندگان نیز مورد استفاده واقع می‌شود. برای طراحی نمودار جریان معمولاً روال طراحی به این صورت است که در ابتدا کارفرما تفکر و ایده خود را به صورت توصیف یا ترسیم ساده بیان می‌کند، سپس مهندس فرایند با بررسی کامل و جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز، این ایده را به **PFD** تبدیل می‌کند. مهندس فرایند در طراحی **PFD** باید دقت نماید که این نمودار دارای اطلاعات کافی برای پایه قرارداد آن در طراحی باشد و از طرف دیگر، اطلاعات مربوط به **Material Balance** در آن ذکر شده باشد؛ در غیر این صورت این نمودار عملاً **BFD** خواهد بود. لحاظ کردن این اطلاعات با توجه به اینکه **PFD** در ابتدای پروژه طراحی می‌گردد، باعث می‌شود. توجه تیم مهندسی و خرید کالا به تامین کالای دارای زمان تامین طولانی **Long lead[delivery]** جلب گردد.

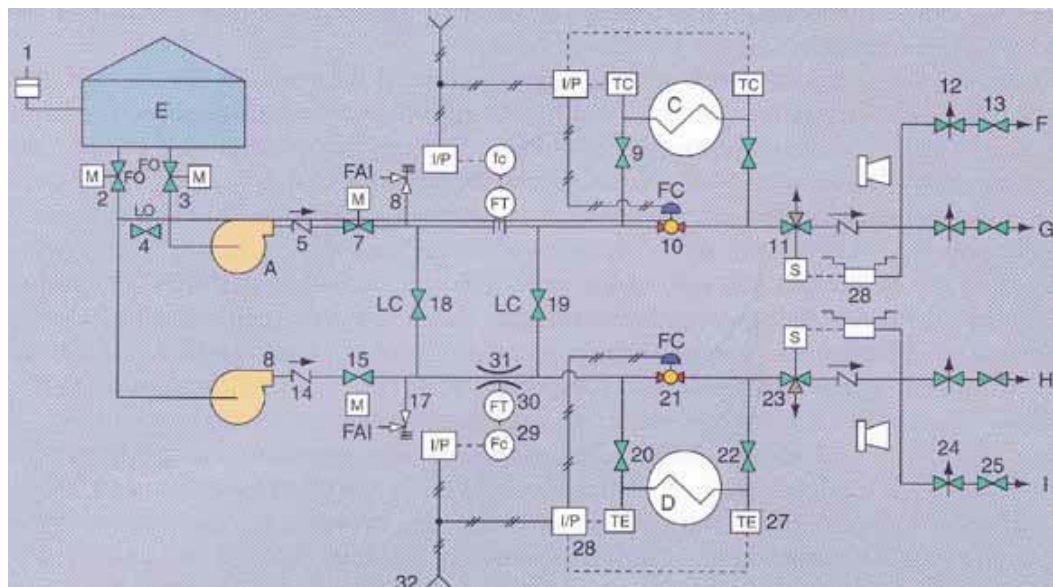
P&ID

P&ID نسبت به **PFD** کامل تر و حاوی اطلاعات و جزئیات بیشتری می‌باشد. **P&ID** نموداری بدون مقیاس و از مجموعه مدارک چندبخشی **Multidiscipline** می‌باشد. این مدرک توسط بخش فرایند تهیه و توسعه می‌یابد و علاوه بر بخش فرایند، مورد استفاده بخش‌های دیگر نیز قرار می‌گیرد. این مدرک علاوه بر اینکه از مدارک پایه طراحی لوله‌کشی می‌باشد، از مدارک اصلی ابزار دقیق و کنترل نیز به حساب می‌آید؛ ضمن آنکه بخش برق نیز به بررسی کلیات این مدرک نیاز دارد. این مدرک دربرگیرنده: چیدمان (نه جانمایی) تجهیزات مکانیک، ابزار دقیق، حلقه‌های کنترل و

ساده تصویری است که با استفاده از علائم فرایندی (**Process Symbols**) مسیر جریان در یک واحد فرایندی را توصیف می‌کند. در بخش فرایند برای تهیه مدرک **P&ID** و مدرک **PFD** لازم است مدرک مهم **HMB[Heat and Material Balance]** تهیه و به تائید کارفرما برسد، این مدرک از نظر شکل ظاهری شبیه **PFD** می‌باشد و شامل پارامترهای فیزیکی پروژه نظیر، دمای سیال، جریان سیال و انرژی مبادله شده می‌باشد.

PFD

این نمودار، یک تصویر کلی از واحد فرایندی به ما می‌دهد. **PFD** شامل کلیه تجهیزات و مسیرهای اصلی می‌باشد و مسیرهای فرعی را شامل نمی‌شود. رآکتورها، برج‌های جداسازی، مخازن، فیلترها، مبدل‌های حرارتی، خشک‌کن‌ها، هیترها، پمپ‌ها و کمپرسورها، تعدادی از مهمترین تجهیزات فرایندی می‌باشند که در **PFD** نمایش داده می‌شوند. ممکن است مقادیر جریان، نظیر مقدار دبی، دما، فشار و ... تحت عنوان **Mass Balance** در جدولی پائین نمودار درج گردد. در این نمودار، چیدمان تجهیزات، حلقه‌های اصلی کنترلی، انبار (مخزن) مواد اولیه و خوراک و همچنین محصول، یوتیلیتی‌های مهم و محدوده فرایندهای مختلف به همراه لوله‌کشی فرایند، سمبل، نام و کدشناسائی تجهیزات اصلی، شیرها و شیرهای کنترلی تاثیرگذار، ارتباط با سیستم‌های دیگر، انشعابات فرعی مهم، مقادیر عملکردی حداقل، نرمال، حداکثر، جریان، فشار، درجه حرارت و ترکیب مایعات، نیز ارائه گردد. اما این نمودار اطلاعاتی راجع به نوع لوله‌ها و شماره خط لوله، شیرهای قطع و جداسازی یا شیرهای ایمنی به ما نمی‌دهد.



شکل ۲