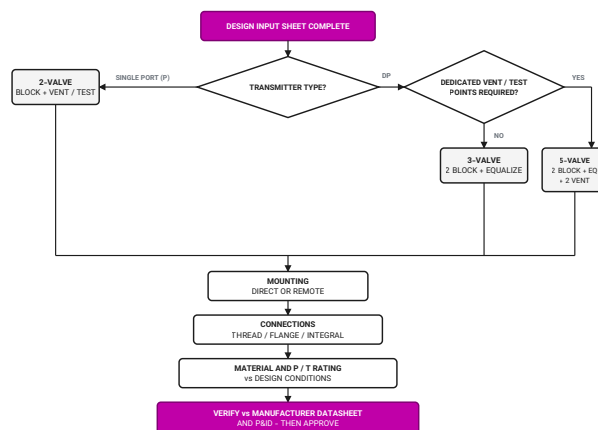


راهنمای مهندسی انتخاب و نصب Instrument Manifold

برای DP Transmitter و Pressure Transmitter

Engineering Guide to Instrument Manifold Selection, Installation and Troubleshooting

از برگه ورودی طراحی تا تأیید نهایی با برگه فنی و P&ID – با چهار مورد کارشده.



شکل ۱۳ – فلوچارت انتخاب مهندسی Manifold

تاریخ انتشار

مهر ۱۴۰۵ – October 2026

سطح محتوا

LEVEL 2

بازنگری

Rev00

شماره سند

NICO-EDU-ACC-L2-002-FA

1 دامنه و برگه ورودی طراحی – Design Input Sheet

راهنمای سطح ۱ همین مجموعه نشان داد Manifold چه می‌کند. این سند همان دانش را به یک فرآیند تصمیم‌گیری مهندسی تبدیل می‌کند: برای یک سرویس مشخص، کدام ساختار، کدام اتصال، کدام جنس و کدام رتبه فشار-دما لازم است، و پیش از بهره‌برداری چه چیزی باید راستی‌آزمایی شود. انتخاب نهایی همیشه با برگه فنی سازنده و P&ID پروژه تأیید می‌شود.

پس از مطالعه این راهنما خواهید توانست:

1. برگه ورودی طراحی یک Manifold را با داده‌های لازم تکمیل کنید.
2. میان 3-Valve، 2-Valve و 5-Valve Manifold با ماتریس تصمیم و استدلال مهندسی انتخاب کنید.
3. Direct Mount و Remote Mount را از نظر نقاط نشتی، دسترسی، ارتعاش و دما مقایسه کنید.
4. رتبه فشار-دما را با شرایط طراحی بسنجید و مرز فشار (Pressure Boundary) را تعیین کنید.
5. الزامات سرویس مایع، گاز و بخار را در آرایش نصب اعمال کنید.
6. سازوکارهای نشتی را بشناسید و با ماتریس عیب‌یابی علت محتمل را شناسایی کنید.
7. چک‌لیست راستی‌آزمایی پیش از راه‌اندازی را بر پایه مدارک تأییدشده اجرا کنید.

NOTE – این سند روش اجرایی کار روی خط تحت فشار نیست

وضعیت‌های شیر در این راهنما برای توضیح مفهوم و منطق طراحی آمده‌اند، نه به‌عنوان دستور کار. توالی عملیات روی خط زنده یا تحت فشار باید از روش اجرایی تأییدشده کارخانه، مجوز کار (Permit to Work) و دستورالعمل سازنده تجهیز گرفته شود.

نقطه شروع هر انتخاب، یک برگه ورودی کامل است. جدول زیر همان فیلدهایی را فهرست می‌کند که باید پیش از مقایسه گزینه‌ها از فرآیند، پاپینگ و واحد کنترل دریافت شود؛ بخش آخر هر ردیف نشان می‌دهد این داده از کجا باید تأیید شود.

جدول ۱ – برگه ورودی طراحی Manifold

گروه	داده	اثر بر انتخاب Manifold	منبع تأیید
ترانسمیتر	نوع (تک‌پورت یا اختلاف فشار)، مدل، رنج	تعیین تعداد پورت و نیاز به مسیر Equalize	برگه فنی ترانسمیتر
فرآیند	سیال، فاز، سمی یا قابل‌اشتعال بودن	نیاز به Vent و Test اختصاصی، جنس، الزام‌های ایمنی	Process Data، HAZOP
شرایط طراحی	فشار و دمای طراحی و کارکرد	مقایسه با رتبه فشار-دمای Manifold	کلاس لوله، Line List
جنس	جنس خط و محیط خورنده	انتخاب جنس بدنه، Seat و Stem	مشخصات مواد پروژه
اتصال فرآیندی	رزوه یا فلنج، اندازه، استاندارد اتصال	سازگاری با Impulse Line و فلنج ترانسمیتر	P&ID، مشخصات لوله‌کشی

گروه	داده	اثر بر انتخاب Manifold	منبع تأیید
نصب	Direct Mount یا Remote Mount، ارتعاش، دمای محیط	تعداد نقاط نشتی، نیاز به پایه و دسترسی	نقشه ایزومتریک، سایت
کاربرد	دبی، سطح، فشار؛ نوع Leg در سطح	آرایش Manifold و پیامد صفر در محدوده کالیبره	ورقه داده ابزار
الزامات خاص	سرویس ترش، انتشار فرار، حفاظت آتش	مواد و آزمون‌های اضافی	مشخصات پروژه

2 ماتریس تصمیم 2-Valve، 3-Valve و 5-Valve

تعداد شیرها نتیجه مستقیم وظایف لازم است، نه یک انتخاب سلیقه‌ای. ترانسمیتر تک‌پورت فقط به جداسازی و یک راه Vent یا Test نیاز دارد. ترانسمیتر اختلاف فشار علاوه بر دو Block Valve به مسیر Equalize محتاج است. افزودن دو Vent اختصاصی در 5-Valve Manifold زمانی توجیه می‌شود که راه‌اندازی، تخلیه یا آزمون در محل بدون باز کردن اتصال ضروری باشد یا سیال خطرناک، گرم یا گرفتگی‌پذیر باشد. جدول زیر این منطق را در یک نگاه نشان می‌دهد.

جدول ۲ – ماتریس تصمیم تعداد شیر

معیار	2-Valve	3-Valve	5-Valve
نوع ترانسمیتر	تک‌پورت	اختلاف فشار	اختلاف فشار
شیرها	Block و Vent / Test	Block و یک Equalize	Block، یک Equalize و دو Vent / Test
Vent اختصاصی	دارد (یکی)	ندارد	دارد (دو)
راستی‌آزمایی صفر در محل	مرجع جو از Vent	از مسیر Equalize	از مسیر Equalize با Vent و Test جداگانه
سرویس خطرناک، بخار، گاز مرطوب	بسته به طراحی	محدودیت از نبود Vent	معمولاً گزینه ترجیحی
نقاط نشتی و پیچیدگی	کمترین	متوسط	بیشترین

قواعد کلی تصمیم (پیش از تأیید با برگه فنی)

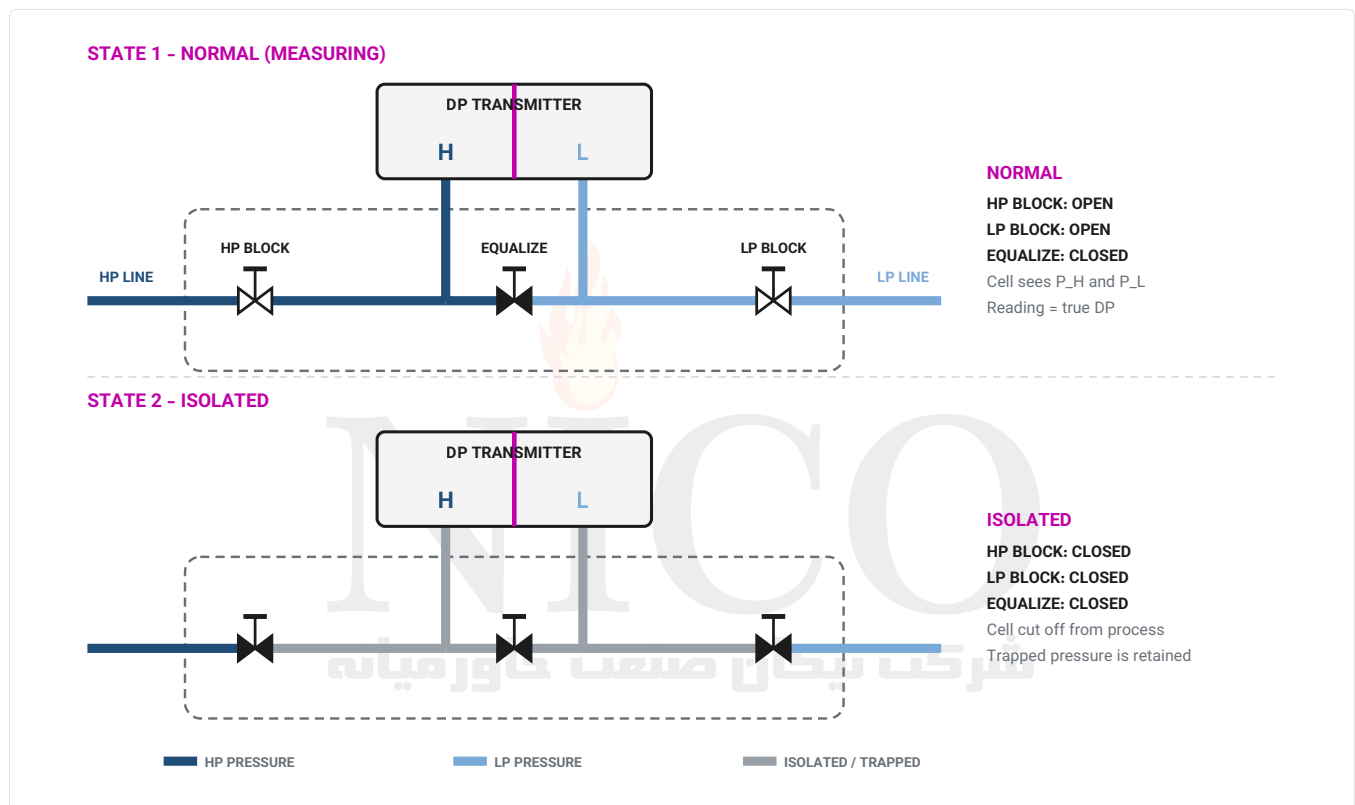
2-Valve Manifold ->	ترانسمیتر تک‌پورت است
3-Valve Manifold ->	اختلاف فشار، سرویس تمیز و بدون خطر، Vent لازم نیست
5-Valve Manifold ->	اختلاف فشار با بخار، گاز، سیال سمی یا گرفتگی‌پذیر، یا آزمون در محل
-> تأیید تعداد شیر و آرایش با برگه فنی	نام‌گذاری «Way» یا «Valve» در کاتالوگ سازنده

CAUTION – تعداد شیر به تنهایی آرایش داخلی را مشخص نمی‌کند

دو 5-Valve Manifold از دو سازنده ممکن است محل Vent و ترکیب آن با Block و Equalize را متفاوت داشته باشند. این جدول یک غربالگری مفهومی است؛ شماتیک داخلی همان مدل مرجع تصمیم است.

3 معماری 3-Valve و وضعیت‌های مفهومی

3-Valve Manifold دو Block Valve و یک Equalize Valve دارد. چهار وضعیت مفهومی آن در شکل‌های ۱ و ۲ آمده است: اندازه‌گیری عادی، جداسازی، هم‌فشاری و وضعیت نگهداری. هدف این شکل‌ها فهم منطق اتصال‌هاست، نه ارائه توالی عملیات. نکته طراحی کلیدی این است که 3-Valve Manifold مسیر Vent اختصاصی ندارد؛ هر تخلیه فشار محبوس باید از راه تمهیدات خود ترانسسمیتر یا خط فرآیند پیش‌بینی شده باشد.

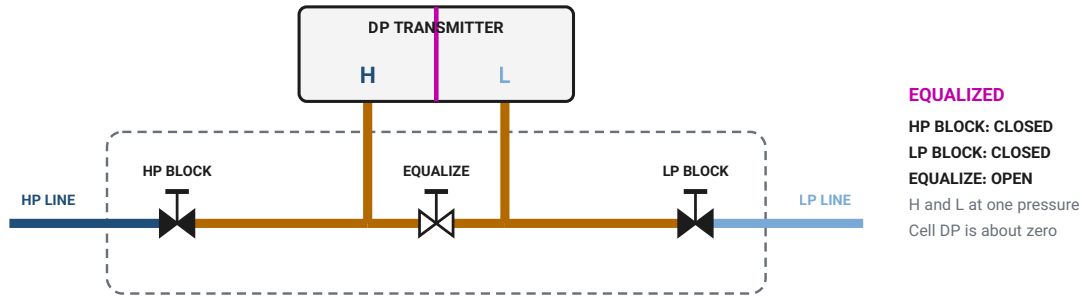


شکل ۱ – وضعیت‌های مفهومی 3-Valve Manifold: اندازه‌گیری عادی و جداسازی

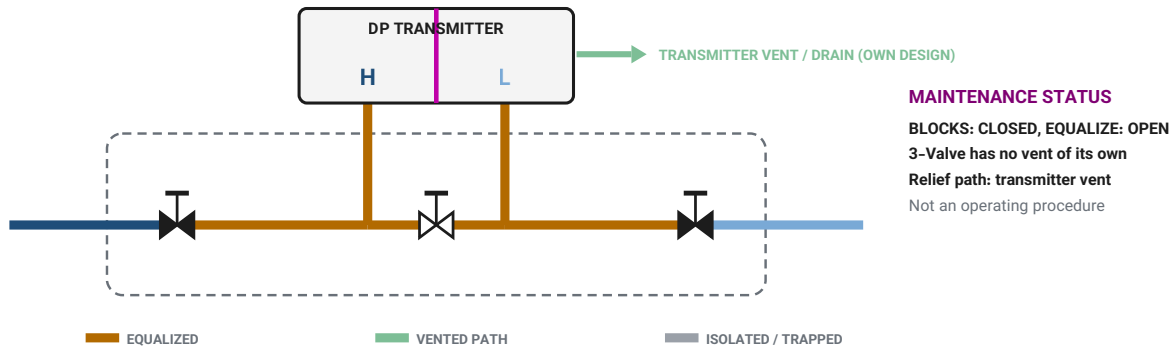
IMPORTANT – وضعیت جداسازی فشار را از بین نمی‌برد

در وضعیت جداسازی، سیال و فشار محبوس در سلول و راه‌های داخلی باقی می‌مانند. باز کردن هر اتصال، بدون اطمینان از وجود مسیر تخلیه ایمن و بدون روش اجرایی تأییدشده، ممنوع است.

STATE 3 - EQUALIZED (ZERO CHECK CONDITION)



STATE 4 - MAINTENANCE STATUS (CONCEPT ONLY)



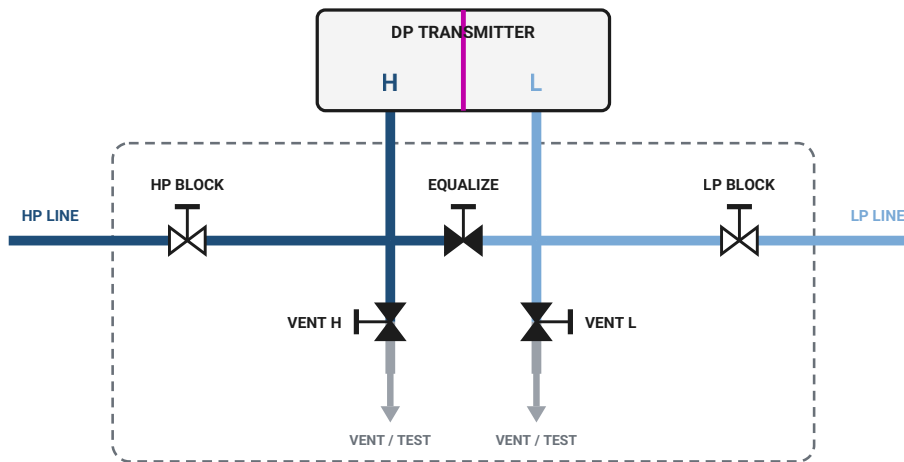
شکل ۲ - وضعیت‌های مفهومی 3-Valve Manifold: هم‌فشاری و وضعیت نگهداری (مفهومی)

4 معماری 5-Valve و Vent

5-Valve Manifold به ساختار سه‌شیره دو Vent / Test اضافه می‌کند. این دو مسیر امکان تخلیه ایمن، اتصال منبع فشار آزمون و بررسی در محل را بدون باز کردن اتصال فرآیندی فراهم می‌کنند. شکل ۳ حالت عادی و یک وضعیت مفهومی تخلیه را نشان می‌دهد. محل دقیق Vent نسبت به Block و Equalize از طراحی به طراحی فرق می‌کند؛ پس مرجع تصمیم، همیشه شماتیک سازنده است.

شرکت نیکان صنعت خاورمیانه

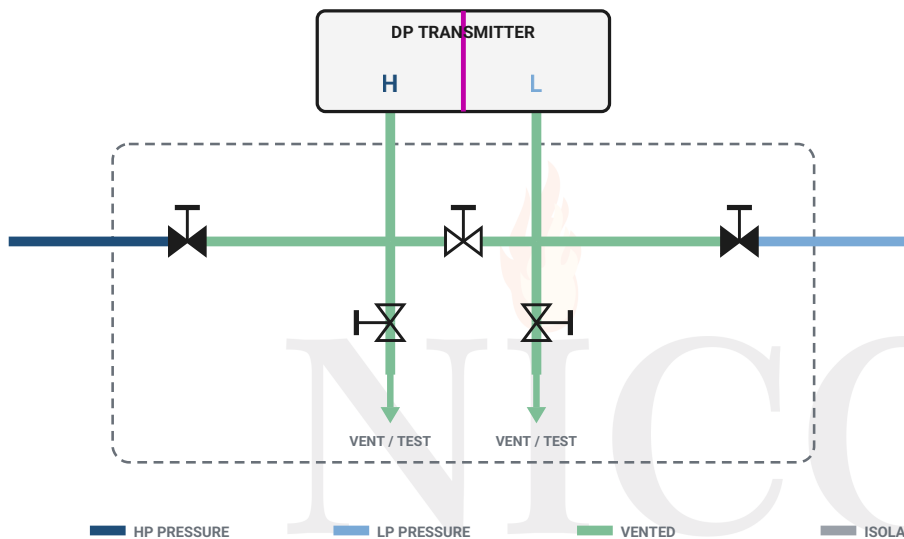
5-VALVE - NORMAL (MEASURING)



NORMAL

HP / LP BLOCK: OPEN
EQUALIZE: CLOSED
VENT H / VENT L: CLOSED
Dedicated vent ports exist but are closed

5-VALVE - VENTED CAVITY STATUS (CONCEPT ONLY)



VENTED CAVITY

BLOCKS: CLOSED
EQUALIZE: OPEN
VENTS: OPEN
Cell cavity connected to vent
Not an operating procedure

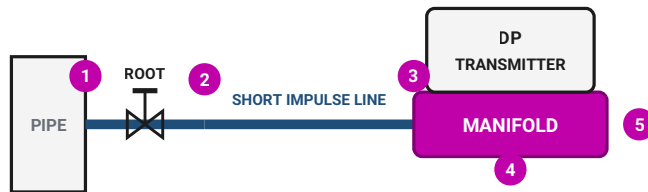
HP PRESSURE LP PRESSURE VENTED ISOLATED

شکل ۳ - معماری 5-Valve Manifold: حالت عادی و وضعیت مفهومی تخلیه حفره

5 Remote Mount یا Direct Mount

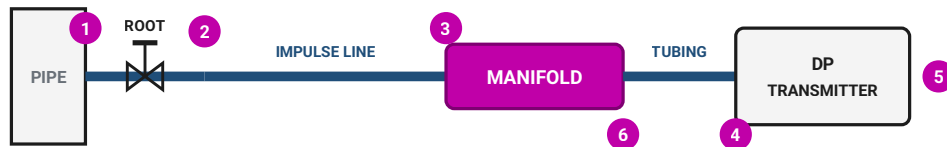
در Direct Mount، فلنج ترانسسمیتر مستقیماً به بدنه Manifold بسته می‌شود و مسیر فرآیندی کوتاه‌ترین حالت را دارد؛ در Remote Mount، Manifold و ترانسسمیتر دو قلم جدا هستند و تیوب یا لوله میان آن‌ها قرار می‌گیرد. هر مفصل در این زنجیره یک نقطه نشتی بالقوه و یک نقطه حبس شدن هوا یا گاز است؛ بنابراین شمردن مفصل‌ها (شکل ۴) بخشی از انتخاب است.

DIRECT MOUNT



FIVE JOINT GROUPS
COMPACT / SHORT PATH
TRANSMITTER LOADS THE
MANIFOLD (MASS, VIBRATION)

REMOTE MOUNT



MORE JOINTS
(TUBING ADDED)
EASIER ACCESS AND
LESS HEAT / VIBRATION

1 Root / tap 2 Impulse fittings 3 Manifold inlet 4 Manifold - transmitter joint 5 Vent / plug points 6 Outlet tubing joint

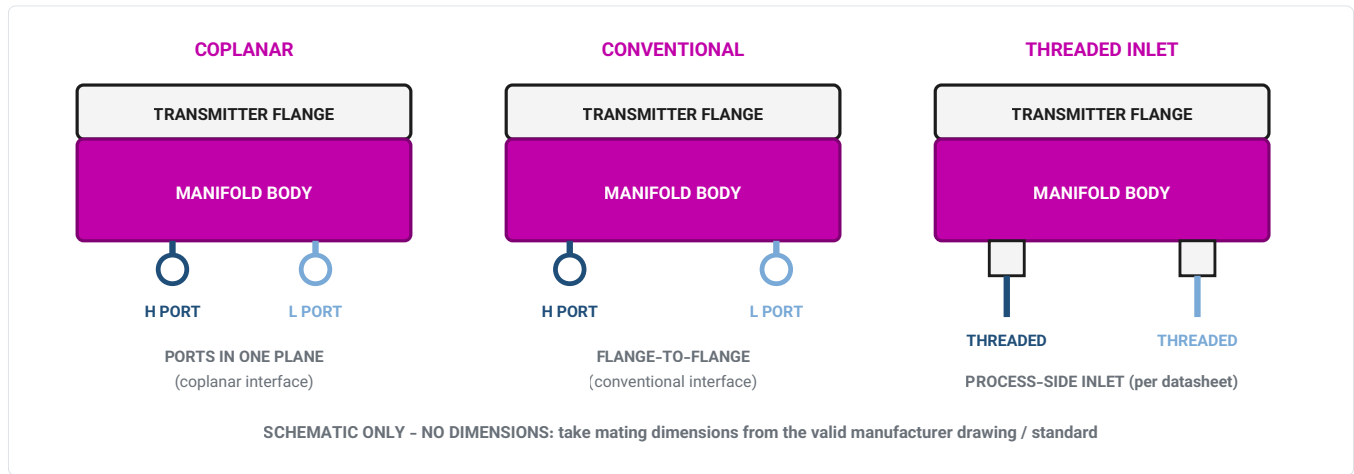
شکل ۴ - نقاط نشتی بالقوه در Direct Mount و Remote Mount

جدول ۳ - مقایسه مهندسی Direct Mount و Remote Mount

معیار	Direct Mount	Remote Mount
نقاط نشتی	کمتر؛ مسیر فرآیندی کوتاه	بیشتر؛ تیوب و اتصال‌های افزوده
دسترسی به شیرها	وابسته به محل ترانسمیتر	Manifold در محل دسترس‌پذیر نصب می‌شود
Impulse Line	کوتاه؛ حجم محبوس کم	طولانی‌تر؛ شیب و پایه‌گذاری مهم است
ارتعاش	ترانسمیتر بار ارتعاشی روی Manifold می‌گذارد	ترانسمیتر جدا از منبع ارتعاش قابل نصب است
دما	ترانسمیتر نزدیک به خط داغ	فاصله از حرارت و ابزار پایه‌ای جدا
بار مکانیکی	وزن ترانسمیتر روی بدنه Manifold	هر قلم پایه مستقل دارد

6 مهندسی اتصال‌ها

اتصال Manifold دو سطح دارد: سمت فرآیند (به Impulse Line یا فلنج خط) و سمت ترانسمیتر (به فلنج سلول). سمت ترانسمیتر در اختلاف فشار معمولاً یا Conventional است یا Coplanar، و ابعاد اتصال فقط از مدرک معتبر سازنده یا استاندارد مرجع گرفته می‌شود؛ در این سند هیچ ادعا نمی‌شود. سمت فرآیند ممکن است رزوه‌ای یا فلنجی باشد و استاندارد رزوه یا فلنج باید با مشخصات لوله‌کشی پروژه سازگار باشد.



شکل ۵ - سه نوع رابط اتصال (شماتیک بدون ابعاد): Coplanar، Conventional و ورودی رزوه‌ای

جدول ۴ - ملاحظات اتصال و مدرک تأیید

اتصال	نکته مهندسی	مدرک تأیید
رزوه‌ای	نوع رزوه، آب‌بندی رزوه و سازگاری با لوله طرف مقابل؛ ترکیب رزوه‌های ناهمگن ممنوع است	مشخصات لوله‌کشی، برگه فنی
فلنجی	اندازه، رتبه و نوع Gasket باید با فلنج طرف مقابل سازگار باشد	کلاس لوله، برگه فنی
Integral	Manifold و ترانس‌میتور در یک مجموعه؛ هر تغییر نیازمند تأیید سازنده است	برگه فنی سازنده
Coplanar و Conventional	سازگاری فلنج ترانس‌میتور با رابط Manifold؛ ابعاد از مدرک معتبر	برگه فنی، استاندارد اتصال مرجع

7 انتخاب جنس

جنس بدنه و قطعات داخلی بر پایه سیال، دما، فشار و الزام‌های مواد پروژه انتخاب می‌شود. جدول زیر ملاحظات متداول را فهرست می‌کند؛ هیچ ردیفی ادعای سازگاری شیمیایی نیست و هر انتخاب باید با جدول سازگاری معتبر و مشخصات مواد پروژه تأیید شود.

جدول ۵ - ملاحظات انتخاب جنس

جنس	ملاحظه متداول	آنچه باید تأیید شود
SS316 / SS316L	انتخاب عمومی برای سرویس‌های صنعتی	خطر ترک خوردن ناشی از کلرید در دمای بالا
فولاد کربنی	فقط در سرویس غیرخورنده و در صورت اجازه مشخصات پروژه	الزام پروژه، پوشش و خوردگی
Duplex	معمولاً در طراحی‌هایی با نیاز مقاومت بیشتر در محیط‌های کلریدی بررسی می‌شود	محدوده دمای مجاز، سازگاری
Hastelloy، Monel	برای سرویس‌های خورنده شدید در نظر گرفته می‌شوند	جدول سازگاری معتبر و تأیید مشتری

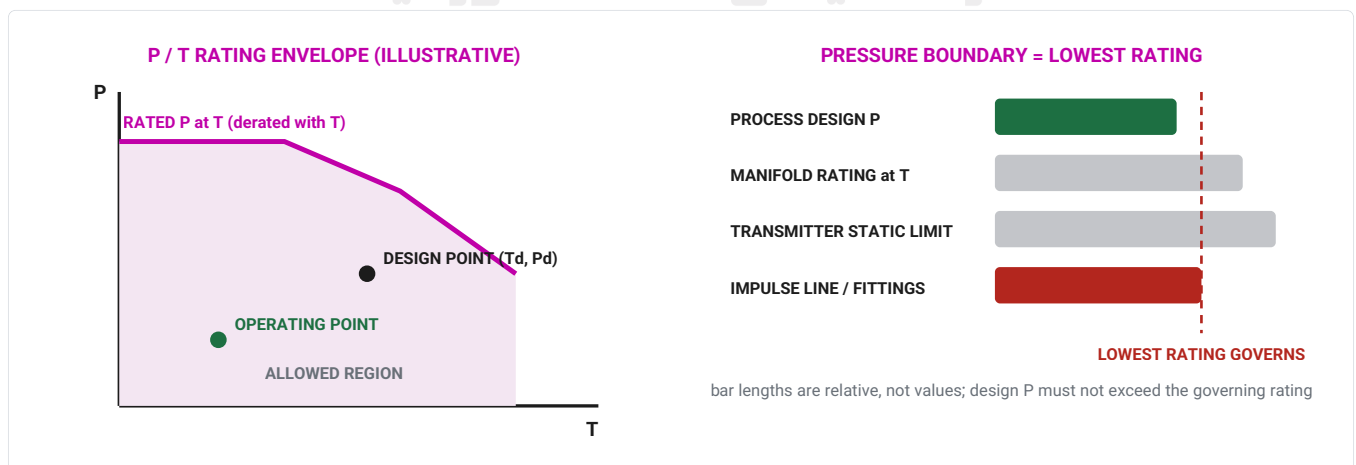
جنس	ملاحظه متداول	آنچه باید تأیید شود
سرویس ترش	الزامهای مواد و سختی طبق استاندارد مربوط	مطابقت با ISO 15156 و تأیید سازنده

8 رتبه فشار-دما و مرز فشار

Manifold بخشی از مرز فشار (Pressure Boundary) مدار اندازه‌گیری است. رتبه آن تابعی از دماست: با افزایش دما، فشار مجاز کاهش می‌یابد (Derating) و منحنی فشار-دمای برگه فنی سازنده مرجع است، نه یک عدد منفرد. شرط پایه این است که فشار طراحی در دمای طراحی همزمان از رتبه آن دما فراتر نرود. ضریب بهره‌برداری برابر نسبت این دو است و باید حداکثر ۱ باشد.

(1)	$U = P_d / P_{rated}(T_d) \leq 1$	
—	U	ضریب بهره‌برداری از رتبه فشار-دما (بدون بُعد)
bar(g)	P _d	فشار طراحی سرویس
bar(g)	P _{rated} (T _d)	رتبه فشار Manifold در دمای طراحی، از منحنی برگه فنی
°C	T _d	دمای طراحی همزمان با فشار طراحی

دو اشتباه رایج وجود دارد. نخست، رنج اندازه‌گیری ترانسمیتر با فشار مجاز مرز فشار یکی گرفته می‌شود؛ رنج یک ویژگی اندازه‌گیری است و حد فشار ایستا (Static Pressure) ترانسمیتر و رتبه Manifold، Impulse Line و اتصال‌ها جدا از آن بررسی می‌شوند. دوم، ضعیف‌ترین حلقه زنجیره نادیده گرفته می‌شود؛ مرز فشار عملی همیشه برابر پایین‌ترین رتبه اجزای متصل (شکل ۶) است. مفهوم MAWP نیز باید از فشار طراحی جدا بماند: MAWP حد مجاز تجهیز است، فشار طراحی ورودی سرویس است.



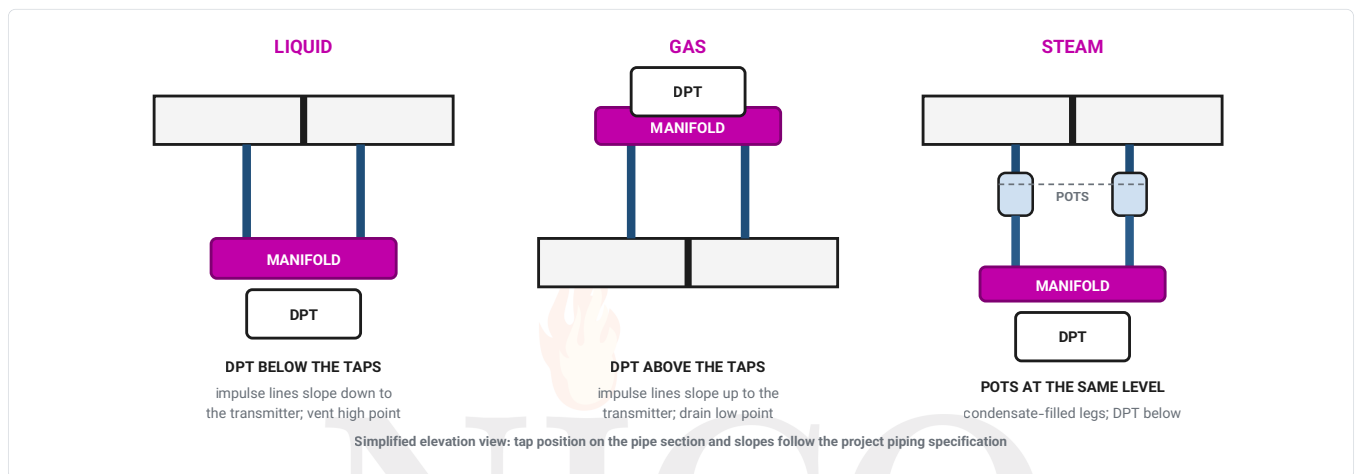
شکل ۶ — پوشش رتبه فشار-دما و حلقه حاکم در مرز فشار (مفهومی، بدون مقدار)

ENGINEERING TIP – از رتبه پایه به منحنی دما برسید

رتبه اعلام شده در دمای محیط برای سرویس گرم کافی نیست. منحنی برگه فنی را در دمای طراحی بخوانید و میان دو نقطه منفرد درونیابی خطی نکنید، مگر سازنده اجازه داده باشد. مقادیر هر مثال این راهنما فرض آموزشی اند، نه مشخصه محصول.

9 سرویس مایع

در سرویس مایع، مسئله اصلی هوای محبوس است: حباب در Impulse Line یا حفرة ترانسسمیتر ستون سیال را تغییر می دهد و خطای قرائت می سازد. به همین دلیل ترانسسمیتر معمولاً پایین تر از نقاط برداشت قرار می گیرد و خطوط به سمت ترانسسمیتر شیب پایین دارند؛ نقاط بالای خط نیاز به Vent دارند. در 3-Valve Manifold که Vent اختصاصی ندارد، این نقطه باید از طراحی خط یا Vent خود ترانسسمیتر تأمین شود. جهت گیری دقیق به مشخصات لوله کشی پروژه وابسته است (شکل ۷).



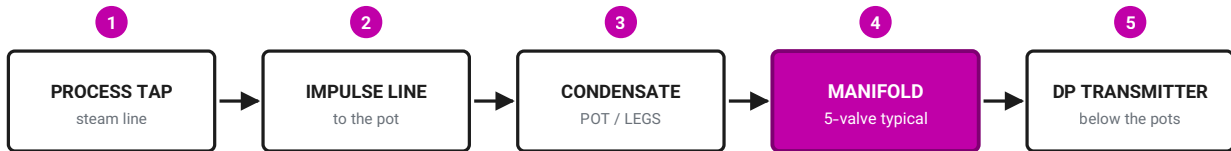
شکل ۷ – جهت گیری ترانسسمیتر نسبت به نقاط برداشت در سرویس مایع، گاز و بخار (شماتیک ساده شده)

10 سرویس گاز

در سرویس گاز مسئله اصلی مایع محبوس و میعان است: قطرات مایع در خط ستون وزنی ایجاد می کنند. بنابراین ترانسسمیتر معمولاً بالاتر از نقاط برداشت قرار می گیرد، خطوط به سمت ترانسسمیتر شیب بالا دارند و نقطه پایین خط نیاز به مسیر تخلیه دارد. این مسیر تخلیه در 5-Valve Manifold می تواند از Vent یا Drain همان بدنه تأمین شود، به شرط آنکه محل آن در شماتیک سازنده تأیید شده باشد. در گاز مرطوب یا خورنده، ملاحظه ایمنی Vent (جهت خروجی و محل تخلیه) به اندازه جهت گیری اهمیت دارد.

11 سرویس بخار و کندانس

در سرویس بخار، ترانسسمیتر نباید مستقیماً در معرض دمای بخار باشد. زنجیره استاندارد این است: نقطه برداشت، Impulse Line، سامانه میعان (Condensate System)، Manifold و ترانسسمیتر اختلاف فشار (شکل ۸). ستون میعان در دو خط، هم مانع حرارتی است و هم باید در دو طرف ارتفاع یکسان داشته باشد؛ هر اختلاف ارتفاع به صورت خطای فشار ظاهر می شود. Manifold در این زنجیره معمولاً از نوع 5-Valve است تا Vent و آزمون بدون بازکردن اتصال ممکن باشد، و دمای طراحی آن باید دمای واقعی بدنه را پوشش دهد، نه دمای ابزار.



Hot steam must not reach the transmitter: the condensate legs are the temperature barrier

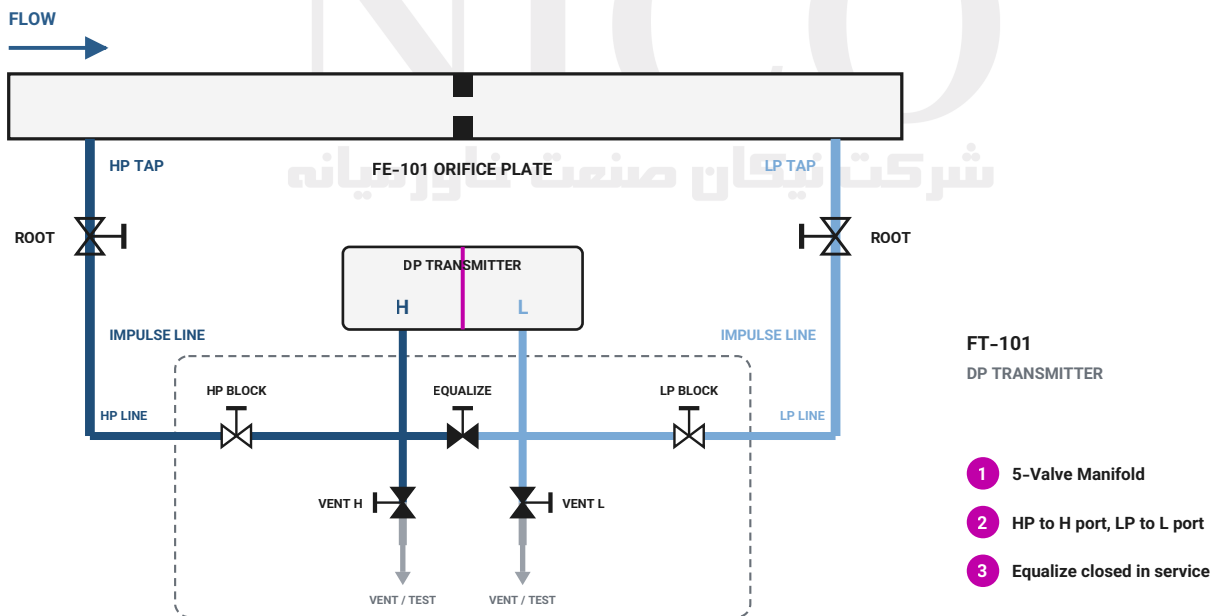
شکل ۸ – زنجیره اندازه‌گیری اختلاف فشار بخار: از نقطه برداشت تا ترانسمیتر

CAUTION – سطح میعان در دو طرف باید برابر باشد

اختلاف ارتفاع ستون‌های میعان دو طرف، به‌طور مستقیم به خطای صفر تبدیل می‌شود؛ یک نمونه عددی در مورد کارشده D آمده است. مقدار تفرانس مجاز از مشخصات طراحی پروژه گرفته شود.

12 Manifold در اندازه‌گیری دبی با اختلاف فشار

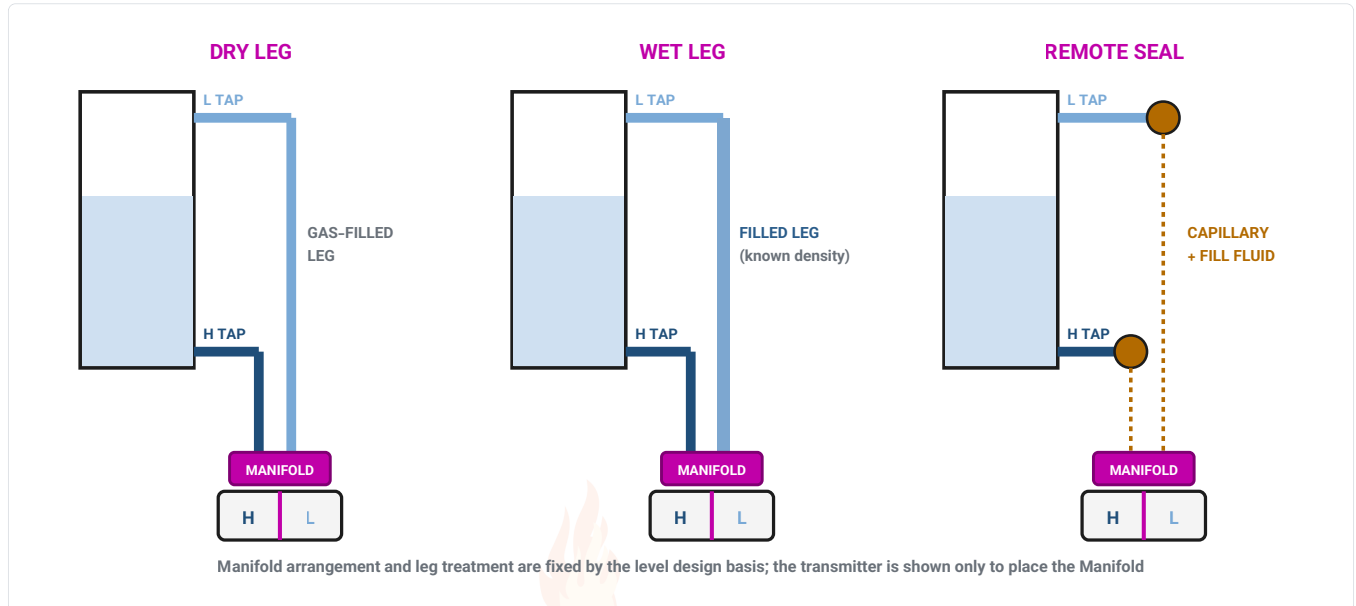
در دبی‌سنجی با Orifice Plate، اختلاف فشار دو نقطه برداشت بالادست و پایین‌دست از طریق دو Root Valve و دو Impulse Line به Manifold و سپس به ترانسمیتر اختلاف فشار می‌رسد (شکل ۹). Manifold در اینجا فقط یک «شیر ارتباطی» نیست؛ هر نشی در مسیر Equalize یا Block مستقیماً روی اختلاف فشار اثر می‌گذارد و چون دبی با ریشه اختلاف فشار متناسب است، اثر خطا در دبی‌های پایین بزرگ‌تر دیده می‌شود. رابطه دبی و اختلاف فشار و سایزینگ اریفیس به ISO 5167 و راهنمای دبی همین مجموعه ارجاع داده می‌شود و در این سند تکرار نمی‌شود.



شکل ۹ – 5-Valve Manifold، Impulse Line، Orifice Plate و ترانسمیتر اختلاف فشار

13 Manifold در اندازه‌گیری سطح با اختلاف فشار

در سطح‌سنجی با اختلاف فشار، سه آرایش رایج وجود دارد: Dry Leg (خط خالی، با گاز)، Wet Leg (خط پر از سیال با چگالی معلوم) و Remote Seal (مبدل دیافراگمی با کاپیلاری). آرایش Leg بر محدوده کالیبره اثر می‌گذارد: در Wet Leg، صفر ترانسسمیتر معمولاً منفی (Zero Suppression) است. در نتیجه وضعیت Equalize، که اختلاف فشار را صفر می‌کند، با شروع محدوده کالیبره (LRV) یکی نیست و برای سطح خالی مرجع نیست. نمونه عددی در مورد کارشده C آمده است.



شکل ۱۰ – سه آرایش اندازه‌گیری سطح با اختلاف فشار: Dry Leg، Wet Leg و Remote Seal

14 فلسفه Equalization

مسیر Equalize سه هدف دارد و هر یک باید جدا فهمیده شود. هدف نخست راستی‌آزمایی صفر (Zero Verification) است: وقتی دو طرف سلول هم‌فشار می‌شوند، خروجی باید همان صفر اختلاف فشار را نشان دهد؛ انحراف از آن نشان‌دهنده انحراف صفر یا اثر Zero Shift ناشی از فشار ایستا است. هدف دوم محافظت از حسگر است: اعمال یا تخلیه فشار از یک طرف می‌تواند سلول را برای لحظه‌ای در معرض اختلاف فشاری بزرگ‌تر از رنج قرار دهد و مسیر Equalize آن را کاهش می‌دهد. هدف سوم نگهداری است: وضعیت هم‌فشار پیش از جداسازی، امکان بازبینی را ایمن‌تر می‌کند.

IMPORTANT – Equalize فقط صفر را بررسی می‌کند، نه Span را

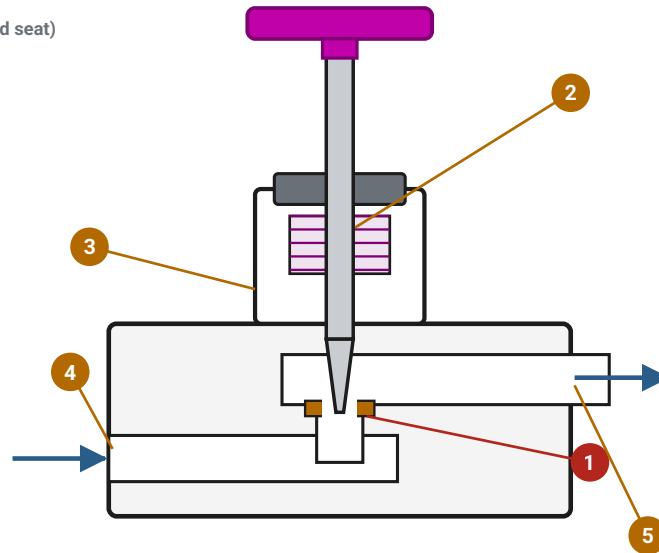
وضعیت هم‌فشار فقط یک نقطه (اختلاف فشار صفر) را بررسی می‌کند. درستی Span و خطی‌بودن به آزمون جداگانه با منبع فشار مرجع نیاز دارد. همچنین، توالی دقیق شیرها در یک سیستم زنده باید از روش اجرایی تأییدشده کارخانه گرفته شود؛ این سند فقط فلسفه را بیان می‌کند.

15 سازوکارهای نشتی

شیرهای Manifold معمولاً از نوع Needle Valve اند و نشتی آن‌ها دو چهره متفاوت دارد. نشتی داخلی از Seat بسته عبور می‌کند و مستقیماً قرائت را تغییر می‌دهد؛ نشتی خارجی به محیط می‌رود و ایمنی و دقت را تهدید می‌کند. شکل ۱۱ پنج محل را نشان می‌دهد و جدول ۶ اثر هر یک را بر اندازه‌گیری و تمامیت مرز فشار مقایسه می‌کند.

INTERNAL
(across the closed seat)

EXTERNAL
(to atmosphere)



شکل ۱۱ – پنج محل نشتی در یک Needle Valve؛ ورودی سمت چپ، خروجی سمت راست

1 Seat 2 Stem و Packing 3 اتصال Bonnet به بدنه 4 رزوه ورودی یا خروجی 5 اتصال فرآیندی و Gasket

جدول ۶ – سازوکارهای نشتی، اثر و روش تشخیص

سازوکار	اثر بر اندازه‌گیری	اثر بر تمامیت	روش تشخیص
نشتی Seat در Equalize	اختلاف فشار قرائت‌شده به سمت صفر کشیده می‌شود	معمولاً داخلی؛ خطری به بیرون ندارد	مقایسه DP با مقدار مورد انتظار یا مرجع
نشتی Seat در Block	بسته به سمت، انحراف صفر یا ناپایداری	با ترانس‌میت‌ر باز شده، خروج فرآیند ممکن است	آزمون آب‌بندی طبق روش تأییدشده
نشتی Stem و Packing	اثر مستقیم ندارد؛ افت فشار در موارد شدید	نشتی خارجی؛ ایمنی و انتشار	بازرسی چشمی، ردیاب مجاز
نشتی رزوه	افت فشار یا ورود هوا در سرویس خلأ	نشتی خارجی	بازرسی، آزمون نشت مجاز
نشتی اتصال فرآیندی	ناپایداری قرائت، حباب در مایع	نشتی خارجی؛ شروع از Gasket	بازرسی دوره‌ای اتصال‌ها

16 ماتریس عیب‌یابی

ماتریس زیر علت‌های محتمل را به نشانه‌های رایج گره می‌زند. ستون «بررسی» فقط اطلاعاتی است که با مدارک و اندازه‌گیری‌های بی‌خطر به دست می‌آید؛ هر اقدام اصلاحی روی خط تحت فشار تابع روش اجرایی کارخانه است.

جدول ۷ - ماتریس عیب‌یابی Manifold

نشانه	علت محتمل	بررسی	اقدام اصلاحی
DP همواره نزدیک صفر	Equalize باز یا نشستی Seat؛ خط HP یا LP مسدود	وضعیت شیرها با برگه وضعیت؛ رفتار DP با تغییر دبی	اصلاح وضعیت شیر یا تعویض Equalize طبق روش اجرایی
انحراف ثابت پس از بازبینی (Offset)	عدم توازن HP / LP یا شیر نیمه‌باز	مقایسه علامت‌گذاری H / L با P&ID	تصحیح اتصال و وضعیت پس از تأیید
پاسخ کند	گرفتگی جزئی خط یا شیر نیمه‌بسته	سرعت پاسخ نسبت به تغییر فرآیند	پاک‌سازی یا اصلاح مسیر طبق روش اجرایی
رانش تدریجی (Drift)	نشستی کوچک Seat، تغییر چگالی Leg	روند قرائت و مقایسه با مرجع دوره‌ای	بازرسی Seat، تأیید چگالی Leg
صفر ناپایدار	حباب یا گاز محبوس، نشستی اتصال	سرویس مایع یا گاز؛ بازرسی اتصال‌ها	اصلاح شیب و Vent، رفع نشستی
نشستی خارجی	Bonnet، Packing، Gasket، رزوه یا	محل رد نشستی؛ نوع مرکب	رفع طبق روش اجرایی و دستورالعمل سازنده
علامت DP وارونه	جابه‌جایی HP و LP	علامت‌گذاری H و L و مسیر Impulse Line	اصلاح اتصال یا پارامتر پیکربندی ثبت‌شده

قرائت DP نزدیک صفر پس از توقف برنامه‌ریزی‌شده

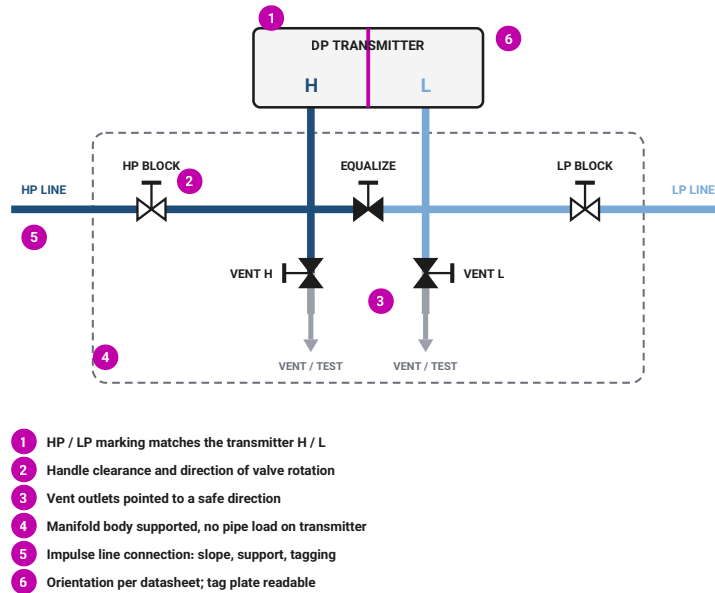
FIELD SCENARIO

«ترانسسمیتر دبی بخار پس از راه‌اندازی مجدد، حتی با دبی کامل خط، فقط چند درصد مقیاس را نشان می‌دهد؛ ترانسسمیتر سالم است و کالیبراسیون آن در کارگاه تأیید شده است.»

تحلیل مهندسی: الگوی «DP نزدیک صفر با دبی واقعی» در درجه اول به مسیر هم‌فشاری مشکوک می‌کند. نخست باید وضعیت شیرها با برگه وضعیت (Valve Status Sheet) پس از توقف مقایسه شود: بسته نبودن Equalize یا Block نیمه‌بسته. اگر وضعیت درست بود، نشستی Seat در Equalize یا مسدود بودن یکی از دو خط محتمل است. تفکیک این دو با رفتار DP هنگام تغییر دبی ممکن می‌شود؛ مسدود بودن معمولاً قرائت را بی‌پاسخ می‌کند، نشستی آن را کوچک می‌کند.

17 بازبینی نصب

بازبینی نصب بر دو اصل استوار است: Manifold مطابق مدارک نصب شده و هیچ بارگذاری مکانیکی ناخواسته‌ای بر آن وارد نمی‌شود. شکل ۱۲ شش نقطه بازبینی روی یک 5-Valve Manifold و جدول ۸ جزئیات هر نقطه را نشان می‌دهد.



شکل ۱۲ - نقاط بازبینی نصب روی 5-Valve Manifold و ترانسمیتر اختلاف فشار

جدول ۸ - نقاط بازبینی نصب

نقطه	معیار بازبینی
جهت جریان و علامت HP / LP	جهت و علامت‌ها با H و L ترانسمیتر و P&ID یکسان‌اند
جهت‌گیری	طبق برگه فنی؛ بدنه و Vent در جهت پیش‌بینی‌شده
دسترسی و فاصله Handle	چرخش کامل Handle بدون برخورد به ساختار یا لوله
پایه و تکیه‌گاه	بدنه یا تیوب تکیه‌گاه دارد؛ بار لوله روی ترانسمیتر نیست
مسیر تیوب	شیب صحیح؛ بدون نقطه کور و بدون خم تیز
برچسب و شناسه	Tag شیرها و Manifold خوانا و منطبق با مدارک

COMMON MISTAKE - نصب بر اساس «شکل ظاهری» به جای شماتیک

دو Manifold با ظاهر مشابه ممکن است مسیر داخلی متفاوت داشته باشند. تکیه بر ظاهر بدنه یا ترتیب Handle‌ها، بدون شماتیک داخلی سازنده، یکی از رایج‌ترین دلایل اتصال اشتباه HP و LP یا Vent اشتباه است.

18 چک‌لیست راه‌اندازی بر پایه راستی‌آزمایی

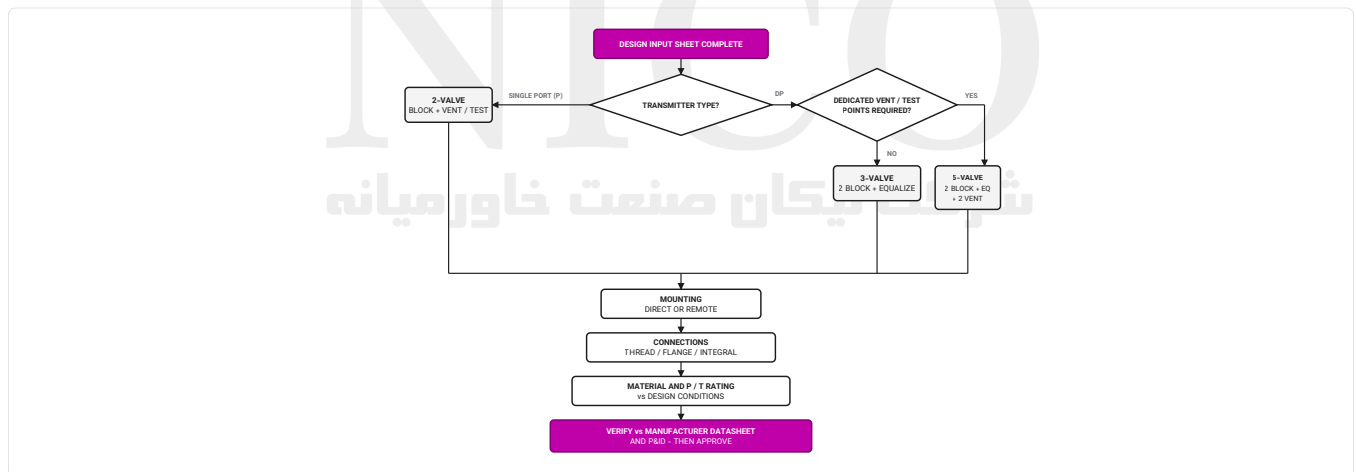
چک‌لیست زیر مدرک‌محور است: هر مورد با یک سند یا مشاهده بی‌خطر تأیید می‌شود و هیچ مرحله عملیاتی روی خط تحت فشار را تجویز نمی‌کند.

□ شماره Tag ترانسمیتر و Manifold با نقشه و ورقه داده ابزار یکسان است.

- ☐ مدل و جنس Manifold با سفارش و مشخصات مواد پروژه یکسان است.
- ☐ رتبه فشار-دما در دمای طراحی (ضریب U در رابطه ۱) از ۱ کوچکتر است.
- ☐ علامت‌های HP و LP روی Manifold با H و L ترانسمیتر و P&ID همخوانند.
- ☐ اتصال‌های فرآیندی و ترانسمیتر با مدرک تأییدشده یکسان‌اند و Gasket نصب شده است.
- ☐ معماری Manifold (دو، سه یا پنج شیر) با ماتریس تصمیم و برگه فنی تأیید شده است.
- ☐ شناسایی شیرها: Block، Equalize و Vent روی بدنه یا Tag مشخص و با برگه وضعیت همخوانند.
- ☐ آزمون آب‌بندی اتصال‌ها طبق روش اجرایی تأییدشده کارخانه انجام و ثبت شده است.
- ☐ رنج ترانسمیتر و مقیاس‌دهی در DCS با ورقه داده یکسان است.
- ☐ راه‌حل تخلیه ایمن (Vent و مقصد آن) در مدارک تأیید شده است.

19 فلوچارت انتخاب مهندسی

فلوچارت شکل ۱۳ ترتیب تصمیم‌ها را خلاصه می‌کند: از نوع ترانسمیتر به تعداد شیر، سپس نحوه نصب، اتصال‌ها، جنس و رتبه فشار-دما، و در پایان تأیید با برگه فنی و P&ID. هر قدم خروجی قابل‌ثبت دارد که در برگه ورودی طراحی درج می‌شود.



شکل ۱۳ – فلوچارت انتخاب مهندسی Manifold برای ترانسمیتر فشار و اختلاف فشار

20 مورد کارشده A – ترانسمیتر فشار روی خط آب

انتخاب و بررسی رتبه Manifold برای ترانسمیتر فشار EXAMPLE

صورت مسئله: ترانسمیتر فشار با رنج 0-25 bar روی خط آب با فشار کارکرد 10 bar(g)؛ طراحی 16 bar(g) در 80 °C. نوع Manifold و کفایت رتبه خواسته شده است.

فرض: رتبه Manifold فرض آموزشی است (جایگزین برگه فنی): 413 bar در 38 °C و 350 bar در 200 °C، درون‌یابی خطی فقط برای این مثال.

$$P_{\text{rated}}(80\text{ }^{\circ}\text{C}) = 413 - (80 - 38) / (200 - 38) \times (413 - 350) = 396.7\text{ bar(g)}$$

$$U = 16 / 396.7 = 0.040\text{ (4.0 \%)}$$

نتیجه: ترانس‌میتور تک‌پورت است؛ 2-Valve Manifold (Vent / Test و Block) کافی است. ضریب بهره‌برداری 0.040 بسیار کمتر از ۱ است؛ فشار کارکرد حدود 40 % رنج ترانس‌میتور است. این نتیجه فقط به شرط تأیید منحنی واقعی برگه فنی معتبر است.

21 مورد کارشده B – اریفیس و ترانس‌میتور اختلاف فشار روی آب

EXAMPLE آرایش Manifold برای دبی‌سنجی با اریفیس

صورت مسئله: اریفیس روی خط آب، اختلاف فشار در دبی کامل 250 mbar، فشار ایستا 20 bar(g)، طراحی 30 bar(g) در 60 °C. آرایش Manifold و حساسیت دبی به خطای DP خواسته شده است.

$$P_{\text{rated}}(60\text{ }^{\circ}\text{C}) = 404.4\text{ bar(g)} ; U = 30 / 404.4 = 0.074$$

$$Q = k \times \sqrt{(\Delta P)} ; dQ / Q = 0.5 \times d(\Delta P) / \Delta P$$

$$\Delta P(25\text{ \% flow}) = 250 \times 0.25^2 = 15.6\text{ mbar} ; dQ / Q = 0.5 \times 1 / 15.6 = 3.2\text{ \%}$$

نتیجه: 5-Valve Manifold برای راستی‌آزمایی صفر در محل و Vent ایمن انتخاب می‌شود (Equalize بسته در بهره‌برداری). رتبه فشار-دما ضریب 0.074 دارد. یک خطای 1 mbar در دبی ۲۵ درصد حدود 3.2 % از قرائت دبی است؛ همین علت اهمیت آب‌بندی Equalize در بار پایین است. ارزیابی دقیق‌تر خطای نشی در سند سطح ۳ آمده است.

22 مورد کارشده C – سطح مخزن با Wet Leg

EXAMPLE محاسبه محدوده DP و نتیجه برای وضعیت Equalize

صورت مسئله: مخزن بسته با سیال به چگالی 850 kg/m³؛ Wet Leg پر از آب 1000 kg/m³ با ارتفاع Leg 3.2 m؛ سطح از 0 تا 3.0 m بالای نقطه برداشت HP؛ فشار طراحی 8 bar(g) در 120 °C.

$$\Delta P = \rho \times g \times L - \rho_{wl} \times g \times H$$

kg/m ³	چگالی سیال مخزن	rho
kg/m ³	چگالی سیال Wet Leg	rho_wl
m	ارتفاع سطح بالای Tap HP	L
m	ارتفاع Wet Leg	H
m/s ²	شتاب گرانش (۹/۸۰۶۶۵)	g

$$\Delta P(L = 0) = - 1000 \times 9.80665 \times 3.2 = - 31381 \text{ Pa} = - 313.8 \text{ mbar}$$

$$\Delta P(L = 3 \text{ m}) = 850 \times 9.80665 \times 3.0 - 31381 = - 6374 \text{ Pa} = - 63.7 \text{ mbar}$$

نتیجه: محدوده کالیبره از -313.8 mbar تا -63.7 mbar (Span برابر 250.1 mbar) است؛ صفر ترانسسمیتر به شدت منفی است (Zero Suppression). در وضعیت Equalize، DP برابر 0 mbar است که خارج از محدوده کالیبره است؛ پس Equalize نمی‌تواند سطح خالی را بازنمایی کند و فقط صفر خود ترانسسمیتر را می‌سنجد. Manifold از نوع 3-Valve یا 5-Valve بر پایه ایمنی سیال انتخاب می‌شود؛ ضریب رتبه در 120 °C برابر $0.021 = 8 / 381.1$ است (رتبه فرضی).

23 مورد کارشده D – دبی بخار اشباع با Condensate Pot

EXAMPLE اثر اختلاف ارتفاع ستون‌های میعان بر صفر

صورت مسئله: بخار اشباع 10 bar(g)، طراحی 13 bar(g) در 200 °C؛ اختلاف فشار کامل 250 mbar؛ اختلاف ارتفاع دو Pot برابر 20 mm.

خواص اشباع (محاسبه با IAPWS-IF97): در 11.013 bar(a)، دمای اشباع 184.1 °C و چگالی مایع اشباع 882.6 kg/m³.

$$d(\Delta P) = \rho_f \times g \times dh = 882.6 \times 9.80665 \times 0.020 = 173.1 \text{ Pa} = 1.73 \text{ mbar}$$

$$d(\Delta P) / \text{span} = 1.73 / 250 = 0.69 \%$$

نتیجه: اختلاف ارتفاع 20 mm میان Potها حدود 0.69 % مقیاس خطای صفر می‌سازد که با Equalize قابل تشخیص نیست، چون Equalize ستون‌های نابرابر را هم‌فشار نمی‌کند. 5-Valve Manifold با ضریب رتبه $0.037 = 13 / 350$ (فرض آموزشی) و Vent ایمن برای سرویس بخار مناسب است؛ تِلرانس ارتفاع باید در مشخصات نصب تعریف شود.

جمع‌بندی نکات کلیدی

- تعداد شیر از وظایف لازم می‌آید: 2-Valve برای ترانسسمیتر تک‌پورت، 3-Valve و 5-Valve برای اختلاف فشار؛ آرایش داخلی با شماتیک سازنده تأیید می‌شود.
- مرز فشار با پایین‌ترین رتبه اجزای متصل در دمای طراحی تعیین می‌شود؛ رنج ترانسسمیتر معیار مرز فشار نیست.
- Equalize فقط صفر را بررسی می‌کند و در Wet Leg با محدوده کالیبره یکی نیست؛ اختلاف ارتفاع Potها از آن حذف نمی‌شود.
- نشستی Seat داخلی است و قرائت را تغییر می‌دهد؛ نشستی Packing، رزوه و اتصال خارجی است و تمامیت را تهدید می‌کند.
- راه‌اندازی بر پایه راستی‌آزمایی مدارک انجام می‌شود و توالی عملیات روی خط زنده از روش اجرایی کارخانه گرفته می‌شود.

24 پرسش‌های متداول

چاه زمانی 5-Valve Manifold به جای 3-Valve لازم است؟

وقتی در محل نیاز به Vent، تخلیه یا آزمون بدون باز کردن اتصال باشد یا سیال بخار، گاز، خطرناک یا گرفتگی‌پذیر باشد. Vent 3-Valve اختصاصی ندارد.

آیا رتبه فشار Manifold همان رنج ترانسسمیتر است؟

خیر. رنج اندازه‌گیری یک ویژگی اندازه‌گیری است؛ مرز فشار با پایین‌ترین رتبه اجزای متصل در دمای طراحی تعیین می‌شود (رابطه ۱ و شکل ۶).

آیا Equalize برای کالیبراسیون Span کافی است؟

خیر؛ فقط صفر (DP برابر صفر) را بررسی می‌کند. Span به منبع فشار مرجع و آزمون جداگانه نیاز دارد.

در سطح با Wet Leg چرا صفر Equalize با سطح خالی یکی نیست؟

چون ستون Wet Leg یک DP منفی ثابت ایجاد می‌کند؛ DP صفر در Equalize خارج از محدوده کالیبره است (مورد C).

اختلاف ارتفاع Condensate Pot چه اثری دارد؟

به صورت مستقیم به خطای صفر تبدیل می‌شود و با Equalize قابل حذف نیست (مورد D).

اگر نشستی Seat در Equalize داشته باشیم قرائت چه می‌شود؟

قرائت اختلاف فشار به سمت صفر کوچک می‌شود و در دبی پایین اثر نسبی بزرگ‌تری دارد؛ بررسی عددی آن در سند سطح ۳ آمده است.

25 واژه‌نامه و منابع

معنا	اصطلاح
مجموعه اجزایی که فشار فرآیند را نگه می‌دارند؛ مرز با پایین‌ترین رتبه	Pressure Boundary

اصطلاح	معنا
MAWP	بیشینه فشار کاری مجاز تجهیز
Derating	کاهش فشار مجاز با افزایش دما
Condensate Pot	مخزن کوچک میعان برای تشکیل ستون مایع و جلوگیری از رسیدن بخار به ترانسمیتر
Zero Suppression	جابه‌جایی محدوده کالیبره به مقادیر منفی DP
Valve Status Sheet	برگه ثبت وضعیت مجاز هر شیر در شرایط عادی و توقف

1. IEC 61518:2001 – Mating dimensions between differential pressure (type) measuring instruments and flanged-on shut-off devices up to 413 bar (41.3 MPa)

مرجع ابعاد اتصال میان ابزار اختلاف فشار و شیر فلنجی؛ وضعیت اعتبار فعلی ویرایش پیش از ارجاع رسمی راستی‌آزمایی شود.

2. ASME B16.34 – Valves – Flanged, Threaded, and Welding End

مرجع رتبه‌بندی فشار-دما و الزام‌های شیر؛ ویرایش مورد استفاده با پروژه تأیید شود.

3. ISO 5167 – Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular cross-section conduits running full

مرجع دبی‌سنجی با اختلاف فشار؛ ویرایش و Part مربوط با پروژه تأیید شود.

4. ISO 15156 – Petroleum and natural gas industries – Materials for use in H₂S-containing environments in oil and gas production

مرجع مواد سرویس ترش؛ ویرایش و Part مربوط تأیید شود.

این راهنما سند سطح ۲ است و عمده‌اً وارد مدل تحلیلی نشستی، گذرای Equalize، تنش اتصال، FMEA و عدم قطعیت اندازه‌گیری نمی‌شود؛ این موضوعات در سند سطح ۳ همین مجموعه بررسی می‌شوند. مقدارهای رتبه فشار-دما، مثال‌ها فرض آموزشی هستند و جایگزین برگه فنی سازنده نیستند.

منابع مرتبط NICO

همین خوشه – سطح ۱ و ۳

- NICO-EDU-ACC-L1-001-FA – 5-Valve Manifold و 3-Valve، 2-Valve چیست؟ آشنایی با
- NICO-EDU-ACC-L3-003-FA – Instrument Manifold پیشرفته

تجهیزات مرتبط NICO

- ACC53 (2-Way Manifold)، ACC54 (3-Way Manifold)، ACC55 (5-Way Manifold) و ACC56 (Root Valve)
- ترانسمیتر اختلاف فشار سری DPT11

عنوان «Way» در نام مدل‌ها و ارتباط آن با تعداد شیر، آرایش داخلی و مشخصات هر مدل باید با برگه فنی رسمی همان محصول کنترل شود. هیچ مشخصه محصولی در این راهنما ادعا نشده است.