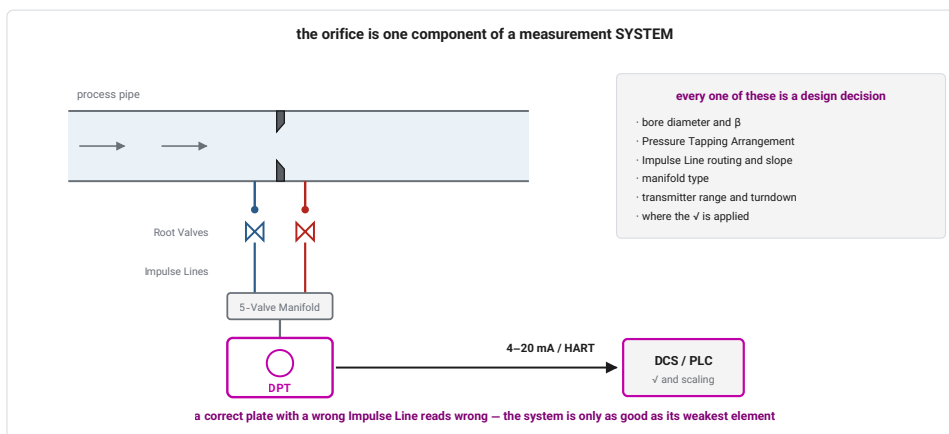


انتخاب و سایزینگ اولیه سامانه اندازه‌گیری دبی با اریفیس

Professional Engineering Guide to Orifice-Plate and DP-Transmitter Selection & Preliminary Sizing

وقتی داده فرآیندی روی میز مهندس ابزار دقیق قرار می‌گیرد، چگونه یک سامانه اریفیس و ترانسمیتر اختلاف فشار را انتخاب، ارزیابی و برای طراحی تفصیلی آماده کنیم؟ این راهنما از برگه داده ورودی شروع می‌کند و تا تصمیم نصب، انتخاب رنج ترانسمیتر و راه‌اندازی پیش می‌رود.



شکل ۱ – اریفیس یک جزء از یک سامانه اندازه‌گیری است، نه کل آن

پس از مطالعه این راهنما خواهید توانست:

1. یک برگه داده ورودی کامل تهیه کنید و بگویید نبود هر قلم، طراحی را تا چه حد مقدماتی می‌کند.
2. سامانه را به جای یک صفحه، به صورت یک زنجیره اندازه‌گیری ببینید و نقاط ضعف آن را بشناسید.
3. اثر نسبت قطر را بر اختلاف فشار، افت دائمی، سیگنال دبی کم و طول مستقیم ارزیابی کنید.
4. اختلاف فشار طراحی را به عنوان یک بده‌بستان انتخاب کنید، نه یک عدد پیش‌فرض.
5. رفتار سامانه را در دبی کمینه محاسبه و درباره کفایت سیگنال قضاوت کنید.
6. Pressure Tapping Arrangement، طول مستقیم و چیدمان Impulse Line را برای سرویس درست انتخاب کنید.
7. رنج ترانس‌میتور را بر مبنایی فراتر از $\Delta p_{\max}$ انتخاب کنید.
8. جای اعمال جذر را تعیین و از خطای جذر مضاعف جلوگیری کنید.
9. دو مثال کارشده مایع و گاز را تا مرحله انتخاب اولیه دنبال کنید.
10. یک ماتریس عیب‌یابی و یک چک‌لیست راه‌اندازی را در میدان به کار ببرید.

NOTE – مرز این سطح

خروجی این راهنما یک **انتخاب مهندسی اولیه** است: نسبت قطر مقدماتی، اختلاف فشار طراحی، رنج ترانس‌میتور و تصمیم نصب. محاسبه نهایی و گواهی‌شده قطر سوراخ طبق رابطه کامل استاندارد، همراه با بودجه عدم قطعیت و ماتریس تأیید طراحی، موضوع NICO-EDU-FLW-L3-007-FA است.

1 اطلاعات مورد نیاز طراحی

طراحی با داده شروع می‌شود، نه با کاتالوگ. جدول زیر برگه داده ورودی است؛ ستون آخر توضیح می‌دهد نبود هر قلم دقیقاً چه چیزی را مقدماتی می‌کند – و این مهم‌تر از فهرست کردن اقلام است.

جدول ۱ – برگه داده ورودی و پیامد نبود هر قلم

داده	واحد	اگر نباشد چه می‌شود
سیال و فاز	–	هیچ محاسبه‌ای ممکن نیست؛ حتی انتخاب مواد هم قابل شروع نیست
دبی کمینه	حجمی یا جرمی	کفایت سیگنال در پایین بازه قابل ارزیابی نیست – رایج‌ترین قلم فراموش‌شده
دبی عادی	همان واحد	نقطه کاری معمول معلوم نیست و بهینه‌سازی بی‌مبنا می‌شود
دبی بیشینه	همان واحد	انتهای مقیاس و اختلاف فشار طراحی تعیین نمی‌شود
فشار کاری	bar a یا bar g	برای گاز، چگالی محاسبه نمی‌شود؛ برای مایع، فشار اسمی تجهیز تعیین نمی‌شود
دمای کاری	°C	چگالی و لزجت هر دو از آن می‌آیند

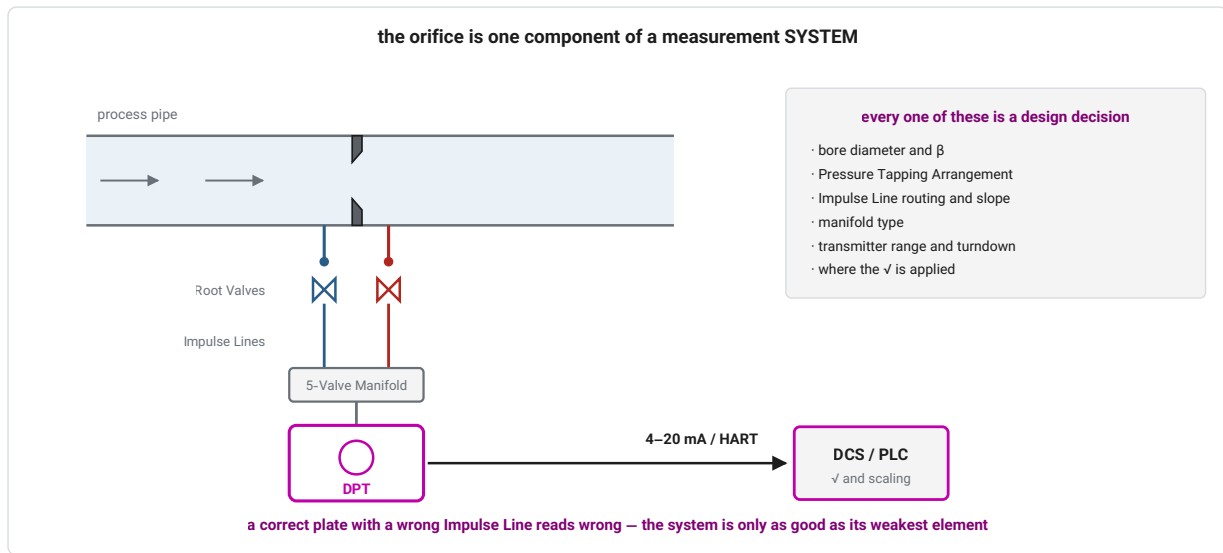
داده	واحد	اگر نباشد چه می شود
اندازه و رده لوله	—	قطر داخلی واقعی معلوم نیست — و همین قطر مستقیماً در محاسبه می نشیند
قطر داخلی واقعی	mm	استفاده از اندازه اسمی به جای آن، یکی از پرتکرارترین خطاهای طراحی است
چگالی در شرایط کاری	kg/m ³	محاسبه دبی جرمی و تبدیل واحد بی اعتبار می شود
لزجت دینامیکی	mPa·s	عدد رینولدز و در نتیجه اعتبار محاسبه قابل کنترل نیست
تراکم پذیری گاز	—	برای گاز فشار بالا، چگالی محاسبه شده خطا می گیرد
دقت مورد نیاز	%	معیار پذیرش وجود ندارد و طراحی قابل رد یا قبول نیست
افت فشار مجاز	mbar	اختلاف فشار طراحی سقف ندارد و هزینه انرژی کنترل نمی شود
طول مستقیم موجود	مضربی از D	ممکن است پس از ساخت معلوم شود نصب اصلاً مجاز نبوده است
منطقه خطر	—	گواهی ترانسمیتر و روش سیم کشی تعیین نمی شود
الزامات ترانسمیتر	—	پروتکل، اتصال فرآیندی و مواد بدنه باز می ماند

ENGINEERING TIP — سه قلمی که بیشتر از همه جا می افتند

در عمل، سه قلم بیش از بقیه فراموش می شوند: **دبی کمینه، قطر داخلی واقعی لوله و طول مستقیم موجود**. هر سه پس از ساخت صفحه کشف می شوند و هر سه اصلاحشان گران است. بهترین کار، برگرداندن برگه داده ناقص است، نه پر کردن آن با فرض.

2 معماری سامانه اندازه گیری نیکان صنعت خاورمیانه

خطای رایج در این حوزه، دیدن اریفیس به عنوان «یک صفحه» است. آنچه دقت را تعیین می کند یک زنجیره است و هر حلقه آن می تواند مستقل از بقیه خراب شود.



شکل ۱ – زنجیره کامل از لوله فرآیندی تا سامانه کنترل

مسیر سیگنال چنین است: لوله فرآیندی، صفحه اریفیس، Pressure Tapping، Root Valve، Impulse Line سمت بالا و پایین، منیفولد، ترانسمیتر اختلاف فشار، سیگنال 4–20 mA یا HART، و در نهایت سامانه کنترل.

CAUTION – دقت تجهیز، دقت سامانه نیست

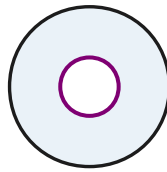
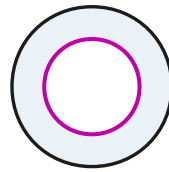
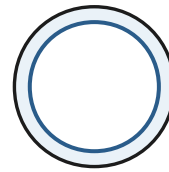
یک ترانسمیتر با دقت مرجع بسیار خوب، اگر پشت یک Impulse Line مسدود یا یک صفحه وارونه نصب شود، هیچ کمکی نمی‌کند. عدد دقت اعلام‌شده روی برگه فنی ترانسمیتر فقط یکی از مؤلفه‌های خطای سامانه است – و معمولاً کوچک‌ترین آن‌ها.

3 نسبت قطر در تصمیم مهندسی

(1)

$$\beta = d / D$$

نمادها: d قطر سوراخ صفحه در شرایط کاری (mm)، D قطر داخلی واقعی لوله در شرایط کاری (mm).

β is a trade, not a preferencelow β medium β high β

differential pressure	high	medium	low
permanent pressure loss	high	medium	low
signal at low flow	strong	adequate	weak
straight run required	shorter	medium	longer
uncertainty of C	higher	lowest	higher

the middle column is not a compromise for its own sake – it is where the coefficient uncertainty is lowest

شکل ۲ – نسبت قطر پایین، میانه و بالا و پیامد هر کدام

جدول ۲ – اثر نسبت قطر بر تصمیم‌های طراحی

پیامد	نسبت قطر پایین	نسبت قطر بالا
تنگ‌شدگی هیدرولیکی	شدید	ملايم
سرعت در سوراخ	بالا	پایین‌تر
اختلاف فشار در همان دبی	بزرگ	کوچک
افت فشار دائمی	زیاد – هزینه انرژی دائمی	کم
سیگنال در دبی کمینه	قوی‌تر	ضعیف – ریسک اصلی
طول مستقیم لازم	کوتاه‌تر	بلندتر
عدم قطعیت ضریب تخلیه	بالا‌تر در نسبت‌های خیلی کوچک	بالا‌تر در نسبت‌های بزرگ

NORMATIVE – حدود کاربرد نسبت قطر

استاندارد ISO 5167-2 در بند حدود کاربرد، نسبت قطر را به بازه $0.10 \leq \beta \leq 0.75$ محدود می‌کند و همزمان $d \geq 12.5 \text{ mm}$ و $50 \text{ mm} \leq D \leq 1000 \text{ mm}$ را الزام می‌کند. خارج شدن از هر یک از این سه شرط یعنی خروج از دامنه استاندارد، نه صرفاً کاهش دقت.

NICO DESIGN PRACTICE – نقطه شروع انتخاب

برای شروع، ناحیه میانی نسبت قطر معمولاً بهترین نقطه تعادل است: هم عدم قطعیت ضریب تخلیه در پایین‌ترین مقدار خود است، هم افت فشار دائمی و هم سیگنال دبی کمینه در محدوده قابل مدیریت می‌مانند. این یک نقطه شروع است، نه یک الزام؛ عدد نهایی از تکرار محاسبه بیرون می‌آید.

4 اختلاف فشار طراحی

انتخاب Δp طراحی، مستقل از انتخاب نسبت قطر نیست – این دو با هم تعیین می‌شوند. اما نگاه کردن به آن به‌عنوان یک تصمیم جداگانه کمک می‌کند بده‌بستان روشن شود.

جدول ۳ – بده‌بستان اختلاف فشار طراحی

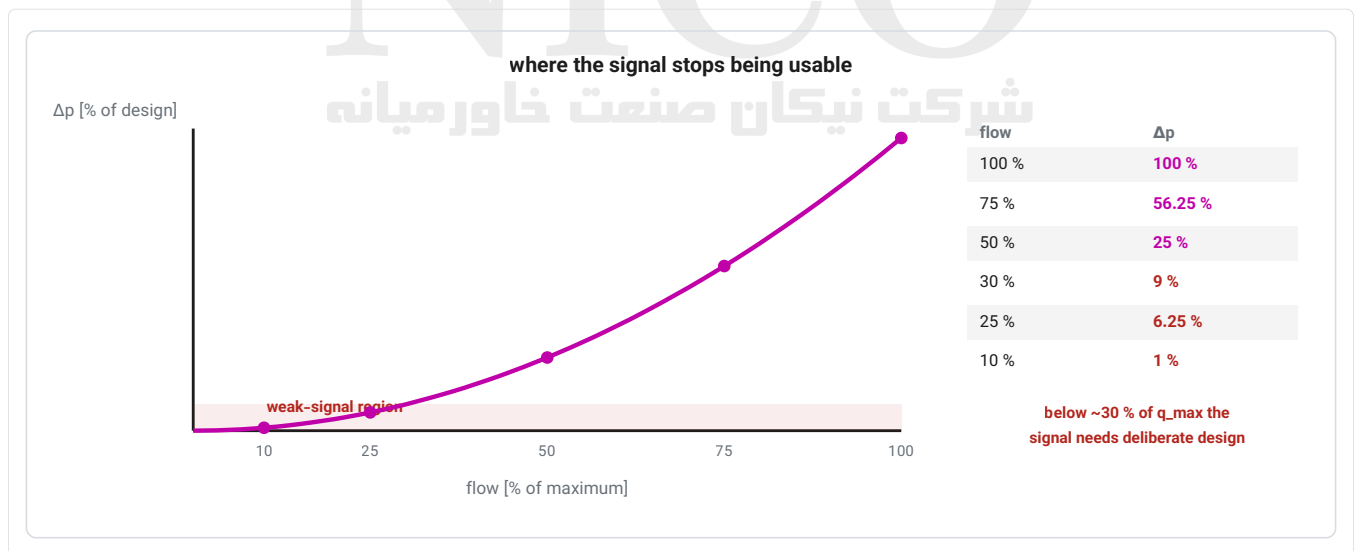
انتخاب	مزیت	هزینه
اختلاف فشار بالاتر	سیگنال قوی‌تر در سراسر بازه · استفاده بهتر از رنج ترانسمیتر · تحمل بیشتر نسبت به نوفه و رانش صفر	افت فشار دائمی بیشتر · هزینه انرژی دائمی · فشار بیشتر روی پمپ یا کمپرسور
اختلاف فشار پایین‌تر	افت فشار دائمی کمتر · صرفه‌جویی انرژی در سرویس دائمی	سیگنال ضعیف‌تر به‌ویژه در دبی کم · حساسیت بیشتر به رانش صفر و نوفه · حاشیه کمتر

CAUTION – این تصمیم را با اختلاف فشار بیشینه گره نزنید

انتخاب یک اختلاف فشار طراحی بزرگ، سیگنال دبی بیشینه را قوی می‌کند اما مسئله واقعی معمولاً در دبی کمینه است. بخش بعد نشان می‌دهد چرا این نقطه، نه انتهای بالا، تعیین‌کننده انتخاب ترانسمیتر است.

5 دبی کمینه، عادی و بیشینه

رابطه مجذوری میان دبی و اختلاف فشار یعنی سیگنال در پایین بازه به‌سرعت کوچک می‌شود. این تنها ویژگی سامانه اریفیس است که در طراحی بیش از همه دست‌کم گرفته می‌شود.



شکل ۳ – درصد دبی در برابر درصد اختلاف فشار و ناحیه سیگنال ضعیف

جدول ۴ – دبی بر حسب درصد بیشینه و اختلاف فشار متناظر

دبی	اختلاف فشار	ارزیابی مهندسی
100 %	100 %	نقطه طراحی

دبی	اختلاف فشار	ارزیابی مهندسی
75 %	56.25 %	بدون نگرانی
50 %	25 %	قابل قبول
30 %	9 %	مرز عملی – از اینجا به پایین باید بررسی شود
25 %	6.25 %	ضعیف – نیازمند تصمیم آگاهانه
10 %	1 %	عملاً غیرقابل استفاده با یک ترانسسمیتر تکی

به همین دلیل، ترن‌داون یک سامانه اریفیس با یک ترانسسمیتر معمولاً محدود است. اگر بازه واقعی سرویس گسترده‌تر باشد، راه‌حل‌ها عبارت‌اند از دو ترانسسمیتر با رنج متفاوت روی همان صفحه، یا تغییر فناوری اندازه‌گیری – نه کوچک کردن بی‌رویه نسبت قطر.

6 عدد رینولدز از دید مهندس کاربرد

عدد رینولدز نسبت نیروهای اینرسی به نیروهای لزج در جریان است. برای مهندس کاربرد، اهمیت آن در یک جمله خلاصه می‌شود: **رابطه‌های محاسباتی اریفیس فقط در بازه‌ای از رینولدز اعتبار دارند**، و ضریب تخلیه در آن بازه هم ثابت نیست.

(2)

$$Re_D = 4 q_m / (\pi \mu D)$$

نمادها: q_m دبی جرمی (kg/s)، μ لزجت دینامیکی (Pa·s)، D قطر داخلی لوله (m).

برای محاسبه آن سه چیز لازم است: دبی جرمی، قطر داخلی واقعی و لزجت در دمای کاری. اگر لزجت در برگه داده نیامده باشد، عدد رینولدز قابل محاسبه نیست و اعتبار محاسبه قابل کنترل نخواهد بود.

NORMATIVE – کف رینولدز

ISO 5167-2 در بند حدود کاربرد، کف عدد رینولدز را به نسبت قطر وابسته می‌کند: $Re_D \geq 5000$ برای $\beta \leq 0.56$ و $Re_D \geq 16000 \beta^2$ برای $\beta > 0.56$. این شرط باید در **دبی کمینه** کنترل شود، نه در دبی بیشینه – چون رینولدز در پایین بازه کمترین مقدار خود را دارد.

7 ضریب تخلیه

اگر جریان ایده‌آل و بدون اصطکاک بود، رابطه Bernoulli به‌تنهایی دبی را می‌داد. جریان واقعی چنین نیست: جت پس از صفحه تنگ می‌شود، گردابه تشکیل می‌شود و پروفیل سرعت یکنواخت نیست. تفاوت میان دبی واقعی و دبی ایده‌آل در یک ضریب جمع می‌شود که **ضریب تخلیه (C)** نامیده می‌شود.

این ضریب یک ثابت نیست. تابع نسبت قطر، عدد رینولدز و Pressure Tapping Arrangement است – و همین وابستگی سوم است که انتخاب آن را به یک تصمیم محاسباتی تبدیل می‌کند، نه یک ترجیح نصب.

NORMATIVE – رابطه مرجع و عدم قطعیت آن

ISO 5167-2 رابطه Reader-Harris/Gallagher را برای ضریب تخلیه به کار می برد و عدم قطعیت آن را تابع نسبت قطر اعلام می کند: در بازه $0.2 \leq \beta \leq 0.6$ برابر 0.5 % است و در دو سوی این بازه بزرگتر می شود. فرم کامل رابطه و پیاده سازی عددی آن در NICO-EDU-FLW-L3-007-FA آمده است.

COMMON MISTAKE – استفاده از رابطه ویرایش های قدیمی

رابطه ای که با جمله $\beta^{2.1}$ شروع می شود، متعلق به ویرایش 1991 است و هنوز در برخی ماشین حساب های آنلاین دیده می شود. رابطه جاری جمله β^2 دارد. استفاده از رابطه منسوخ، خطایی می سازد که در بازرسی مدرک دیده نمی شود چون هر دو «شبه استاندارد» به نظر می رسند.

8 ضریب انبساط پذیری

برای مایع، چگالی در عبور از صفحه عملاً تغییر نمی کند. برای گاز و بخار چنین نیست: سیال هنگام عبور از افت فشار منبسط می شود و چگالی آن کم می شود. این اثر در یک ضریب بدون بعد به نام **ضریب انبساط پذیری** (ϵ) جمع می شود.

NORMATIVE – دو نکته قابل استناد

برای سیال تراکم ناپذیر، $\epsilon = 1$ است – این در ISO 5167-1 به عنوان یادداشت تعریف ضریب انبساط پذیری آمده است. برای گاز، رابطه محاسبه ϵ در ISO 5167-2 آمده و **فقط زمانی معتبر است که** $p_2/p_1 \geq 0.75$ باشد. فرم کامل رابطه و کنترل این شرط در سطح ۳ ارائه شده است.

پیامد عملی برای این سطح روشن است: در سرویس گاز، علاوه بر دبی باید فشار و دمای کاری، مبنای چگالی و در صورت لزوم تراکم پذیری هم در برگه داده باشند. بدون آن ها حتی یک انتخاب اولیه هم قابل دفاع نیست.

9 انتخاب Pressure Tapping Arrangement

فشار در ناحیه پس از صفحه به سرعت تغییر می کند، پس محل برداشت فشار بخشی از تعریف اندازه گیری است و مستقیماً در رابطه ضریب تخلیه ظاهر می شود.

جدول ۵ – سه Pressure Tapping Arrangement پوشش داده شده در استاندارد

آرایش	مفهوم	پیامد نصب
Corner Pressure Tappings	برداشت فشار دقیقاً در گوشه اتصال صفحه به لوله، معمولاً از راه حلقه حامل	مناسب لوله های کوچک · نیازمند حلقه حامل ساخته شده · تمیزکاری دشوارتر
D and D/2 Pressure Tappings	Pressure Tap بالادست در فاصله یک قطر لوله و پایین دست در نیم قطر	سوراخ کاری روی خود لوله · نیازمند دقت موقعیت · مناسب لوله های بزرگتر

آرایش	مفهوم	پیامد نصب
Flange Pressure Tappings	هر دو Pressure Tap روی خود فلنج اریفیس، با فاصله ثابت از دو سطح صفحه	رایج‌ترین گزینه صنعتی · فلنج آماده · تعویض صفحه ساده‌تر

NORMATIVE – دو آرایشی که پوشش داده نمی‌شوند

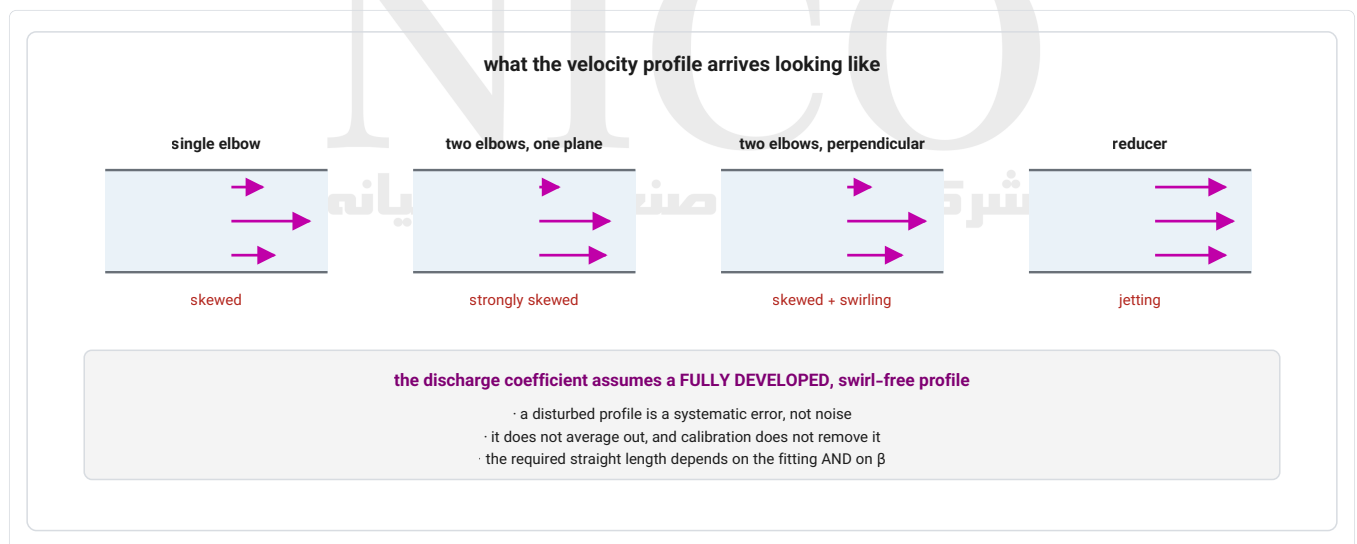
دامنه ISO 5167-2 فقط همین سه آرایش را پوشش می‌دهد. آرایش‌های vena contracta و pipe tappings پوشش داده نمی‌شوند. استفاده از آن‌ها یعنی خروج از دامنه استاندارد و نیازمند مبنای محاسباتی دیگری است.

REQUIRES VERIFICATION – فاصله و رواداری دقیق

فاصله دقیق و رواداری موقعیت هر آرایش، الزام استاندارد است و در این سند عمداً به صورت عددی نیامده. این اعداد باید از متن ISO 5167-2:2022 گرفته شوند و در مدرک پروژه با ذکر بند مرجع درج شوند.

10 طول مستقیم

رابطه ضریب تخلیه بر مبنای یک **پروفیل سرعت کاملاً توسعه یافته و بدون چرخش** استوار است. هر اتصالی در بالادست، این پروفیل را به هم می‌زند و خطایی وارد می‌کند که **سیستماتیک** است – یعنی میانگین‌گیری آن را حذف نمی‌کند و کالیبراسیون ترانسیمتر هم برطرفش نمی‌کند.



شکل ۴ – چهار اغتشاش رایج بالادست و اثر آن‌ها بر پروفیل سرعت

طول مستقیم مورد نیاز به **نوع اتصال** و به **نسبت قطر بستگی** دارد، و استاندارد برای هر ترکیب **دو** عدد می‌دهد: یکی برای «عدم قطعیت اضافی صفر» و یکی برای «عدم قطعیت اضافی نیم درصد». جدول کامل با ذکر ویرایش، در NICO-EDU-FLW-L3-007-FA آمده است.

CAUTION – دو ستون، نه یک عدد

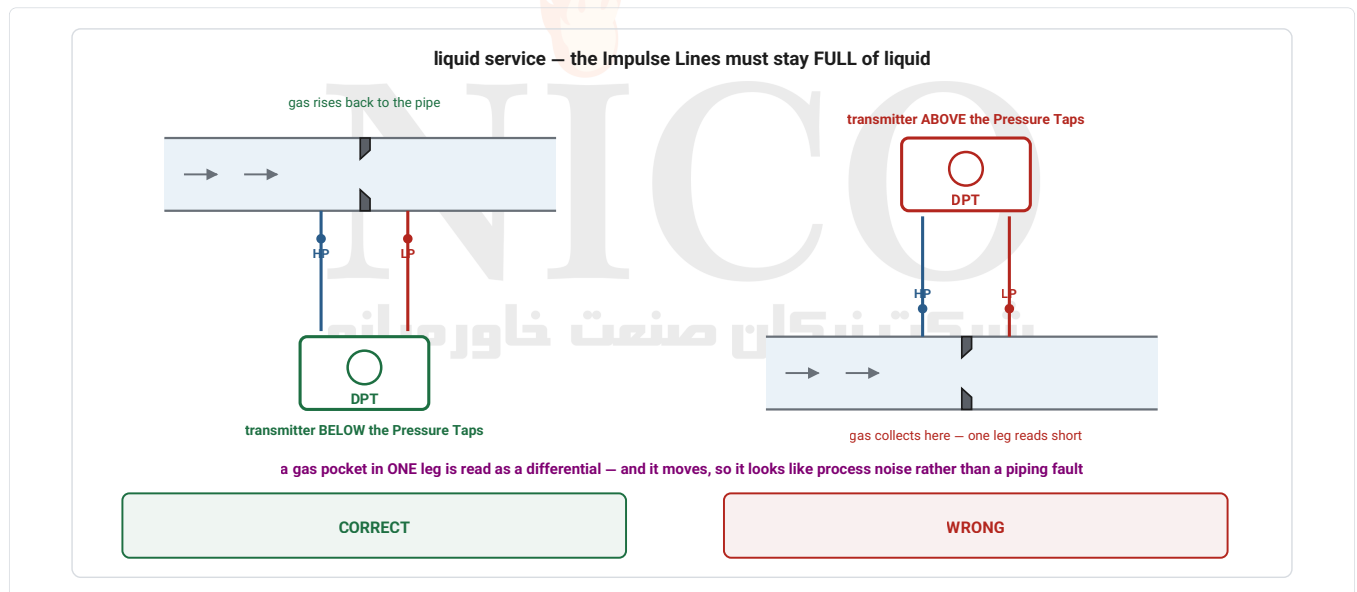
خواندن ستون «نیم درصد» به جای ستون «صفر» و بعد فراموش کردن افزودن آن نیم درصد به بودجه عدم قطعیت، یکی از خطاهای رایج در مدارک طراحی است. اگر طول موجود کمتر از ستون اول باشد، آن نیم درصد **باید** در بودجه منظور شود.

ENGINEERING RECOMMENDATION – ترتیب راه حل هنگام کمبود طول

وقتی طول مستقیم موجود کافی نیست، ترتیب منطقی بررسی چنین است: جابه‌جا کردن محل نصب، سپس کاهش نسبت قطر (که طول لازم را کم می‌کند)، سپس استفاده از کاندیشنر جریان، و در نهایت تغییر فناوری اندازه‌گیری. پذیرفتن نیم درصد عدم قطعیت اضافی هم یک گزینه مشروع است – به شرط آنکه ثبت شود.

11 طراحی Impulse Line

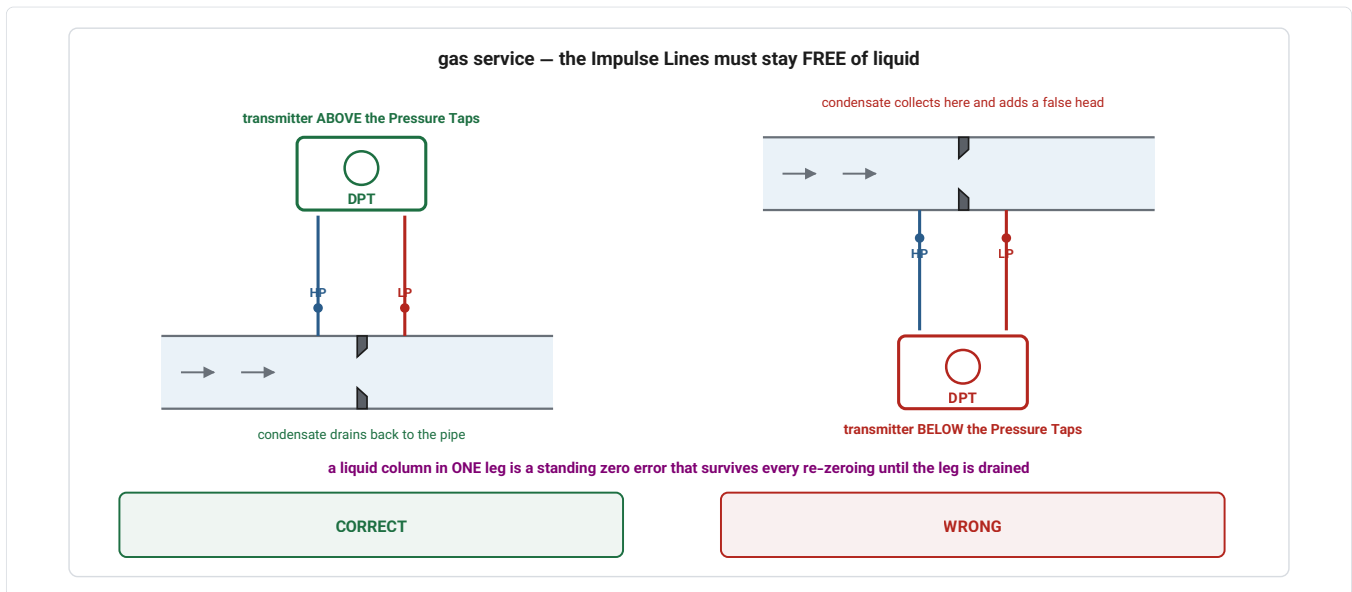
Impulse Line بی‌سروصداترین منبع خطا در این سامانه است. مسئله اصلی همیشه یکی است: **هر دو ساق باید همان سیال و همان ارتفاع ستون را داشته باشند.** هر انحرافی از این شرط، به صورت یک اختلاف فشار ساختگی خوانده می‌شود.

11.1 سرویس مایع

شکل ۵ – سرویس مایع: خطوط باید پر از مایع بمانند

در سرویس مایع، دشمن **حباب گاز** است. ترانسیمتر **پایین‌تر** از هر دو Pressure Tap نصب می‌شود و خطوط با شیب رو به پایین به آن می‌رسند، تا هر گازی که در خط جمع شود به سمت لوله فرآیندی برگردد. محل Pressure Tapping Hole معمولاً پهلوی یا پایین لوله انتخاب می‌شود تا گاز وارد خط نشود.

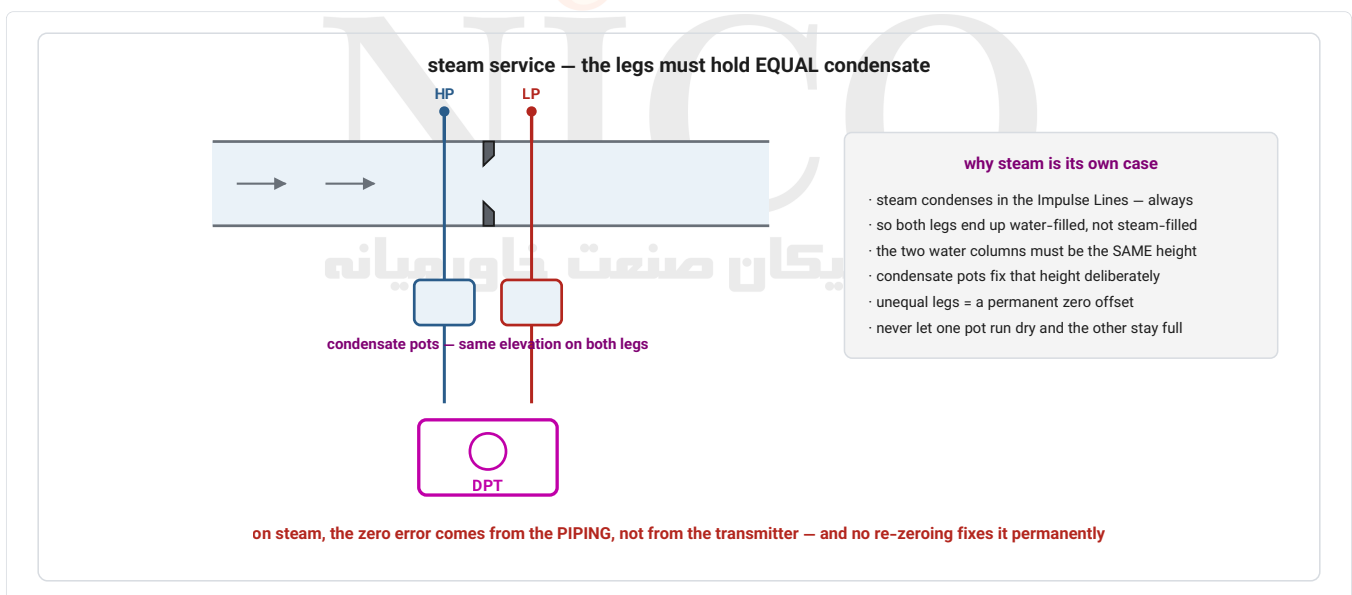
11.2 سرویس گاز



شکل ۶ – سرویس گاز: خطوط باید خالی از مایع بمانند

در سرویس گاز، دشمن تجمع مایع است. ترانسسمیتر بالاتر از هر دو Pressure Tap نصب می‌شود و خطوط با شیب رو به بالا به آن می‌رسند تا میعان‌ات به لوله برگردد. محل Pressure Tapping Hole بالای لوله انتخاب می‌شود.

11.3 سرویس بخار



شکل ۷ – سرویس بخار: دو ساق باید ستون میعان‌ات هم‌ارتفاع داشته باشند

بخار حالت سومی است و نه شبیه مایع است نه شبیه گاز. بخار در Impulse Line حتماً میعان می‌کند، پس هر دو ساق در نهایت پر از آب می‌شوند. کار طراحی این نیست که از میعان جلوگیری کند – ممکن نیست – بلکه این است که ارتفاع دو ستون آب را عمداً برابر کند. برای همین از طرف‌های میعان‌ات هم‌ارتفاع روی دو ساق استفاده می‌شود.

CAUTION – خطای صفر بخار از لوله‌کشی می‌آید، نه از ترانس‌میتور

اگر دو ستون میعان‌ات هم‌ارتفاع نباشند، یک خطای صفر ثابت ایجاد می‌شود که با صفر کردن ترانس‌میتور ظاهراً برطرف می‌شود – تا وقتی ارتفاع ستون‌ها دوباره تغییر کند. تنها راه‌حل پایدار، اصلاح لوله‌کشی است.

جدول ۶ – سه سرویس و قواعد چیدمان آن‌ها

موضوع	مایع	گاز	بخار
ارتفاع ترانس‌میتور	پایین‌تر از Pressure Tap	بالتر از Pressure Tap	پایین‌تر، با ظرف میعان‌ات
شیب خط	رو به پایین به سمت ترانس‌میتور	رو به بالا به سمت ترانس‌میتور	رو به پایین از ظرف‌ها
محل Pressure Tap روی لوله	پهلوی یا پایین	بالا	پهلوی
خطر اصلی	حباب گاز محبوس	مایع محبوس	ستون‌های نابرابر
لوازم جانبی	شیر تخلیه هوا در نقطه بالا	شیر تخلیه مایع در نقطه پایین	ظرف میعان‌ات هم‌ارتفاع
نشانه خرابی	قرائت پرش‌دار و بی‌قاعده	رائش تدریجی صفر	افست ثابت که برمی‌گردد

12 انتخاب منیفولد

what the manifold is actually for

the zero-check sequence

- 1 close both blocks
isolate the transmitter from the process
- 2 open the equalizer
both sides see the SAME pressure
- 3 check / set the zero
any reading now is a genuine zero error
- 4 close the equalizer
before reopening the blocks – never after
- 5 open HP, then LP
in that order, to avoid a one-sided overload

opening the equalizer while one block is shut puts full static pressure on one side of the cell

شکل ۸ – منیفولد پنج‌شیره (5-Valve Manifold) و توالی درست کنترل صفر

جدول ۷ – سه کار منیفولد

عملکرد	چه می‌کند	چرا لازم است
مسدودسازی	هر ساق را از فرآیند جدا می‌کند	جداسازی ایمن ترانس‌میتور بدون تخلیه خط
هم‌فشارسازی	دو سمت سلول را به هم وصل می‌کند	هر دو سمت فشار یکسان می‌بینند؛ هر قرائتی در این حالت، خطای صفر واقعی است

عملکرد	چه می‌کند	چرا لازم است
تخلیه و آزمون	امکان تخلیه و تزریق فشار آزمون	کالیبراسیون در محل بدون بازکردن اتصالات فرآیندی

تفاوت کاربردی 3-Valve Manifold و 5-Valve Manifold در همین کار سوم است: منیفولد سه‌شیره دو شیر مسدودکننده و یک شیر هم‌فشارساز دارد و برای کنترل صفر کافی است. منیفولد پنج‌شیره دو شیر تخلیه یا آزمون هم دارد که کالیبراسیون در محل و تخلیه ایمن را ممکن می‌کند.

CAUTION – توالی شیرها، نه فقط وجود آن‌ها

باز کردن شیر هم‌فشارساز در حالی که یکی از شیرهای مسدودکننده بسته است، فشار استاتیک کامل خط را روی یک سمت سلول می‌گذارد. توالی درست: بستن هر دو مسدودکننده، سپس باز کردن هم‌فشارساز، کنترل صفر، بستن هم‌فشارساز، و در نهایت باز کردن مسدودکننده‌ها. هرگز هم‌فشارساز را پس از باز کردن مسدودکننده‌ها نبندید.

13 انتخاب رنج ترانس‌میت

انتخاب ترانس‌میت فقط بر اساس Δp_{max} کافی نیست. هفت کمیت زیر همگی باید هم‌زمان بررسی شوند.

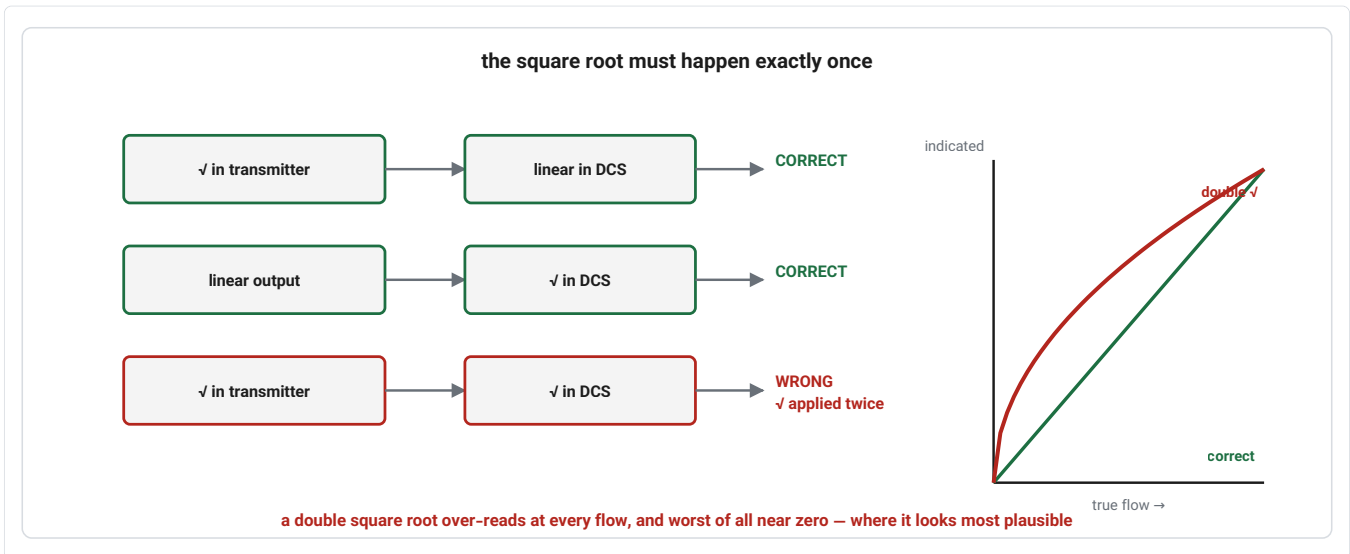
جدول ۸ – کمیت‌های انتخاب ترانس‌میت اختلاف فشار

کمیت	معنا	چرا در انتخاب اثر دارد
URV و LRV	مقدار متناظر با ابتدا و انتهای خروجی	بازه کالیبره‌شده را تعریف می‌کنند
بازه کالیبره	تفاضل دو مقدار بالا	باید اختلاف فشار طراحی را با حاشیه بپوشاند
URL	بیشترین بازه‌ای که سنسور می‌تواند داشته باشد	بازه کالیبره خیلی کوچک‌تر از آن، دقت را افت می‌دهد
ترن‌داون	نسبت URL به بازه کالیبره	ترن‌داون زیاد یعنی خطای بیشتر – عدد دقت را بی‌اثر نکنید
فشار استاتیک کاری	فشار مطلق خط، نه اختلاف فشار	حد فشار بدنه و خطای ناشی از فشار استاتیک را تعیین می‌کند
تحمل اضافه‌فشار	فشار یک‌طرفه‌ای که سلول تحمل می‌کند	در توالی نادرست شیرها یا راه‌اندازی، همین حد آسیب را تعیین می‌کند
پایداری صفر	رانش صفر در طول زمان و با دما	در دبی کم، این رانش می‌تواند بخش بزرگی از سیگنال باشد

ENGINEERING RECOMMENDATION – قاعده عملی ترن‌داون

بازه کالیبره را تا حد ممکن نزدیک به URL سنسور انتخاب کنید. یک سنسور با URL بزرگ که روی یک بازه بسیار کوچک کالیبره شده، روی کاغذ همان دقت را دارد ولی در عمل خطای بیشتری می‌دهد، چون بخش وابسته به URL خطا ثابت می‌ماند در حالی که سیگنال کوچک شده است.

14 جذر کجا اعمال شود؟



شکل ۹ – سه ترکیب ممکن و ترکیبی که خطای جذر مضاعف می‌سازد

جدول ۹ – سه جای ممکن برای اعمال جذر

محل	مزیت	ملاحظه
در ترانسسمیتر	خروجی مستقیماً متناسب با دبی است	در دبی خیلی کم، نوبه تقویت می‌شود؛ اغلب یک برش دبی کم لازم است
در سامانه کنترل	سیگنال خام اختلاف فشار قابل مشاهده و عیب‌یابی می‌ماند	باید در پیکربندی ثبت و در مدرک اعلام شود
در فلو کامپیوتر	امکان جبران چگالی، فشار و دما در همان‌جا	لازم در سرویس گاز با شرایط متغیر

COMMON MISTAKE – جذر مضاعف

اگر ترانسسمیتر روی حالت جذری تنظیم شده باشد و سامانه کنترل هم دوباره جذر بگیرد، قرائت در همه دبی‌ها بیشتر از واقعیت می‌شود و بدترین حالت آن نزدیک صفر است – جایی که خطا بیشترین مقدار را دارد و در عین حال قابل باورترین به نظر می‌رسد. راه تشخیص ساده است: اگر در نصف دبی واقعی، قرائت حدود 70 % نشان می‌دهد، جذر دو بار اعمال شده است.

15 مثال کارشده – سرویس مایع

EXAMPLE انتخاب اولیه برای خط آب خنک‌کننده

داده فرآیندی. آب خنک‌کننده تک‌فاز و تمیز، خط DN100 Sch 40، دبی $18 / 45 / 60 \text{ m}^3/\text{h}$ ، فشار 6 bar g، دما 40°C ، چگالی 992.2 kg/m^3 ، لزجت $0.653 \text{ mPa}\cdot\text{s}$ ، افت فشار مجاز 350 mbar، طول مستقیم موجود 25 D.

گام ۱ – قطر داخلی واقعی. اندازه اسمی DN100 یک برچسب است، نه یک قطر. برای رده Sch 40 قطر داخلی برابر 102.26 mm است (ASME B36.10M). همین عدد در محاسبه می‌نشیند، نه 100 mm.

گام ۲ – ترن داون مورد نیاز.

$$60 / 18 = 3.33 : 1$$

ترن داون متعارفی است و با یک ترانسمیتر قابل پوشش است.

گام ۳ – اختلاف فشار طراحی و نسبت قطر مقدماتی. با انتخاب 400 mbar به عنوان اختلاف فشار طراحی در دبی بیشینه، نسبت قطر مقدماتی به دست می‌آید:

$$\beta \approx 0.5905 \rightarrow d \approx 60.38 \text{ mm}$$

این عدد در بازه $0.2 \leq \beta \leq 0.6$ قرار می‌گیرد، یعنی همان ناحیه‌ای که عدم قطعیت ضریب تخلیه کمترین مقدار خود را دارد.

گام ۴ – رفتار در سه دبی. اختلاف فشار متناظر با سه دبی کمینه، عادی و بیشینه چنین است:

$$q = 18 / 45 / 60 \text{ m}^3/\text{h} \rightarrow \Delta p = 35.6 / 224.6 / 400.0 \text{ mbar}$$

اختلاف فشار در دبی کمینه 8.9 % مقدار طراحی است – سازگار با رابطه مجذوری، چون $9.0\% = (18/60)^2$. این عدد قابل قبول است.

گام ۵ – کنترل عدد رینولدز در دبی کمینه. رینولدز در دبی بیشینه برابر 310 315 است و در دبی کمینه هم به مراتب بالاتر از کف β^2 16000 باقی می‌ماند. شرط اعتبار در کل بازه برقرار است.

گام ۶ – رنج ترانسمیتر. بازه کالیبره 0–400 mbar انتخاب می‌شود. در دبی کمینه، سیگنال 35.6 mbar یعنی حدود 9 % بازه – کافی، به شرط آنکه پایداری صفر ترانسمیتر در برابر این عدد کنترل شود.

گام ۷ – افت فشار دائمی. افت دائمی برابر 255.5 mbar است، یعنی 63.9 % اختلاف فشار طراحی – و از حد مجاز 350 mbar کمتر است:

$$\Delta p_{\text{loss}} = 255.5 \text{ mbar} = 0.639 \times \Delta p < 350 \text{ mbar}$$

گام ۸ – طول مستقیم. اینجا مسئله پیدا می‌شود. برای یک زانوی تکی نود درجه در ستون نسبت قطر 0.60، استاندارد D 42 برای «عدم قطعیت اضافی صفر» و D 13 برای «عدم قطعیت اضافی نیم درصد» می‌دهد. طول موجود D 25 است – یعنی میان دو ستون.

نتیجه انتخاب اولیه: صفحه با نسبت قطر حدود 0.59، اختلاف فشار طراحی 400 mbar، ترانسمیتر با بازه کالیبره 0–400 mbar و Flange Pressure Tappings. طول مستقیم موجود کافی نیست، پس یا محل نصب جابه‌جا شود، یا نسبت قطر کاهش یابد، یا نیم درصد عدم قطعیت اضافی پذیرفته و در مدرک ثبت شود. تصمیم‌گیری میان این سه، ورودی طراحی تفصیلی است.

16 مثال کارشده – سرویس گاز

EXAMPLE انتخاب اولیه برای خط هوای ابزار دقیق

داده فرآیندی. هوای خشک، خط DN80 Sch 40 با قطر داخلی 77.93 mm، دبی 180 / 700 / 1100 Nm³/h با مبنای مرجع 0 °C و 1.01325 bar a، فشار کاری 7 bar g، دما 30 °C.

گام ۱ – چرا دبی به‌تنهایی کافی نیست. عدد Nm³/h یک دبی در شرایط مرجع است. برای محاسبه، دبی جرمی و چگالی در شرایط کاری لازم است – و هر دو از فشار و دما می‌آیند.

$$\rho_{\text{ref}} = 1.2923 \text{ kg/m}^3 \quad \rho_{\text{duty}} = 9.2084 \text{ kg/m}^3 \quad \rho_{\text{duty}}/\rho_{\text{ref}} = 7.13$$

گام ۲ – دبی واقعی در شرایط کاری. دبی حجمی واقعی حدود یک‌هفتم عدد نرمال است:

$$1100 \text{ Nm}^3/\text{h} \rightarrow 154.4 \text{ m}^3/\text{h}$$

این تفاوت هفت‌برابری، همان چیزی است که سایز کردن بر مبنای عدد نرمال را به‌شدت غلط می‌کند.

گام ۳ – نسبت قطر مقدماتی. با اختلاف فشار طراحی 250 mbar:

$$\beta \approx 0.4474 \rightarrow d \approx 34.86 \text{ mm}$$

گام ۴ – کنترل شرط اعتبار ضریب انبساط‌پذیری.

$$p_2/p_1 = 0.9688 \geq 0.75 \quad \text{PASS} \quad \varepsilon = 0.9919$$

ضریب انبساط‌پذیری حدود 0.8٪ از دبی کم می‌کند – کوچک، اما نه قابل صرف‌نظر در یک محاسبه جدی.

گام ۵ – رفتار در دبی کمینه. در دبی کمینه، اختلاف فشار تنها 2.6٪ بازه ترانس‌میتور است:

$$q = 180 \text{ Nm}^3/\text{h} \rightarrow \Delta p = 6.53 \text{ mbar} = 2.6 \% \text{ FS}$$

این عدد ضعیف است. ترنداون سرویس 1 : 6.11 است و رابطه مجذوری آن را به 1 : 37 در سیگنال تبدیل می‌کند. اینجا باید تصمیم گرفت: کاهش اختلاف فشار طراحی، پذیرش دقت پایین‌تر در انتهای پایین بازه، یا استفاده از دو ترانس‌میتور با رنج متفاوت.

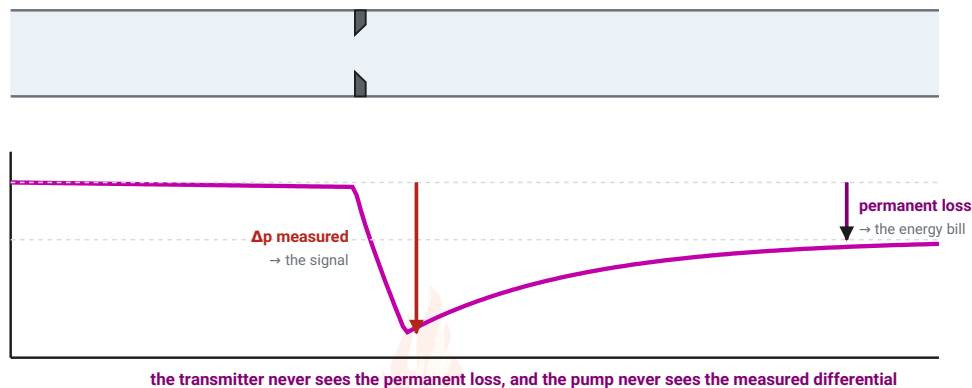
نتیجه انتخاب اولیه: نسبت قطر حدود 0.45، اختلاف فشار طراحی 250 mbar، شرط اعتبار ضریب انبساط‌پذیری برقرار. مسئله باز، سیگنال دبی کمینه است – و این تصمیم باید پیش از سفارش صفحه گرفته شود، نه پس از راه‌اندازی.

NOTE – این اعداد انتخاب اولیه‌اند

نسبت قطر و قطر سوراخ در هر دو مثال، خروجی یک محاسبه اولیه‌اند و برای سفارش یک صفحه گواهی‌شده کافی نیستند. محاسبه تفصیلی با حل تکراری، کنترل کامل حدود کاربرد، بودجه عدم قطعیت و ماتریس تأیید طراحی در NICO-EDU-FLW-L3-007-FA انجام می‌شود.

17 افت فشار دائمی

two different pressures, two different budgets



شکل ۱۰ – اختلاف فشار اندازه‌گیری‌شده در برابر افت فشار دائمی

این دو کمیت به‌طور منظم با هم اشتباه می‌شوند و پیامد آن، خطای طراحی در دو جهت مخالف است.

جدول ۱۰ – دو کمیتی که نباید با هم اشتباه شوند

موضوع	اختلاف فشار اندازه‌گیری‌شده	افت فشار دائمی
کجا خوانده می‌شود	میان دو Pressure Tap	میان بالادست و پایین‌دست کاملاً بازیابی‌شده
چه کسی آن را می‌بیند	ترانسمیتر	پمپ یا کمپرسور
به چه کار می‌آید	سیگنال اندازه‌گیری	بودجه هیدرولیک خط و مصرف انرژی
بزرگی نسبی	مبنای مقایسه	همیشه کوچک‌تر از اختلاف فشار – نسبت آن تابع نسبت قطر است
در مثال مایع این سند	400 mbar	255.5 mbar – یعنی 63.9 %

ENGINEERING TIP – هزینه دائمی را یک بار حساب کنید

در یک سرویس دائمی، افت فشار دائمی یک هزینه انرژی همیشگی است. تفاوت میان یک اختلاف فشار طراحی 400 mbar و 250 mbar ممکن است در دقت اندازه‌گیری ناچیز باشد، اما در توان پمپ در طول عمر تجهیز ناچیز نیست. این محاسبه یک بار انجام می‌شود و تصمیم را عوض می‌کند.

18 اشتباهات رایج مهندسی

جدول ۱۱ - دوازده اشتباه رایج و پیامد هرکدام

پیامد	اشتباه
✓ خطای مستقیم در نسبت قطر و در نتیجه در دبی محاسبه شده	× استفاده از اندازه اسمی به جای قطر داخلی واقعی
✓ قطر داخلی چند میلی متر متفاوت می شود و همان خطا را می سازد	× نادیده گرفتن رده لوله
✓ خطای چندبرابری، چون چگالی کاری با چگالی مرجع فاصله زیادی دارد	× مبنای چگالی نادرست در سرویس گاز
✓ خطای سیستماتیک که کالیبراسیون برطرفش نمی کند	× طول مستقیم ناکافی و ثبت نشده
✓ قرائت منفی یا چسبیده به کف خروجی	× جابه جایی سمت فشار بالا و پایین
✓ قرائت ثابت یا کند - اغلب با «خرابی ترانسمیتر» اشتباه می شود	× Impulse Line مسدود
✓ قرائت پرش دار و بی قاعده	× حباب گاز در خط سرویس مایع
✓ رانش تدریجی صفر	× مایع محبوس در خط سرویس گاز
✓ قرائت بیش از واقعیت در همه بازه، بدترین حالت نزدیک صفر	× اعمال دوباره جذر
✓ یا سیگنال ضعیف در دبی کم، یا اشباع در دبی زیاد	× رنج نادرست ترانسمیتر
✓ هزینه انرژی دائمی بدون بهبود معنادار در دقت	× اختلاف فشار طراحی بیش از نیاز
✓ سامانه ای که در نیمه پایین بازه عملاً کار نمی کند	× نادیده گرفتن دبی کمینه

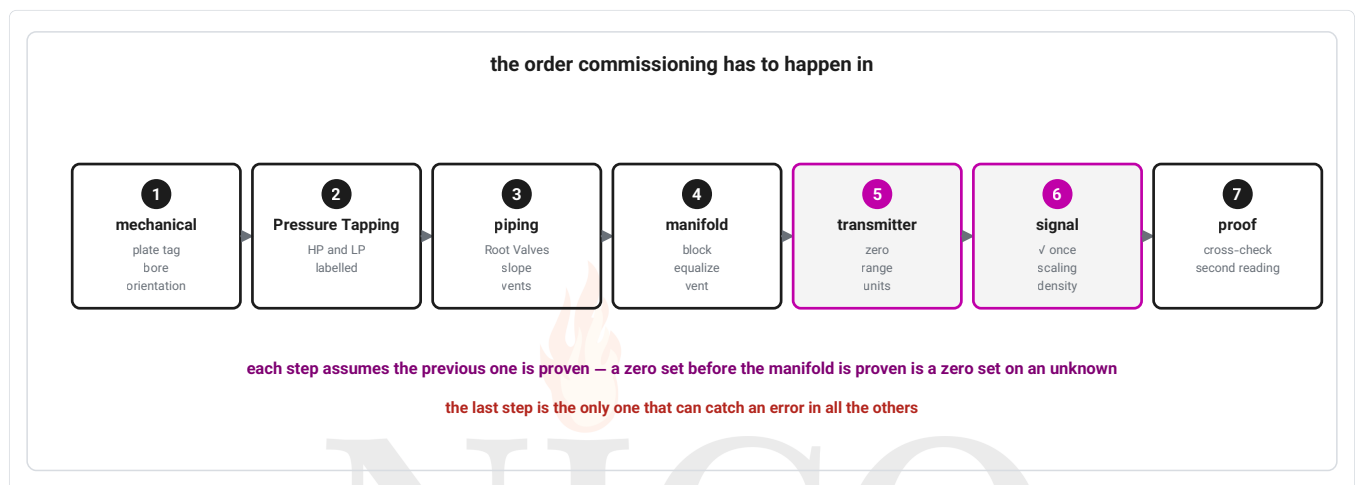
19 ماتریس عیب یابی

جدول ۱۲ - علامت، علت محتمل، کنترل مهندسی و اقدام اصلاحی

علامت	علت محتمل	کنترل مهندسی	اقدام اصلاحی
دبی صفر نشان می دهد	Root Valve بسته · خط مسدود · جریان واقعاً صفر	باز بودن شیرها · فشار استاتیک هر دو سمت	باز کردن Root Valve · شست و شوی خط
دبی منفی	جابه جایی سمت بالا و پایین · صفحه وارونه	ردیابی فیزیکی دو لوله تا ترانسمیتر	جابه جایی صحیح · بازبینی جهت صفحه
دبی بیش از واقعیت	جذر مضاعف · مقیاس نادرست · چگالی نادرست	مقایسه در نصف دبی · کنترل پیکربندی جذر	حذف یکی از دو جذر · اصلاح مقیاس
دبی کمتر از واقعیت	Impulse Line سمت بالا نیمه مسدود · نشی	آزمون نشی · مقایسه فشار دو ساق	رفع انسداد یا نشی
قرائت ناپایدار	حباب گاز · ضربان فرآیندی · اغتشاش بالادست	مشاهده الگوی نوسان · بررسی بالادست	تخلیه هوا · افزودن میرایی · اصلاح نصب

علامت	علت محتمل	کنترل مهندسی	اقدام اصلاحی
پاسخ ضعیف در دبی کم	سیگنال ذاتاً کوچک · رانش صفر	محاسبه اختلاف فشار در دبی کمینه	کاهش بازه · بازبینی نسبت قطر · دو ترانسیمتر
رانش صفر	تجمع مایع یا گاز در یک ساق · اثر دما	کنترل صفر با منیفولد در حالت هم فشار	تخلیه ساق · اصلاح شیب · عایق کاری
اختلاف با کنتور دیگر	مبنای چگالی متفاوت · شرایط مرجع متفاوت	مقایسه مبنای دو محاسبه، نه دو عدد	یکسان سازی مبنای پیش از هر اقدام دیگر

20 چک لیست راه اندازی



شکل ۱۱ – ترتیبی که راه اندازی باید در آن انجام شود

قرائتی که از روز اول بیست درصد بالا بود

سناریوی میدانی

«یک خط آب با اریفیس تازه نصب شده، از ابتدا حدود بیست درصد بیشتر از موازنه جرم نشان می داد. ترانسیمتر نو بود، کالیبراسیون معتبر بود و صفر هم درست کنترل شده بود.»

آنچه کنترل شد. جهت صفحه درست بود. سمت بالا و پایین درست وصل شده بودند. جذر فقط یک بار اعمال می شد. مقیاس سامانه کنترل با بازه ترانسیمتر می خواند.

آنچه پیدا شد. قطر سوراخ صفحه بر مبنای 100 mm – یعنی اندازه اسمی – محاسبه شده بود، در حالی که قطر داخلی واقعی 102.26 mm بود. نسبت قطر واقعی از مقدار طراحی کوچک تر بود و همین، دبی محاسبه شده را جابه جا کرده بود.

درس. این خطا در هیچ کدام از مراحل راه اندازی دیده نمی شود، چون همه چیز «درست نصب شده» است. تنها جایی که پیدا می شود، بازبینی برگه محاسبه است – و تنها زمانی که قطر داخلی واقعی در آن ثبت شده باشد.

☐ شماره تگ صفحه با مدرک پروژه مطابقت دارد.

☐ قطر سوراخ حک شده روی زبانه با برگه محاسبه یکی است.

☐ جهت نصب صفحه با علامت روی زبانه کنترل شده است.

☐ واشرها هم قطر با لوله اند و به داخل مسیر جریان تجاوز نمی کنند.

□ Pressure Tapping Arrangement با مدرک طراحی یکی است.

□ سمت فشار بالا و پایین به صورت فیزیکی ردیابی و برچسب گذاری شده اند.

□ هر دو Root Valve نصب و قابل دسترسی اند.

□ شیب Impulse Line مطابق سرویس اجرا شده است.

□ نقاط تخلیه هوا یا مایع در جای درست پیش بینی شده اند.

□ در سرویس بخار، ظرف های میعانات هم ارتفاع نصب شده اند.

□ منیفولد نصب و توالی شیرهای آن آزموده شده است.

□ آزمون نشتی روی کل مسیر فشاری انجام شده است.

□ صفر با منیفولد در حالت هم فشار کنترل شده است.

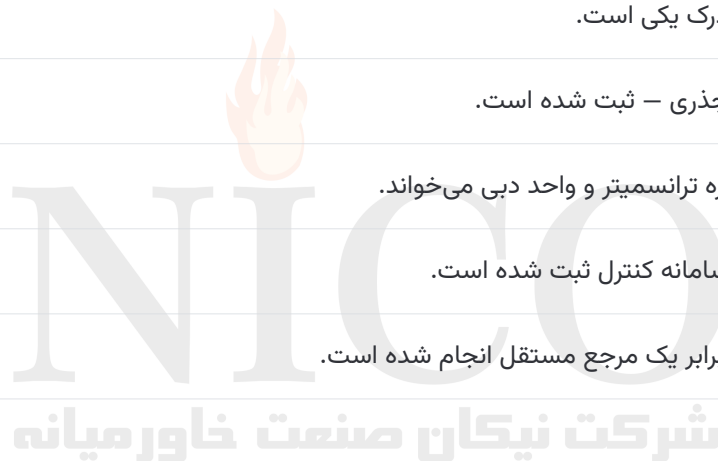
□ بازه کالیبره ترانسمیتر با مدرک یکی است.

□ حالت خروجی - خطی یا جذری - ثبت شده است.

□ مقیاس سامانه کنترل با بازه ترانسمیتر و واحد دبی می خواند.

□ مبنای چگالی در محاسبه سامانه کنترل ثبت شده است.

□ یک آزمون منطقی دبی در برابر یک مرجع مستقل انجام شده است.



21 جمع بندی

جمع بندی نکات کلیدی

- طراحی با برگه داده شروع می شود؛ برگه ناقص را پر نکنید، برگردانید.
- قطر داخلی واقعی لوله را به کار ببرید، نه اندازه اسمی را.
- اریفیس یک سامانه است؛ ضعیف ترین حلقه دقت را تعیین می کند.
- نسبت قطر یک بدهستان است میان سیگنال، افت دائمی و طول مستقیم.
- دبی کمینه، نه بیشینه، معمولاً تصمیم گیرنده انتخاب ترانس میتر است.
- عدد رینولدز را در دبی کمینه کنترل کنید، جایی که کمترین مقدار را دارد.
- هر سرویس چیدمان Impulse Line خود را دارد؛ بخار حالت سوم است.
- جذر باید دقیقاً یک بار اعمال شود و جای آن در مدرک ثبت شود.
- اختلاف فشار اندازه گیری شده و افت فشار دائمی دو کمیت متفاوت اند.
- کمبود طول مستقیم یک تصمیم است، نه یک اتفاق – و باید ثبت شود.

22 پرسش های متداول

نسبت قطر چگونه انتخاب می شود؟

از تعادل میان چهار چیز: اختلاف فشار طراحی، افت فشار دائمی مجاز، سیگنال لازم در دبی کمینه و طول مستقیم موجود. ناحیه میانی معمولاً نقطه شروع خوبی است چون عدم قطعیت ضریب تخلیه در آن کمترین مقدار را دارد، اما عدد نهایی از تکرار محاسبه با قید افت فشار و طول مستقیم بیرون می آید.

اختلاف فشار طراحی چقدر باشد؟

عددی که همزمان دو شرط را برآورده کند: افت فشار دائمی حاصل از آن درون بودجه خط بماند، و سیگنال در دبی کمینه از حد قابل اعتماد ترانس میتر بالاتر بماند. این دو شرط در جهت مخالف هم فشار می آورند و عدد نهایی جایی میان آنهاست.

چرا دبی با جذر اختلاف فشار متناسب است؟

چون اختلاف فشار از تبدیل فشار استاتیک به انرژی جنبشی می آید و انرژی جنبشی با مجذور سرعت رشد می کند. معکوس کردن این رابطه، جذر را وارد محاسبه دبی می کند. پیامد عملی آن این است که نصف کردن دبی، سیگنال را به یک چهارم می رساند.

چقدر طول مستقیم لازم است؟

بستگی به نوع اتصال بالادست و به نسبت قطر دارد، و استاندارد برای هر ترکیب دو عدد می دهد: یکی برای عدم قطعیت اضافی صفر و یکی برای عدم قطعیت اضافی نیم درصد. هیچ «قاعده کلی» بدون منبع در این حوزه قابل اعتماد نیست؛ جدول با ذکر ویرایش در راهنمای سطح ۳ آمده است.

چرا در دبی کم دقت افت می کند؟

چون سیگنال با مجذور دبی کوچک می شود ولی رانش صفر و نوفه ترانس میتر کوچک نمی شوند. در 10 % دبی، سیگنال فقط 1 % بازه است – یعنی همان خطای مطلق که در دبی کامل بی اهمیت بود، حالا صد برابر بزرگ تر به نظر می رسد.

چرا قطر داخلی واقعی لوله مهم است؟

هر سه گزینه – ترانسمیتر، سامانه کنترل و فلو کامپیوتر – مشروع‌اند. آنچه مهم است این است که فقط یکی از آن‌ها این کار را بکند و همان‌جا در مدرک ثبت شود. برای سرویس گاز با شرایط متغیر، فلو کامپیوتر مزیت جبران چگالی را هم دارد.

چرا قطر داخلی واقعی لوله مهم است؟

چون نسبت قطر مستقیماً از آن ساخته می‌شود و دبی محاسبه شده به نسبت قطر بسیار حساس است. استفاده از اندازه اسمی به جای قطر واقعی، خطایی می‌سازد که در هیچ مرحله راه‌اندازی دیده نمی‌شود و فقط با بازبینی برگه محاسبه پیدا می‌شود.

منیفولد سه شیر (3-Valve Manifold) یا پنج شیر (5-Valve Manifold)؟

منیفولد سه شیر برای جداسازی و کنترل صفر کافی است. منیفولد پنج شیر علاوه بر آن، دو شیر تخلیه یا آزمون دارد که کالیبراسیون در محل و تخلیه ایمن ساق‌ها را ممکن می‌کند. در سرویس دائمی و در جایی که کالیبراسیون دوره‌ای در محل انجام می‌شود، منیفولد پنج شیر هزینه خود را برمی‌گرداند.

افت فشار دائمی چیست و چرا با اختلاف فشار فرق دارد؟

اختلاف فشار، تفاوتی است که میان دو Pressure Tap خوانده می‌شود و سیگنال از آن می‌آید. افت فشار دائمی، بخشی از فشار است که پس از بازبایی هرگز برنمی‌گردد و پمپ باید همیشه آن را جبران کند. اولی وارد محاسبه دبی می‌شود و دومی وارد بودجه هیدرولیک و مصرف انرژی.

23 استانداردها و منابع

1. ISO 5167-1:2022 – Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular cross-section conduits running full – Part 1: General principles and requirements
اصول کلی، تعاریف، ضریب انبساط‌پذیری برای سیال تراکم‌ناپذیر و روش بیان عدم قطعیت.
2. ISO 5167-2:2022 – Part 2: Orifice plates
حدود کاربرد، سه Pressure Tapping Arrangement، رابطه ضریب تخلیه، ضریب انبساط‌پذیری، افت فشار دائمی و جدول طول مستقیم.
3. ASME B36.10M – Welded and Seamless Wrought Steel Pipe
مرجع قطر داخلی واقعی لوله بر حسب اندازه اسمی و رده.

در این سند هیچ عدد الزامی استاندارد جز موارد صریحاً برچسب‌خورده NORMATIVE نقل نشده است. فاصله دقیق Pressure Tapping Hole، جدول کامل طول مستقیم، فرم کامل رابطه ضریب تخلیه و رابطه ضریب انبساط‌پذیری، در NICO-EDU-FLW-L3-007-FA همراه با وضعیت راستی‌آزمایی هر قلم ارائه شده‌اند.

منابع مرتبط NICO

همین خوشه

- اریفیس پلیت چگونه دبی را اندازه می‌گیرد؟ – NICO-EDU-FLW-L1-005-FA
- طراحی، محاسبه و اعتبارسنجی سامانه اریفیس – NICO-EDU-FLW-L3-007-FA

مرتبط از دسته دبی و سیگنال

- انتخاب شناور و محدوده اندازه‌گیری روتامتر – NICO-EDU-FLW-L2-003-FA
- عیب‌یابی حلقه 4–20 mA – NICO-EDU-SIG-L2-002-FA

تجهیزات مرتبط NICO

- فلنج و صفحه اریفیس سری OFE16

- ترانسمیتر اختلاف فشار سری DPT11
- منیفولد پنج‌شیره (5-Valve Manifold) سری ACC55
- Root Valve سری ACC56

این راهنما یک روش انتخاب عمومی است و هیچ مشخصه محصولی در آن ادعا نشده است. بازه، دقت، فشار اسمی، مواد و گواهی هر مدل باید پیش از سفارش با برگه فنی رسمی همان محصول کنترل شود.

