

ابزار تامین ارشیا
تامین تجهیزات ابزار دقیق

قبل از باز کردن تجهیز و تعویض آن،
سیستم را بازجویی کنید!



چک لیست غیب یابی

تجهیزات ابزار دقیق

راهنمای سریع و کاربردی برای تشخیص علل خرابی،
رفع مشکلات و افزایش عمر تجهیزات



عیب بابی

علائم و نشانه‌ها
را سریع شناسایی کنید



راهکارهای عملی

گام به گام و کاربردی
برای رفع مشکل



عیب بابی صحیح

تصمیم درست،
تجهیز مطمئن و پایدار



فشار



دما



دبی



سطح



صفحه

۳

۵

۸

۱۰

۱۳

۱۶

۱۸

۲۱

۲۳

۲۶

۳۲

۴۰

عنوان

فصل صفر – الفبای عیب‌یابی (Diagnostics DNA)

فصل ۱: تجهیزات اندازه‌گیری فشار

گیج‌های فشار مکانیکی (Bourdon Tube Gauges)

ترانسمیترهای فشار (Pressure Transmitters)

سوئیچ‌های فشار (Pressure Switches)

فصل ۲: تجهیزات اندازه‌گیری دما

گیج‌های دما و ترموکوپل‌ها

سنسورهای مقاومتی RTD

ترانسمیترهای دما

فصل ۳: تجهیزات اندازه‌گیری دبی (Flow Measurement)

فلومترهای الکترومغناطیسی

فلومترهای ورتکس و کوریولیس

فلومترهای تراسونیک، اختلاف فشاری و روتامترها

فصل ۴: تجهیزات اندازه‌گیری سطح (Level Measurement)

سطح‌سنج‌ها (راداری، اولتراسونیک، هیدرواستاتیک، مغناطیسی)

سوئیچ‌های سطح



« قبل از باز کردن تجهیز و تعویض آن، سیستم را بازجویی کنید! »

آیا می‌دانستید طبق آمارهای صنعتی، بیش از 30% تجهیزات ابزار دقیقی که به عنوان «خراب» از خط تولید خارج می‌شوند، کاملاً سالم هستند؟

ScienceDirect

در یک سیستم کنترل صنعتی، خرابی معمولاً در یکی از این سه ضلع مثلث رخ می‌دهد:

تغذیه و لوپ (Loop & Power)
قطعی کابل، افت ولتاژ در
مسیرهای طولانی، اتصالات سست



پروسه (Process)
شرایط واقعی سیال (گرفتگی لوله‌ها،
افت فشار پمپ، نوسان دما)



عوامل محیطی (Environment)
نویزهای الکترومغناطیسی
(اینورترها)، رطوبت و خطاهای
گراندینگ.



جدول عیب‌یابی سریع
صفحه بعد



راهکار عملی (Action Plan)	محتمل‌ترین علت‌ها (Causes)	نشانه در نمایشگر یا اتاق کنترل (Symptom)
۱. ولتاژ را روی ترمینال خود تجهیز اندازه بگیرید ۲. پیوستگی کابل را تا تابلو چک کنید	۱. قطعی کابل تغذیه یا سوختن فیوز مارشالینگ ۲. افت ولتاژ شدید در طول مسیر ۳. سوختن برد تغذیه تجهیز	خروجی کاملاً قطع است (0mA یا نمایشگر خاموش)
۱. با دستگاه HART Communicator کدهای خطای داخلی را بخوانید ۲. گیج‌های محلی را چک کنید تا از نرمال بودن شرایط پروسه مطمئن شوید ۳. لاین‌های ایمپالس را درین (Drain) و تمیز کنید	۱. فعال شدن حالت Fail-safe به دلیل خرابی سنسور ۲. خارج شدن متغیر از رنج اندازه‌گیری (Over-range) ۳. گرفتگی کامل پورت‌های اتصال به پروسه	خروجی روی یک عدد ثابت قفل شده (معمولاً 4mA، 20mA یا بیشتر از 21mA)
۱. مطمئن شوید شیلد کابل فقط از یک سمت (سمت تابلو) به ارت متصل است ۲. داخل کلگی سنسور را باز کنید؛ اگر سولفاته یا خیس است، با اسپری خشک تمیز کنید و گلندها را سفت کنید	۱. تداخل الکترومغناطیسی (نویز کابل‌های قدرت یا VFD) ۲. حلقه جریان مخرب (Ground Loop) ۳. نفوذ آب/رطوبت به داخل کلگی (Housing)	خروجی نوسان شدید و پرش دارد (Erratic/Jumping)
۱. در شرایط کاملاً بدون فشار/فلو/سطح، از طریق منو یا HART، دستور Zero Trim را اجرا کنید (کالیبراسیون کامل نیاز نیست، فقط اصلاح صفر)	۱. تغییرات دمای محیط روی تجهیز اثر گذاشته است ۲. نیاز به کالیبراسیون نقطه صفر (Zero Trim) ۳. باقی ماندن سیال/رسوب روی سنسور	وجود خطای ثابت یا دریفت (Offset/Drift) - مثلاً مخزن خالی است اما ۵٪ سطح نشان می‌دهد-
۱. مقدار پارامتر Damping را در تنظیمات کاهش دهید ۲. لاین‌ها را فلاشینگ کنید. برای سیالات غلیظ حتماً از مدل‌های Flush Diaphragm استفاده کنید.	۱. بالا بودن پارامتر Damping (میرایی) در تنظیمات ۲. سیال بسیار ویسکوز است یا مجرا نیمه‌گرفته است ۳. در سنسورهای دما: نبود خمیر سیلیکون در ترموول	واکنش تجهیز به تغییرات پروسه بسیار کند است (Sluggish)



قانون طلایی انتخاب : برای عمر طولانی تجهیز، رنج گیج را طوری انتخاب کنید که فشار نامی خط در یک سوم میانی صفحه (بین ۲۵ تا ۷۵ درصد رنج کل) قرار بگیرد. کارکرد مداوم در انتهای رنج، باعث خستگی زودرس لوله بوردون می‌شود.

آب‌بندی:

برای رزوه‌های NPT از نوار تفلون و برای رزوه‌های G حتماً از واشر تخت استفاده کنید. سفت کردن بیش از حد رزوه، باعث ترک خوردن پایه می‌شود.



زاویه نصب:

گیج باید کاملاً عمود نصب شود. انحراف بیش از ۵ درجه، دقت عقربه را مختل می‌کند.

هشدارهای قرمز (Red Flags):

خطر انفجار Oxygen Service : اگر روی صفحه گیج علامت "Oil-Free" یا "Oxygen" را نمی‌بینید، هرگز آن را روی خط اکسیژن نبندید. تماس اکسیژن با کوچکترین ذره چربی داخل گیج

یعنی انفجار فوری.

محافظت پشت Blow-out Disk : همیشه چک کنید درپوش لاستیکی پشت گیج آزاد باشد. این درپوش «سوپاپ اطمینان» اپراتور است؛ اگر لوله داخلی بترکد، فشار باید از پشت تخلیه

شود تا شیشه به سمت صورت شما پرتاب نشود.

دمای سیال: اگر لوله ورودی به گیج آنقدر داغ است که نمی‌توانید به آن دست بزنید، یعنی دمای سیال بالای ۶۰ درجه است. نصب مستقیم در این حالت ممنوع است.



جدول عیب‌یابی (Troubleshooting Table)

راهکار عملی (Action Plan)	محتمل‌ترین علت‌ها (Causes)	نشانه در نمایشگر یا اتاق کنترل (Symptom)
۱. استفاده از گیج‌های روغنی (گلیسرین/سیلیکون) ۲. نصب Snubber یا شیر سوزنی در ورودی گیج	ضربات ضربانی (Pulsation) ناشی از پمپ‌های جابجایی مثبت یا تلاطم شدید سیال	لرزش شدید و سریع عقربه
۱. کالیبراسیون مجدد (اگر انحراف کم است) ۲. جایگزینی با رنج بالاتر (نقطه کاری باید در ۳۰% تا ۶۰% رنج کل باشد)	۱. اعمال فشار بیش از حد (Overpressure) و تغییر فرم الاستیک لوله ورودی ۲. خستگی متریال به دلیل کارکرد طولانی.	عقربه به نقطه صفر برنمی‌گردد
۱. تمیز کردن مجرای ورودی با سوزن یا حلال ۲. استفاده از Diaphragm Seal برای سیالات رسوب‌گذار و غلیظ.	۱. گرفتگی مجرای ورودی (Orifice) توسط رسوبات یا یخ‌زدگی ۲. شکستن مکانیزم داخلی (Movement) به دلیل ضربه فیزیکی.	ثابت ماندن عقربه (حتی با تغییر فشار)



ادامه جدول عیب‌یابی (Troubleshooting Table)

راهکار عملی (Action Plan)	محتمل‌ترین علت‌ها (Causes)	نشانه در نمایشگر یا اتاق کنترل (Symptom)
استفاده از Siphon یا کپیلاری برای دور کردن گیج از حرارت مستقیم سیال	دمای بیش از حد سیال که باعث تغییر شیمیایی روغن (گلیسیرین) شده است	تغییر رنگ یا کدر شدن روغن داخلی
۱. تعویض واشر (Gasket) پشت پیچ تخلیه ۲. اطمینان از وجود Blow-out Disk سالم در پشت گیج برای تخلیه ایمن فشار	خرابی واشر آب‌بندی یا شکستن شیشه به دلیل ضربه یا فشار داخلی بیش از حد	نشتی روغن از بدنه گیج
استفاده از گیج‌های دارای مکانیزم Liquid-Filled یا نصب گیج روی براکت جداگانه و اتصال با شلنگ انعطاف‌پذیر	سایش دنده‌های مکانیزم داخلی (Movement) به دلیل لرزش‌های مداوم محیطی	عقربه به صورت پله‌پله حرکت می‌کند



پروتکل HART دستگاه دروغ‌سنج تجهیز

ترانسمیتر هوشمند، یک قطعه‌ی بی‌زبان نیست. اگر خروجی روی یک عدد ثابت قفل شده است، بلافاصله دستگاه HART Communicator را به آن وصل کنید تا کدهای خطا را بخوانید.

منیفولدها (Manifolds) متهم ردیف اول!

در ترانسمیترهای اختلاف فشار (DP)، در بسیاری از مواقع که سیستم کنترل دیتای غلط دریافت می‌کند، خود ترانسمیتر کاملاً سالم است! مشکل از نشتی داخلی شیرها یا وضعیت غلط باز و بست منیفولد است.

تعویض کورکورانه ممنوع!

اگر دستگاه خطای Sensor Failure داد، دیافراگم آسیب فیزیکی دیده و تجهیز باید تعویض شود. اما اگر خطای Electronics Failure دریافت کردید، در بسیاری از مواقع صرفاً با تعویض برد اصلی یا رفع رطوبت داخل کلاگی (با هزینه‌ای بسیار کمتر) مشکل حل می‌شود.

قانون اکوالایز کردن

برای صفر کردن (Zeroing) ترانسمیتر در سایت، هرگز شیر اکوالایزر (شیر میانی) را در حالی که هر دو شیر لاین پروسه باز هستند، باز نکنید. این کار باعث اعمال فشار یک‌طرفه و پارگی قطعی دیافراگم می‌شود. همیشه اول ترانسمیتر را از پروسه ایزوله کنید (بستن شیرهای کناری) و سپس اکوالایزر را باز کنید.

هشدارهای قرمز (Red Flags)

شوک بخار (Steam Shock): هرگز بخار زنده را مستقیماً به دیافراگم ترانسمیتر ندهید. در خطوط بخار، استفاده از لوله سیفون (Pigtail) الزامی است؛ اما نکته حیاتی این است که سیفون باید پیش از باز کردن شیر اصلی، به صورت دستی با آب سرد پر شود تا بخار به دیافراگم نرسد.



قاتل خاموش (رطوبت کابل): شایع‌ترین علت سوختن برد ترانسمیترها در صنایع غذایی و دارویی (به دلیل شستشوی مداوم/CIP)، نفوذ آب از طریق گلند کابل است. همیشه کابل را به صورت **U-Shape (Drip Loop)** نصب کنید تا قطرات آب روی زمین بچکد و وارد ترمینال نشوند.



جدول عیب‌یابی (Troubleshooting Table)

راهکار عملی (Action Plan)	محتمل‌ترین علت‌ها (Causes)	نشانه در نمایشگر یا اتاق کنترل (Symptom)
در صورت امکان، لاین‌ها را جابجا کنید؛ یا در تنظیمات HART، متغیر فشار را معکوس (Reverse) کنید.	جابجا بستن لاین‌های فشار بالا (HP) و فشار پایین (LP) یا نصب برعکس فلنج‌ها.	نمایش عدد منفی در ترانسمیتر (اختلاف فشار (DP))
نصب سایبان الزامی است. طول کپیلاری‌ها در هر دو سمت باید دقیقاً مساوی باشد.	انبساط حرارتی روغن درون کپیلاری‌ها (در مدل‌های Diaphragm Seal) اثر تابش مستقیم آفتاب.	دریفت سیگنال فقط در طول روز (تغییر با آفتاب)
وضعیت مکانیکی ۳ شیر منی‌فولد را چک کنید. در حالت کارکرد، اکوالایزر باید کاملاً بسته و شیرهای کناری باز باشند.	۱. شیر ایزوله (بلاک) بسته مانده است ۲. شیر اکوالایزر (در منی‌فولد) باز مانده است.	عدد در DCS ثابت مانده، اما HART خطایی نشان نمی‌دهد
۱. پایه مرطوب را مجدداً با سیال پر کنید ۲. نصب Condensate Pot (ظرف کندانس) را برای لاین گاز بررسی کنید.	در ترانسمیترهای DP، مایع درون پایه مرطوب (Wet Leg) تبخیر شده، یا پایه خشک Dry (Leg) پر از قطرات کندانس شده است.	خطای اندازه‌گیری سطح (Level) در مخازن بخاردار
یک مقاومت ۲۵۰ اهم به صورت سری در مدار (سمت تابلو یا منبع تغذیه) قرار دهید تا ارتباط برقرار شود	مقاومت حلقه (Loop Resistance) کمتر از حد مجاز برای برقراری ارتباط فرکانسی HART است.	ترانسمیتر درست کار می‌کند، اما به دستگاه HART وصل نمی‌شود



مفهوم هیستریزیس
(Deadband)
تله‌ی تکرار سوئیچ

همیشه فاصله بین نقطه‌ی وصل (Set) و قطع (Reset) را متناسب با نوسانات طبیعی فرآیند تنظیم کنید. اگر این فاصله (Deadband) خیلی کم باشد، نوسان‌های جزئی فشار باعث استهلاک سریع میکروسوئیچ و کنتاکتورها می‌شود.

محدودیت جریان
کنتاکت‌ها
(Electrical Rating)

جریان عبوری از میکروسوئیچ باید دقیقاً مطابق با دیتاشیت باشد. عبور جریان بیش از حد باعث «خال زدن» یا جوش خوردن پلاتین‌ها به هم می‌شود که در این صورت سوئیچ حتی با افت فشار هم عمل نخواهد کرد.

اثر لرزش محیطی
(Vibration Impact)

سوئیچ‌های فشار مکانیکی (مدل‌های پیستونی یا بوردون تیوب) به لرزش‌های شدید حساس هستند. اگر سوئیچ را مستقیماً روی بدنه پمپ یا کمپرسور نصب کرده‌اید و با عملکردهای کاذب روبرو هستید، باید تجهیز را با استفاده از لوله‌ی منعطف (Flexible) به روی دیوار یا براکت جداگانه منتقل کنید.



جدول عیب‌یابی (Troubleshooting Table)

راهکار عملی (Action Plan)	محتمل‌ترین علت‌ها (Causes)	نشانه در نمایشگر یا اتاق کنترل (Symptom)
۱. بازرسی نشتی داخلی ۲. سرویس دوره‌ای و روان‌کاری بخش‌های مکانیکی (در صورت امکان طبق راهنمای سازنده)	۱. نفوذ سیال به داخل محفظه میکروسوئیچ (پارگی دیافراگم) ۲. خشک شدن و سفت شدن اورینگ‌ها در مدل‌های پیستونی	سوئیچ در نقطه تنظیم شده عمل نمی‌کند
۱. تست پیوستگی (Continuity) با مولتی‌متر در حالت عمل کرده ۲. تمیز کردن کنتاکت‌ها با اسپری خشک یا تعویض میکروسوئیچ	۱. اکسید شدن یا «خال زدن» کنتاکت‌های میکروسوئیچ ۲. شل بودن اتصالات در ترمینال باکس	سوئیچ عمل می‌کند اما فرمان به تابلو نمی‌رسد
۱. کالیبراسیون مجدد و سفت کردن پیچ قفل‌کننده (Locking Screw) ۲. در صورت تکرار در فواصل کوتاه، فنر یا کل تجهیز باید تعویض شود	۱. شل شدن پیچ تنظیم بر اثر لرزش ۲. خستگی فنر داخلی (در سوئیچ‌های قدیمی)	تغییر خودبه‌خودی نقطه تنظیم (Setpoint Drift)



ادامه جدول عیب‌یابی (Troubleshooting Table)

راهکار عملی (Action Plan)	محتمل‌ترین علت‌ها (Causes)	نشانه در نمایشگر یا اتاق کنترل (Symptom)
۱. افزایش فاصله بین نقطه Cut-in و Cut-out ۲. استفاده از یک اریفیس یا شیر سوزنی کوچک در ورودی جهت میرا کردن نوسانات	۱. تنظیم نبودن فاصله Deadband ۲. تلاطم شدید سیال در محل پورت ورودی	تکرار قطع و وصل سریع (Chattering)
خطر نفوذ سیال به بخش الکتریکی؛ تجهیز باید بلافاصله از خط خارج و تعویض شود	شکستگی یا سوراخ شدن المان اندازه‌گیری (بوردون یا دیافراگم)	نشتی سیال از کلگی (Housing) سوئیچ
پورت ورودی را تمیز کنید. در سیالات غلیظ از مدل‌های دیافراگمی (Diaphragm Seal) استفاده کنید	گرفتگی ورودی سوئیچ توسط رسوبات یا ویسکوزیته بالای سیال	تاخیر زیاد در عملکرد سوئیچ



یکی از شایع‌ترین دلایل خطای اندازه‌گیری در ترموکوپل‌ها، استفاده از کابل‌های مسی معمولی برای افزایش طول مسیر است.
اتصال هر فلز غیرهم‌جنس (مثل مس)، یک «نقطه جوش ثانویه» می‌سازد که دیتای اصلی را کاملاً منحرف می‌کند. همیشه باید از کابل جبران‌ساز **Compensation Cable** دقیقاً هم‌نوع با خود ترموکوپل (مثلاً کابل نوع K برای سنسور نوع K) استفاده کنید.

کابل‌های ارتباطی (ترموکوپل‌ها)



گیج بیمتال یا ترموکوپلی که به درستی در سیال قرار نگرفته باشد، ترکیبی از دمای سیال و دمای هوای محیط را نشان می‌دهد.
قانون نصب: غلاف سنسور (Stem) باید حداقل به اندازه یک سوم تا نیمی از قطر لوله در سیال غوطه‌ور باشد. برای لوله‌های سایز کوچک، سنسور را در زانویی‌ها (Elbows) و در خلاف جهت جریان نصب کنید تا سطح تماس به حداکثر برسد.

عمق غوطه‌وری (ImmersionLength)



در سایت‌های صنعتی، بسیار پیش می‌آید که دو اپراتور از یک گیج، دو عدد متفاوت را گزارش می‌دهند. این خطای زاویه دید (Parallax) است.
اقدام پیشگیرانه: گیج‌های دما باید دقیقاً هم‌سطح چشم (Eye-level) نصب شوند. در صورت نصب در ارتفاع، حتماً از گیج‌های با صفحه قابل تنظیم (Every-Angle) استفاده کنید.

خطای پارالکس و خوانش (گیج‌های مکانیکی)



جدول عیب‌یابی (Troubleshooting Table)

راهکار عملی (Action Plan)	محتمل‌ترین علت‌ها (Causes)	نشانه در نمایشگر یا اتاق کنترل (Symptom)
۱. کابل مسیر را چک کنید (رنگ‌بندی کابل باید با استاندارد سنسور هم‌خوان باشد) ۲. پارامتر Cold Junction Compensation را در سیستم کنترل بررسی کنید	۱. استفاده از کابل معمولی به جای کابل جبران‌ساز ۲. تنظیم اشتباه نوع سنسور در PLC/DCS	(ترموکوپل) دمای نمایشگر با واقعیت، اختلاف ثابت (Offset) دارد
وایرینگ را اصلاح کنید. (هشدار: در استاندارد ANSI، سیم قرمز رنگ همیشه منفی است!)	پلاریته معکوس (جابجا بستن قطب مثبت و منفی در ترمینال)	(ترموکوپل) با افزایش حرارت، عدد نمایشگر پایین می‌آید!
اتصال را با مولتی‌متر تست کنید (باید مقاومت نزدیک به صفر باشد). در صورت قطعی، سنسور باید تعویض شود	قطعی مدار (Open Circuit)؛ سیم‌های داخل غلاف یا نقطه جوش سنسور بر اثر لرزش یا حرارت قطع شده‌اند.	(ترموکوپل) پرش ناگهانی دما به حداکثر (Over-range)



ادامه جدول عیب‌یابی (Troubleshooting Table)

راهکار عملی (Action Plan)	محتمل‌ترین علت‌ها (Causes)	نشانه در نمایشگر یا اتاق کنترل (Symptom)
سنسور را خارج کرده و داخل ترموول را با خمیر انتقال حرارت (Silicone Paste) پر کنید. هوا عایق حرارت است	۱. وجود گپ هوایی بین غلاف سنسور و دیواره داخلی ترموول ۲. رسوب شدید روی سطح خارجی غلاف	(گیج مکانیکی) کندی شدید در نمایش تغییرات دما (Lag)
گیج کالیبره نیست. در صورت انحراف شدید، تجهیز معیوب است و باید با رنج دمایی بالاتری جایگزین شود	دفرمه شدن فنر بیمتال (Bimetal) بر اثر عبور از دمای مجاز (Over-heating) یا ضربه فیزیکی	(گیج مکانیکی) عقربه در یک نقطه گیر کرده است



اتصال ۲ سیمه (Lead Wire Resistance)

در فواصل طولانی، مقاومت کابل رابط با مقاومت سنسور جمع شده و باعث نمایش دمایی بالاتر از واقعیت می‌شود.
نکته کاربردی: برای دقت‌های صنعتی، هرگز از اتصال ۲ سیمه استفاده نکنید. استفاده از سنسورهای ۳ سیمه یا ۴ سیمه برای حذف اثر مقاومت کابل در سیستم کنترل الزامی است.

نفوذ رطوبت به کلگی (Connection Head)

در صنایع غذایی به دلیل شستشوی مداوم (CIP)، نفوذ بخار یا آب به داخل ترمینال‌ها شایع است. رطوبت باعث ایجاد یک مسیر موازی الکتریکی شده و عدد دما را به شدت کاهش می‌دهد.
اقدام پیشگیرانه: از گلندهای با درجه حفاظت مناسب (حداقل IP67) استفاده کنید و واشر درب کلگی را در هر بار بازرسی دوره‌ای از نظر سلامت چک کنید.

لرزش و قطع و وصل‌های لحظه‌ای

المان‌های RTD (مخصوصاً مدل‌های سرامیکی) در برابر لرزش‌های شدید پمپ‌ها و مخازن همزن‌دار آسیب‌پذیر هستند.
نکته مهندسی: اگر در محل نصب لرزش بالایی دارید، از سنسورهای با تکنولوژی Thin-film استفاده کنید که مقاومت مکانیکی بسیار بالاتری نسبت به مدل‌های Wire-wound دارند.



جدول عیب‌یابی (Troubleshooting Table)

راهکار عملی (Action Plan)	محتمل‌ترین علت‌ها (Causes)	نشانه در نمایشگر یا اتاق کنترل (Symptom)
۱. جایگزینی با سنسور ۳ سیمه ۲. تعریف مقدار Offset در کنترلر جهت جبران مقاومت سیم	خطا ناشی از مقاومت کابل رابط در اتصال ۲ سیمه	دما همیشه چند درجه بالاتر از واقعیت است
چک کردن پیوستگی سیم‌ها با اهم‌متر؛ مقاومت PT100 در دمای محیط باید حدود ۱۱۰ اهم باشد	قطعی یکی از سیم‌ها یا شکستن المان سنسور (Open Circuit)	پرش ناگهانی عدد دما به مقدار حداکثر High Scale -
۱. آچارکشی ترمینال‌ها ۲. استفاده از کابل شیلددار و اتصال صحیح شیلد به ارت در سمت تابلو	۱. شل بودن پیچ‌های ترمینال در کلگی ۲. تداخل الکترومغناطیسی کابل‌های برق	نوسان شدید و غیرمنطقی در اعداد نمایش داده شده
خشک کردن ترمینال‌ها با هوای گرم و تعویض واشرها و گلند ورودی کابل	نفوذ رطوبت به داخل کلگی و ایجاد اتصال کوتاه نسبی	نمایش عددی بسیار پایین‌تر از دمای واقعی
خارج کردن سنسور و تمیز کردن فیزیکی غلاف جهت بهبود نرخ انتقال حرارت	ایجاد لایه‌ی رسوب یا کلسیم روی سطح غلاف سنسور	دمای نمایشگر با تغییرات واقعی سیال هماهنگ نیست



هشدار فنی: اگر دمای سیال بالای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد است و گردن غلاف سنسور کوتاه انتخاب شده، برد الکترونیکی ترانس‌میت‌ر دچار «دریفت حرارتی» می‌شود. در این شرایط، ترانس‌میت‌ر سالم است اما عددی که به PLC می‌فرستد، به دلیل گرم شدن اجزای داخلی بورد، اشتباه است.

• در دماهای بالا، استفاده از غلاف با گردن بلند (Extension Neck) یا انتقال ترانس‌میت‌ر به جعبه مجزا (Field-mount) ریسک خرابی بورد را کاهش می‌دهد.

چالش «طول گردن» و
دمای محیط
(Thermal Dissipation)

ریسک عملیاتی: اگر موتورهای یا اینورترهای بزرگ در نزدیکی سنسور باشند، ولتاژهای ناخواسته روی سیگنال ۲۰-۴ میلی‌آمپر سوار شده و باعث نوسان در نمایشگر اتاق کنترل می‌شوند. همیشه بر استفاده از ترانس‌میت‌های **Galvanically Isolated** تأکید کنید تا از پایداری حلقه کنترل مطمئن شوید.

ایزولاسیون گالوانیک

ترانس‌میت‌ر را باید به گونه‌ای تنظیم کرد (از طریق HART) که در صورت سوختن سنسور، سیگنال را به بالای ۲۱ میلی‌آمپر (Upscale) یا زیر ۳/۶ میلی‌آمپر (Downscale) ببرد. تنظیم غلط این پارامتر می‌تواند باعث شود سیستم کنترل فکر کند دما نرمال است و فرمان اشتباه به مشعل یا پمپ صادر کند.

منطق وضعیت بحرانی
(Sensor Burnout Logic)



جدول عیب‌یابی (Troubleshooting Table)

راهکار عملی (Action Plan)	محتمل‌ترین علت‌ها (Causes)	نشانه در نمایشگر یا اتاق کنترل (Symptom)
ابتدا سلامت سنسور را از ترمینال ترانسمیتر چک کنید؛ اگر سنسور سالم است، تنظیمات کالیبراسیون بورد را بازنگری کنید.	فعال شدن وضعیت Burnout به دلیل خرابی سنسور یا قطع وایرینگ داخلی	خروجی روی ۳/۸ یا ۲۰/۵ میلی‌آمپر ثابت مانده
استفاده از غلاف با طول گردن بیشتر یا نصب سایبان (Sunshade) در صورتی که تجهیز در معرض آفتاب است.	گرم شدن بیش از حد بورد الکترونیکی به دلیل نزدیکی به بدنه داغ تجهیز	دریافت عدد دما در طول ساعات کارکرد
یک مقاومت ۲۵۰ اهم به صورت سری در مدار قرار دهید. وجود نویز شدید در منبع تغذیه ۲۴ ولت را نیز بررسی کنید.	مقاومت حلقه (Loop Resistance) کمتر از ۲۵۰ اهم است	عدم برقراری ارتباط با مودم HART



ادامه جدول عیب‌یابی (Troubleshooting Table)

راهکار عملی (Action Plan)	محتمل‌ترین علت‌ها (Causes)	نشانه در نمایشگر یا اتاق کنترل (Symptom)
شیلد کابل را فقط از یک سمت (سمت تابلو) به زمین متصل کنید. در صورت تکرار، از ترانس‌میت‌های ایزوله استفاده کنید.	عدم اتصال شیلد کابل یا خرابی ایزولاسیون داخلی ترانس‌میت‌ها	نوسان لحظه‌ای و پرش‌های کوچک در عدد دما
از طریق نرم‌افزار پیکربندی، مطابقت سنسور متصل شده با تنظیمات داخلی ترانس‌میت‌ها را تایید کنید.	انتخاب اشتباه منحنی استاندارد (مثلاً تنظیم روی نوع L در حالی که سنسور نوع K است)	تفاوت عدد خروجی با دمای واقعی (غیر خطی)
ولتاژ را در محل نصب تجهیز اندازه بگیرید. ممکن است نیاز به تقویت منبع تغذیه یا کاهش مقاومت مسیر باشد.	ولتاژ تغذیه در ترمینال‌های ترانس‌میت‌ها کمتر از ۱۲ ولت است (افت ولتاژ در مسیر طولانی)	خروجی ترانس‌میت‌ها روی ۴ میلی‌آمپر قفل شده است



رینگ‌های اتصال زمین

بیشترین عامل نوسان و رفتار نامشخص در فلومترهای مگنتیک، نصب آن‌ها روی لوله‌های غیرفلزی مانند پلی‌اتیلن، پی‌وی‌سی یا لوله‌های فلزی دارای پوشش عایق، بدون استفاده از رینگ ارت است. سنسور برای خواندن ولتاژ ضعیف سیال، نیاز به یک نقطه مرجع یا صفر الکتریکی پایدار دارد.

• **پروتکل نصب:** اگر لوله خط تولید از جنس پلیمر یا عایق است، نصب رینگ‌های اتصال زمین یا Grounding Rings در دو طرف فلومتر و اتصال کابل مساوی به بدنه سنسور کاملاً الزامی است. بدون این رینگ‌ها، سنسور نویزهای محیطی را به عنوان فلو پردازش می‌کند.

قانون لوله پر؛

شرط اول کالیبراسیون

اگر لوله حتی پنج درصد خالی باشد، فلومتر فرض می‌کند کل مقطع پر است و دیتایی بسیار بالاتر از واقعیت نشان می‌دهد.

فلومتر را نباید در بالاترین نقطه سیستم لوله‌کشی یا در مسیرهای عمودی رو به پایین که سیال حالت سقوط آزاد دارد نصب کرد. بهترین ساختار، نصب در پایین‌ترین نقطه یو شکل (U-Shape) یا در مسیرهای عمودی رو به بالا است تا پر بودن دائمی لوله گارانتی شود.

فواصل مستقیم و تقارن جریان

نصب فلومتر بلافاصله بعد از زانویی، شیرهای کنترل یا پمپ‌ها، خطای شدید ایجاد می‌کند چون پروفیل جریان سیال را آشفته می‌سازد.

• **قانون فواصل:** رعایت فاصله مستقیم حداقل به اندازه پنج برابر قطر لوله در بالادست (قبل از فلومتر) و دو برابر قطر لوله در پایین‌دست (بعد از فلومتر) الزامی است.



جدول عیب‌یابی (Troubleshooting Table)

راهکار عملی (Action Plan)	محتمل‌ترین علت‌ها (Causes)	نشانه در نمایشگر یا اتاق کنترل (Symptom)
۱. وضعیت فیزیکی خط و پر بودن لوله را چک کنید ۲. مقاومت سیستم زمین را کالیبره کنید؛ این عدد باید زیر ۱۰ اهم باشد	۱. پر نبودن کامل مقطع لوله ۲. عدم نصب یا خرابی رینگ‌های ارت در لوله‌های پلیمری	نوسان شدید و غیرمنطقی در عدد فلو
۱. سنسور را باز کرده و الکترودها را با حلال مناسب تمیز کنید ۲. با مولتی‌متر مقاومت کویل‌ها را چک کنید تا از عدم قطعی مطمئن شوید	۱. رسوب‌گرفتگی شدید الکترودها با مواد عایق مانند چربی یا آهک ۲. قطع شدن کابل‌های کویل تحریک	نمایش فلو صفر در زمان روشن بودن پمپ
نیازی به تغییر مکانیکی پایپینگ نیست؛ در منوی تنظیمات نمایشگر، پارامتر Flow Direction را معکوس کنید	جهت فلش روی بدنه سنسور با جهت واقعی حرکت سیال در لوله هم‌خوانی ندارد	نمایش عدد فلو به صورت منفی
فلومترهای مگنتیک برای سیالات با رسانایی زیر ۵ میکروزیمنس کار نمی‌کنند؛ در این خطوط باید تکنولوژی را تغییر داد	سیال درون لوله رسانایی الکتریکی لازم را ندارد مانند آب مقطر یا روغن	فعال شدن مداوم خطای لوله خالی - Empty Pipe
زمان پاسخ‌دهی یا Damping را در نمایشگر کاهش دهید و فرکانس خروجی را با کارت دیجیتال PLC تطبیق دهید	عدم کالیبراسیون فرکانس خروجی با سرعت پردازش سیستم کنترل	خطای محاسباتی تجمعی در فرآیندهای پرکن یا بچینگ



ریسک سایت: اگر لوله خط تولید لرزش داشته باشد، سنسور این لرزش فیزیکی را به عنوان فلو پردازش می‌کند؛ در نتیجه پمپ یا کمپرسور خاموش است اما فلومتر عدد نشان می‌دهد!

- **پروتکل اصلاحی:** در صورت وجود لرزش، از تکیه‌گاه‌های صلب یا ساپورت‌های ضد لرزش در دو طرف فلومتر استفاده کنید. همچنین تنظیم پارامتر Low Flow Cut-off در نمایشگر تجهیز برای فیلتر کردن این سیگنال‌های کاذب الزامی است.

چالش لرزش خط لوله؛ پاشنه آشیل فلومترهای ورتکس



ورتكس برای محاسبه دقیق به پروفیل جریان کاملاً توسعه‌یافته نیاز دارد.

- **قانون لوله صاف:** بر خلاف مدل‌های مگنتیک، ورتکس به فواصل مستقیم بسیار بیشتری نیاز دارد. بر اساس نوع اتصالات بالادست، حداقل ده الی بیست برابر قطر لوله در قبل از سنسور و پنج برابر قطر لوله در بعد از سنسور، لوله باید کاملاً مستقیم و بدون هیچ‌گونه زانو، شیر یا تبدیل باشد.

اهمیت فواصل مستقیم لوله در فلومترهای ورتکس

بدنه فلومتر کوریولیس نباید به عنوان تکیه‌گاه یا تحمل‌کننده وزن لوله‌ها استفاده شود.

- **پروتکل نصب:** هرگونه عدم هم‌راستایی (Misalignment) در پایپینگ یا اعمال گشتاور پیچشی هنگام سفت کردن فلنچ‌ها، به لوله‌های اندازه‌گیری داخلی استرس وارد کرده و باعث خطای دریافت شدید نقطه صفر می‌شود. سنسور باید کاملاً آزاد و بدون تنش‌های مکانیکی نصب شود.

استرس مکانیکی لوله‌کشی روی سنسور کوریولیس



فلومتر کوریولیس دقیق‌ترین و گران‌ترین سنسور فلو در صنعت است، اما وجود حباب هوا در مایعات یا قطرات مایع در گازها، منطق پردازشی آن را مختل می‌کند.

- **هشدار فنی:** ورود حباب هوا به داخل لوله‌های ارتعاشی کوریولیس، پدیده‌ای به نام Sloshing Effect ایجاد می‌کند که باعث افت شدید دامنه نوسان لوله‌ها و قفل شدن خروجی ترانسیمتر با خطای سنسور می‌شود. برای خطوط مایع، نصب Air Eliminator در بالادست فلومتر کوریولیس یک الزام قطعی است.

سیال دو فازی در فلومترهای جرم‌سنج کوریولیس



جدول عیب‌یابی (Troubleshooting Table)

راهکار عملی (Action Plan)	محتمل‌ترین علت‌ها (Causes)	نشانه در نمایشگر یا اتاق کنترل (Symptom)
۱. نصب ساینپورت صلب روی لوله در دو طرف فلومتر ۲. بالا بردن فیلتر پارامتر Low Flow Cut-off در منو	لرزش فیزیکی لوله‌ها بر اثر کارکرد پمپ‌ها یا کمپرسورهای مجاور	(ورتنکس) نمایش فلو در زمان توقف کامل جریان خط
سنسور را با احتیاط از خط خارج کرده و بدون آسیب به المان پیزو، رسوبات را پاک کنید	تشکیل رسوب روی مانع داخلی یا سنسور پیزوالکتریک	(ورتنکس) عدد فلو کمتر از مقدار واقعی پروسه است
لوله‌ها را عایق‌کاری کنید و از عملکرد درست تله‌های بخار یا همان Steam Traps در بالادست فلومتر مطمئن شوید	پدیده ضربه قوچ و وجود کندانس شدید در خط به دلیل عایق‌کاری ناقص	(ورتنکس) پرش شدید عدد فلو در خطوط بخار
کابل سیگنال را به مسیر داکت‌های جریان ضعیف منتقل کنید و شیلد را فقط از یک سمت به ارت تابلو وصل کنید	عدم اتصال شیلد کابل به ارت یا عبور کابل سیگنال از کنار کابل کوره و اینورتر	(هر دو تجهیز - جدید) سیگنال خروجی ۲۰-۴ میلی‌آمپر نویز شدید دارد



ادامه جدول عیب‌یابی (Troubleshooting Table)

راهکار عملی (Action Plan)	محتمل‌ترین علت‌ها (Causes)	نشانه در نمایشگر یا اتاق کنترل (Symptom)
۱. هواگیری کامل لاین و ممیزی کارکرد پمپ‌ها ۲. افزایش پارامتر Damping در نمایشگر جهت فیلتر کردن نوسان	وجود سیال دو فازی یا حباب‌های هوا در خطوط انتقال مایع	(کوریولیس) نوسان شدید خروجی و پرش مداوم عدد فلو
پیچ‌های فلنج را شل کنید، هم‌راستایی لوله‌ها را تایید کرده و کالیبراسیون صفر را بدون جریان مجدداً اجرا کنید	اعمال استرس‌های مکانیکی و تنش‌های کششی از سمت فلنج‌های لوله	(کوریولیس) خطای دایمی یا Zero Calibration خطای
برای سیالات مایع، فلومتر کوریولیس باید به صورت شکم رو به پایین یا همان Flag mount نصب شود تا هوا در لوله‌ها حبس نشود	تجمع هوا در بخش بالایی لوله‌های ارتعاشی سنسور بر اثر نصب معکوس	(کوریولیس) خطای ناگهانی مورد بدون تغییر در سیال
خشک کردن محفظه با هوای گرم، تعویض واشر درب کلگی و بررسی ولتاژ تغذیه ۲۴ ولت	نفوذ رطوبت به محفظه ترمینال‌ها یا افت ولتاژ در لوپ جریان	(هر دو تجهیز) عدم نمایش فلو یا افت شدید ولتاژ سیگنال



ضخامت دیواره در منوی تنظیمات اولیه

فلومتر اولتراسونیک پرتابل از روی بدنه لوله فلو را تخمین می‌زند. اگر ضخامت دیواره لوله یا جنس آن را در منوی اولیه حتی یک میلی‌متر اشتباه وارد کنید، زاویه شکست امواج منحرف شده و کالیبراسیون دستگاه کاملاً غلط خواهد شد. پیش از نصب، حتماً با ضخامت‌سنج التراسونیک یا روش‌های دقیق دیگر، عدد واقعی لوله را بردارید.

گپ هوایی و زنگ‌زدگی لوله

امواج اولتراسونیک به شدت در برابر هوا ضعیف می‌شوند و از لایه‌های زنگ‌زده یا رنگ ضخیم عبور نمی‌کنند. محل نصب سنسورها روی لوله را باید تا رسیدن به فلز براق کاملاً سنباده بزنید و از شارژ کافی خمیر سیلیکونی مخصوص یا همان Coupling Gel مطمئن شوید.

زاویه نصب روی لوله‌های افقی

در لوله‌های افقی، سنسورهای اولتراسونیک را هرگز در بالاترین نقطه (ساعت ۱۲) یا پایین‌ترین نقطه (ساعت ۶) لوله نصب نکنید؛ زیرا در بالا تجمع حباب‌های هوا و در پایین تجمع رسوبات، سیگنال امواج را به طور کامل قطع می‌کند. بهترین موقعیت نصب، زاویه ساعت ۳ یا ساعت ۹ است.



جدول عیب‌یابی فلومترهای التراسونیک (Troubleshooting Table)

راهکار عملی (ActionPlan)	محتمل‌ترین علت‌ها (Causes)	نشانه در نمایشگر یا اتاق کنترل (Symptom)
۱. پاک کردن فیزیکی محل نصب تا رسیدن به فلز براق لوله ۲. شارژ مجدد خمیر سیلیکونی مخصوص اولتراسونیک	۱. نبود خمیر کوپلینگ بین سنسور و لوله ۲. زنگ‌زدگی شدید یا رنگ ضخیم روی سطح لوله	عدم دریافت سیگنال یا خطای Signal Error
۱. افزایش فاصله سنسورها در منو برای جبران افت سرعت امواج ۲. تغییر محل نصب به مسیر عمودی رو به بالا	۱. تشکیل لایه رسوب کلسیمی یا آهکی در دیواره داخلی لوله ۲. وجود حباب‌های ریز هوا در مایع	عدد فلو نوسان شدید دارد یا بسیار کم است
عدد دقیق فاصله سنسورها را از منوی محاسباتی کپی کرده و موقعیت فیزیکی سنسور را روی لوله با خط‌کش کالیبره کنید	تنظیم غلط فاصله بین دو سنسور (فاصله S در منوی دستگاه)	نمایش فلو صفر در حالی که پمپ روشن است
با ضخامت‌سنج التراسونیک عدد واقعی لوله را بردارید و استاندارد لوله را در منو تصحیح کنید	ثبت اشتباه قطر داخلی یا ضخامت دیواره لوله در تنظیمات اولیه	عدد فلو با دیتای واقعی پمپ هم‌خوان نیست



صفحه اریفیس و ونتوری فلو را بر اساس ریشه دوم تفاضل فشار می‌سنجند. در خطوطی که از دوزینگ‌پمپ‌ها یا پمپ‌های پیستونی استفاده می‌شود، جریان دارای ضربان شدید یا همان Pulsating Flow است. این ضربان، ترانس‌میتر تفاضلی را گیج کرده و خطای شدیدی در محاسبات حجم ایجاد می‌کند. نصب دمپر ضد نوسان در این خطوط الزامی است.

ضربان هیدرولیکی در پمپ‌های رفت و برگشتی



خطوط کپیلاری یا همان Impulse Lines که فشار را از اریفیس به ترانس‌میتر منتقل می‌کنند، مستعد حبس هوا یا ترپ شدن کندانس هستند. در خطوط گاز، ترانس‌میتر دی‌پی باید بالاتر از اریفیس باشد تا کندانس به خط برگردد. در خطوط مایع و بخار، ترانس‌میتر باید پایین‌تر از اریفیس نصب شود تا حباب هوا داخل تیوب قفل نشود.

شیب‌بندی خطوط تیوبینگ تفاضلی

دقت فلومتر اریفیس به تیز بودن لبه بالادست صفحه (Sharp Edge) وابسته است-البته فقط به این مورد محدود نیست- عبور سیالات حاوی ذرات ساپنده به مرور زمان لبه‌ها را گرد می‌کند. این گرد شدن لبه‌ها باعث کاهش افت فشار ایجاد شده و در نتیجه نمایش دبی کمتر از مقدار واقعی در اتاق کنترل می‌شود؛ بدون اینکه ترانس‌میتر هیچ خطایی نشان دهد.

لبه‌های تیز اریفیس پلیت



جدول عیب‌یابی فلومترهای اختلاف فشاری (Troubleshooting Table)

راهکار عملی (Action Plan)	محتمل‌ترین علت‌ها (Causes)	نشانه در نمایشگر یا اتاق کنترل (Symptom)
۱. خطوط تیوبینگ را با هوا یا سیال تمیز فلاشینگ کنید ۲. شیر تعادل یا همان Equalizer Valve منی‌فولد را چک کنید	۱. مسدود شدن یکی از Impulse Line ها ۲. بستن اشتباه شیرهای منی‌فولد سه راهه یا پنج راهه	خروجی ترانس‌میتور روی حداکثر مقدار قفل شده
افزایش پارامتر Damping در ترانس‌میتور یا نصب یک آکومولاتور ضد ضربان در خط لوله	جریان سیال دارای ضربان هیدرولیکی ناشی از دوزینگ‌پمپ است	سیگنال خروجی ترانس‌میتور نوسان شدید دارد
صفحه اریفیس را از خط خارج کرده و صدمات فیزیکی آن را بررسی کنید؛ در صورت سایش لبه‌ها، کالا باید تعویض شود	دفرمه شدن یا سایش لبه‌های تیز صفحه اریفیس بر اثر اصطکاک سیال	با افزایش فلو، عدد خروجی کمتر تغییر می‌کند
شیرهای منی‌فولد را ببندید، شیر تعادل را باز کنید و فرمان Zero Trim را به ترانس‌میتور صادر کنید	دریفت یا انحراف در نقطه صفر ترانس‌میتور فشار تفاضلی	عدد فلو در حالت توقف جریان صفر نمی‌شود



انحراف از خط قائم مکانیکی

روتامترها تجهیزاتی کاملاً مکانیکی و وابسته به نیروی گرانش هستند که شناور درون لوله مخروطی آن‌ها جابجا می‌شود. این تجهیز باید دقیقاً با زاویه ۹۰ درجه عمودی نصب شود (البته مدل‌های با قابلیت نصب افقی هم تولید می‌شود). حتی یک الی دو درجه انحراف فیزیکی، باعث اصطکاک شناور با دیواره، گیر کردن مکانیکی آن و خطای شدید خوانش می‌شود.

ویسکوزیته و چگالی واقعی سیال

روتامترها به شدت به چگالی و ویسکوزیته سیال حساس هستند. اگر روتامتری که برای آب کالیبره شده را روی خط روغن یا مایعات غلیظ صنایع غذایی ببرید، عدد عقربه هیچ اعتباری ندارد. شناور و رنج دبی باید دقیقاً بر اساس چگالی سیال پروسه در نقطه کاری کالیبره و خریداری شود.

ضربه قوچ در باز شدن ناگهانی شیرها

شیرهای دستی قبل از روتامتر (مخصوصاً در روتامترهای شیشه‌ای) باید به آرامی باز شوند. باز شدن ناگهانی شیر، سیال را با سرعت بالا به شناور کوبیده و پدیده ضربه قوچ ایجاد می‌کند که نتیجه آن خرد شدن استوانه شیشه‌ای یا کج شدن شفت داخلی در مدل‌های فلزی خواهد بود.



جدول عیب‌یابی فلومترهای سطح متغیر (روتامترها) - (Troubleshooting Table)

راهکار عملی (ActionPlan)	محتمل‌ترین علت‌ها (Causes)	نشانه در نمایشگر یا اتاق کنترل (Symptom)
۱. بازنگری در سایزینگ تجهیز؛ تجهیز باید با رنج بالاتر/پایین تر جایگزین شود ۲. نصب استرینر یا فیلتر در بالادست روتامتر برای به دام انداختن ذرات	۱. عبور دبی خط از سقف/کف رنج مجاز تجهیز ۲. ورود ذرات فیزیکی و پلیسه به داخل محفظه روتامتر	شناور در بالا یا پایین لوله قفل شده و حرکت نمی‌کند
تجهیز را باز کرده و استوانه مخروطی را با حلال‌های اسیدی ضعیف یا پاک‌کننده‌های صنعتی تمیز کنید	رسوب مواد شیمیایی یا جلبک در خطوط آب یوتیلیتی روی دیواره	شیشه روتامتر کدر شده و شناور دیده نمی‌شود
با شاقول یا تراز، وضعیت نصب روتامتر را دقیقاً به حالت ۹۰ درجه عمودی برگردانید	انحراف فیزیکی لوله از حالت قائم و قفل شدن مکانیکی شناور	عدد دبی با تغییر شیر خروجی تغییری نمی‌کند
المان شناور مگنتی باید تعویض شود؛ رنج دمایی سیال را با دیتاشیت کالا مطابقت دهید	ضعیف شدن آهنربای داخلی شناور به دلیل دمای بیش از حد پروسه	عقره در مدل‌های مگنتی با فلو جابجا نمی‌شود



ثابت دی‌الکتریک سیال در مخازن صنایع غذایی

در صنایع غذایی، مایعاتی مثل روغن‌های خوراکی خالص دارای ثابت دی‌الکتریک بسیار پایینی هستند. اگر رادار بدون در نظر گرفتن این فاکتور ساینزینگ شود، امواج از سیال عبور کرده و به کف مخزن برخورد می‌کنند؛ در نتیجه نمایشگر سیگنال خطا می‌دهد یا سطح را خالی فرض می‌کند. برای این سیالات باید از رادارهای با فرکانس بالاتر (حداقل ۸۰ گیگاهرتز) استفاده کرد.

سطح‌سنج‌های راداری
(Radar Level Transmitters)



مدیریت شلیپور یا آنتن در حضور بخارات داغ و CIP

تجمع قطرات آب روی مخروط آنتن، باعث مسدود شدن مسیر امواج و ایجاد امپدانس کاذب می‌شود که سنسور را در وضعیت قفل روی رنج حداکثر قرار می‌دهد. راه حل در این سناریو، الزام استفاده از آنتن‌های کپسولی از جنس PTFE کاملاً مسطح و بدون برجستگی است تا قطرات مایع روی آن سر بخورند و تجمع نیابند.

ناحیه مرده و موانع فیزیکی داخل مخزن

امواج راداری به صورت مخروطی منتشر می‌شوند. هرگونه مانع فیزیکی مثل لوله‌های CIP، همزن‌ها (Agitators) یا نردبان‌های داخلی در مسیر این مخروط، به عنوان سطح سیال پردازش می‌شود. رادار باید در فاصله‌ای نصب شود که مخروط امواج با دیواره و تجهیزات داخلی تداخل نداشته باشد؛ همچنین استفاده از قابلیت False Echo Suppression در نرم‌افزار مورد برای حذف دائمی امواج مزاحم الزامی است.



جدول عیب‌یابی سطح‌سنج‌های راداری - (Troubleshooting Table)

راهکار عملی (Action Plan)	محتمل‌ترین علت‌ها (Causes)	نشانه در نمایشگر یا اتاق کنترل (Symptom)
کلگی یا آنتن را باز کرده، سطح لنز را با دستمال نرم و حلال کالیبره تمیز کنید و واشر آب‌بندی را اکیداً بازنگری نمایید	تجمع شدید قطرات آب یا رسوب مواد چسبنده روی لنز آنتن PTFE	عدد سطح روی صد در صد قفل شده است
فرکانس رادار را چک کنید؛ در صورت پایین بودن دی‌الکتریک، باید پارامترهای حساسیت مورد یا Gain را تقویت کنید	افت شدید توان امواج بازگشتی به دلیل چگالی کم یا ثابت دی‌الکتریک پایین سیال	نمایش عبارت Lost Signal در نمایشگر هارت
زمان همزن را با مورد هماهنگ کنید یا قابلیت فیلترینگ امواج مزاحم یعنی همان False Echo را روی کامپیوتر اجرا کنید	برخورد امواج به پره‌های چرخان همزن داخل مخزن پروسه	پرش ناگهانی و غیراستایل اعداد فلو و سطح
طول نازل نصب را ممیزی کنید؛ شیپور آنتن رادار باید حداقل یک سانتی‌متر از لبه زیرین نازل ورودی مخزن پایین‌تر قرار گیرد	ترپ شدن یا حبس امواج راداری در نازل ورودی به دلیل بلند بودن بیش از حد طول نازل	نمایش مقدار ثابت برای سطح با وجود تخلیه مخزن



دمای لایه‌ای و تغییر سرعت صوت

سرعت صوت با تغییر دمای هوا به شدت تغییر می‌کند. در مخازن صنایع غذایی که سیال داغ وارد می‌شود، هوای بالای مخزن دچار لایه‌بندی حرارتی شدید می‌شود. اگر سنسور دارای سنسور جبران‌ساز دمای داخلی هوشمند نباشد، محاسبات فاصله تا ۵ درصد خطا خواهد داشت. در خطوط بخار یا مخازن با گرادیان دمایی بالا، اولتراسونیک نباید انتخاب شود.

سطح‌سنج‌های اولتراسونیک
(Ultrasonic Level Transmitters)

نابودی سیگنال صوتی توسط کف (Foam) روی سطح سیال

در مخازن تخمیر یا فرآیندهای لبنی، ایجاد کف روی سطح مایع کاملاً رایج است. کف به عنوان یک جاذب صوتی یا Acoustic Absorber عمل می‌کند و به جای بازتاب دادن موج صوتی، آن را به طور کامل مستهلک می‌کند. نتیجه این پدیده، خطای مکرر فقدان سیگنال بازگشتی است. برای مایعات کفزا، اولتراسونیک گزینه مهندسی درستی نیست و باید جایگزین شود.



محدودیت فشار مخزن و قفل شدن دیافراگم سنسور

سنسور اولتراسونیک برای ارسال موج نیاز به ارتعاش دائمی دیافراگم پیزوالکتریک خود دارد. اگر مخزن تحت فشار (حتی بالای یک بار (یا تحت وکیوم باشد، فشار هوا دیافراگم را فشرده کرده و مانع از ارتعاش آزادانه آن می‌شود. اولتراسونیک صرفاً برای مخازن اتمسفریک و باز (مثل استخرهای تصفیه خانه یا مخازن ذخیره آب انبار ارشیا (طراحی شده است.



جدول عیب‌یابی سطح‌سنج‌های التراسونیک - (Troubleshooting Table)

راهکار عملی (ActionPlan)	محتمل‌ترین علت‌ها (Causes)	نشانه در نمایشگر یا اتاق کنترل (Symptom)
تغییر تکنولوژی تجهیز به رادار یا هیدرواستاتیک؛ اولتراسونیک توانایی عبور از لایه‌های ضخیم کف را ندارد	ایجاد لایه غلیظ کف روی سطح مایع که امواج صوتی را جذب می‌کند	دستگاه خطای Echo Loss یا فقدان امواج صوتی می‌دهد
سنسور را روی یک لوله پس‌تراش یا کلاهدک بالاتر ببرید تا سقف سطح سیال هرگز وارد ناحیه کور سنسور نشود	ورود سطح سیال به محدوده کور سنسور یا همان Blocking Distance	نمایش عدد اشتباه و ثابت برای سطح مخزن
محل نصب فرستنده را به دورترین نقطه از لوله شارژ مخزن منتقل کنید تا امواج با سیال ریزشی برخورد نکنند	تداخل صدای ریزش سیال از لوله ورودی با امواج صوتی فرستنده	پرش اعداد به مقدار حداکثر با روشن شدن پمپ ورودی
پارامتر دمای هوای بالای مخزن را در منو به صورت دستی قفل کنید یا بورد جبران‌ساز دما را تعویض کنید	خرابی یا کالیبره نبودن سنسور دمای داخلی کُلگی اولتراسونیک	افت شدید دقت فرستنده در ظهر یا تغییرات فصلی



لوله‌های هیدرواستاتیک غوطه‌ور، فشار ستون مایع را نسبت به فشار اتمسفر می‌سنجند. برای این کار، یک لوله موبین تهویه داخل کابل وجود دارد که فشار هوا را به پشت دیافراگم منتقل می‌کند. اگر این لوله موبین بر اثر تاخوردگی کابل، رطوبت کِلگی یا گردوغبار مسدود شود، مرجع فشار اتمسفر قطع شده و سنسور با تغییرات آب‌وهوایی دچار خطای شدید صفر می‌شود.

لوله‌های هوای کابل
در مدل‌های غوطه‌ور
(Vent Tube)

ترانسمیترهای هیدرواستاتیک
(Hydrostatic & Submersible
Level Transmitters)



ترانسمیتر هیدرواستاتیک عملاً یک فشارسنج کالیبره‌شده است. اگر در یک مخزن، سیال فرآیندی تغییر کند (مثلاً مخزنی که یک بار حاوی آب و بار دیگر حاوی الکل یا محلول غلیظ CIP است)، فشار کف مخزن به دلیل تغییر چگالی جابجا می‌شود، در حالی که ارتفاع فیزیکی سیال یکسان است. این پدیده خطای محاسباتی تجمعی ایجاد می‌کند.

وابستگی مطلق به
چگالی سیال
(Density Variation)

سنسورهای هیدرواستاتیک دارای دیافراگم‌های فلزی بسیار نازک (معمولاً از جنس 316L) هستند. در حضور مواد رسوب‌گذار یا ذرات چسبنده موجود در پساب‌ها و مخازن دوغاب، این دیافراگم‌ها دچار جرم‌گرفتگی می‌شوند. تمیزکاری این دیافراگم‌ها با اجسام تیز مانند پیچ‌گوشتی یا فرچه سیمی، باعث سوراخ شدن یا دفرمه شدن آن شده و تجهیز را به طور کامل نابود می‌کند.

جرم‌گرفتگی و آسیب
دیافراگم‌های ظریف
فلزی



جدول عیب‌یابی سطح‌سنج‌های فشار تفاضلی و غوطه‌ور - (Troubleshooting Table)

راهکار عملی (Action Plan)	محتمل‌ترین علت‌ها (Causes)	نشانه در نمایشگر یا اتاق کنترل (Symptom)
انتهای کابل را چک کنید؛ از عدم وجود رطوبت، چربی یا تاخوردگی شدید در لوله تهویه اطمینان حاصل کنید	گرفتگی یا مسدود شدن لوله موبین تهویه داخل کابل کلاhek یا همان Vent Tube	نمایش عدد مثبت برای سطح در زمان خالی بودن مخزن
چگالی سیال را در دمای کاری به بورد PLC بدهید تا فرمول تبدیل فشار به ارتفاع به صورت دینامیک اصلاح شود	تغییر چگالی مایع بر اثر افزایش دما (انبساط حرارتی سیال)	انحراف یکنواخت عدد سطح با افزایش دمای سیال
سنسور را خارج کرده و بدون لمس دیافراگم با دست یا ابزار، آن را با جریان آب ملایم و حلال‌های ضعیف بشویید	گرفتگی مجرای سنسور یا تجمع رسوبات سفت شده روی لایه دیافراگم	عدم تغییر عدد سطح با وجود پر شدن فیزیکی مخزن
در مخازن بسته تحت فشار، باید فشار بالای مخزن لزوماً از فشار کف کسر شود؛ تجهیز را به ترانس‌میتور تفاضلی ارتقا دهید	استفاده از سنسور هیدرواستاتیک ساده به جای سنسور تفاضلی یا کلاhek دی‌پی	خطای شدید در مخازن تحت فشار



گیج‌های سطح مغناطیسی
(Magnetic Level Gauges)



پدیده فلاشینگ و
جوشش سیال در چمبر
روتامتر و گیج

اگر سیال داخل مخزن داغ و نزدیک به نقطه جوش باشد (مانند آب کندانس بویلر)، کاهش فشار جزئی در لوله بای‌پاس باعث جوشش ناگهانی یا فلاشینگ سیال درون چمبر می‌شود. تلاطم شدید ناشی از جوشش، فلوت مگنتی را به شدت بالا و پایین می‌کوبد و باعث شکستن المان مگنتی یا پرش فلوپ‌های رنگی نمایشگر می‌شود.

ذرات آهنی و کلاژ ذرات
معلق
(Magnetic Trapping)

از آنجا که درون شناور این تجهیز یک آهنربای دائمی قدرتمند قرار دارد، اگر سیال فرآیندی حاوی ذرات ریز زنگ لوله، براده‌های آهن یا ذرات معلق مغناطیسی باشد، این ذرات جذب بدنه فلوت شده و تشکیل یک توده صلب را می‌دهند. این توده باعث افزایش وزن فلوت و اصطکاک آن با دیواره داخلی چمبر شده و شناور را در یک نقطه قفل می‌کند.

تطابق دقیق چگالی با
ابعاد فلوت مگنتی

شناور گیج مغناطیسی بر اساس قانون ارشمیدس طراحی می‌شود. چگالی سیال تعیین‌کننده طول و وزن فلوت است. اگر چگالی واقعی مایع پروسه حتی ده درصد کمتر از مقدار طراحی کاتالوگ باشد (مثلاً سیال گاز مایع یا هیدروکربن‌های سبک)، شناور به جای غوطه‌وری در سطح، ته‌نشین شده و هرگز بالا نمی‌آید.



جدول عیب‌یابی گیج‌های سطح مغناطیسی - (Troubleshooting Table)

راهکار عملی (ActionPlan)	محتمل‌ترین علت‌ها (Causes)	نشانه در نمایشگر یا اتاق کنترل (Symptom)
شیرهای فرعی اتصال به مخزن را ببندید، فلنج کور پایین چمبر را باز کرده و فلوت را کاملاً دپو و تمیزکاری کنید	جذب براده‌های آهن توسط فلوت مگنتی و گیر کردن مکانیکی آن در چمبر	عقربه یا فلوپ‌های رنگی در یک نقطه میانی قفل شده‌اند
دمای خط را با کاتالوگ چک کنید؛ شناور باید تعویض و با آهنربای کلاس حرارتی بالاتر مانند آلنیکو جایگزین شود	ضعیف شدن یا دمگنته شدن آهنربای داخلی فلوت بر اثر عبور از دمای مجاز	سطح سیال بالا می‌آید اما فلوپ‌ها تغییر رنگ نمی‌دهند
با یک آهنربای دستی لوله ترانسmitter را از پایین به بالا اسکن کنید تا مورد داخلی ریست و بخش معیوب مشخص شود	تداخل اسنپ‌سوئیچ‌ها یا خرابی لایه‌های ریدسوئیچ در طول لوله گاید	خطای دائمی سیگنال در ترانسmitter مگنتی لول گیج
وزن فلوت را بررسی کنید؛ ممکن است برای غوطه‌وری صحیح در سیال جدید، نیاز به تغییر ابعاد فلوت باشد	تغییر مشخصات چگالی مایع پروسه نسبت به دیتای اولیه طراحی کاتالوگ	تفاوت دائمی عدد گیج با سطح فیزیکی واقعی داخل مخزن



اگر فاصله بین دو شاخک دیپازون به دلیل تجمع رسوبات پر شود، سنسور فرض می‌کند مخزن تا آن سطح پر است؛ در نتیجه پمپ ورودی را قطع می‌کند یا آلارم کاذب می‌دهد، در حالی که مخزن ممکن است کاملاً خالی باشد. در فرآیندهای حاوی مواد چسبنده، استفاده از سوئیچ‌های دیپازونی با فرکانس بالا و لبه‌های صیقل‌یافته (Sanitary Design) یا سوئیچ‌های فرکانس رادیویی (RF Admittance) که قابلیت نادیده گرفتن رسوب یا Injection Coating را دارند، الزامی است.

چالش چسبندگی و مواد رسوب‌گذار در سوئیچ‌های لرزشی (Tuning Fork)



تلاطم سیال و نیروهای هیدرولیکی همزن، شفت روتامتر یا لول سوئیچ فلوتری را خم می‌کند یا باعث نوسان مکرر کانتاکت سوئیچ (Chattering) می‌شود. این نوسان مکرر، رله‌های تابلو برق را خال می‌اندازد و می‌سوزاند. در صورت وجود تلاطم، سوئیچ باید درون یک لوله آرام‌کننده (Still Pipe) نصب شود یا از لول سوئیچ‌های بدون قطعه متحرک (مانند پروب‌های خازنی یا پینت‌پروب‌های هوشمند التراسونیک) استفاده شود.

جریان‌های گردابی و همزن‌ها در مخازن فرآیندی



این سنسورها بر اساس عبور جریان ضعیف از طریق سیال بین دو پروب کار می‌کنند. اگر سیال فرآیند آب مقطر، آب دی‌مینرال (Demineralized Water) یا الکل خالص باشد، به دلیل عدم وجود یون، رسانایی الکتریکی سیال نزدیک به صفر است؛ در نتیجه سنسور هرگز متوجه بالا آمدن سطح مایع نشده و مخزن سرریز می‌کند.

تله‌ی هدایت الکتریکی در سوئیچ‌های هدایتی (Conductive Probes)



جدول عیب‌یابی - (Troubleshooting Table)

راهکار عملی (Action Plan)	محتمل‌ترین علت‌ها (Causes)	نشانه در نمایشگر یا اتاق کنترل (Symptom)
شاخک‌ها را باز کرده و با حلال مناسب بشویید. در صورت تکرار، پارامتر حساسیت یا همان Sensitivity را از روی لبه برد سنسور کاهش دهید	تجمع و سفت شدن رسوبات غلیظ یا مواد چسبنده بین شاخک‌های ارتعاشی	سوئیچ دی‌پازونی مایع - سنسور با وجود تخلیه مخزن همچنان آلارم پر بودن می‌دهد
تغییر محل نصب به نقطه‌ای دورتر از ورودی تزریق سیال، یا تعویض تجهیز با لول سوئیچ‌های التراسونیک فرکانس بالا	حباب‌های غلیظ هوا یا گاز مانع از افت فرکانس ارتعاش شاخک‌ها می‌شوند	سوئیچ دی‌پازونی مایع - عدم عملکرد سوئیچ در حضور سیالات حاوی حباب شدید یا کف
فلوت را خارج کرده و لولای مکانیکی را فلاشینگ کنید؛ در صورت سنگین شدن فلوت به دلیل سوراخ‌شدگی، کالا باید تعویض شود	تجمع ذرات فیزیکی، جرم یا پلیسه در لولای مکانیکی شفت یا سوراخ شدن گوی فلوت	سوئیچ مکانیکی فلوتری - کنتاکت سوئیچ در یک وضعیت قفل شده و تغییر نمی‌کند
کابل سیگنال سوئیچ را از نوع شیلددار انتخاب کنید و شیلد را به همراه بدنه فلزی مخزن به سیستم ارت پایدار متصل نمایید	تداخل نویز شدید الکترومغناطیسی با پروب یا عدم اتصال بدنه مخزن به سیستم ارت	سوئیچ خازنی / هدایتی - خروجی رله سنسور در زمان روشن شدن اینورترها قطع و وصل می‌شود

