NICO TECHNICAL LEARNING SERIES

مجموعه آموزش فنی ابزار دقیق

LEVEL 1 — FUNDAMENTALS

NICO
شرکت نیکان صنعت خاورمیانه

سطح‌سنج راداری چیست و چگونه سطح مخزن را بدون تماس اندازه‌گیری می‌کند؟

از ارسال موج Radar تا Echo، Distance و Level

How Does a Radar Level Transmitter Work? Fundamentals of Non-Contact Radar Level Measurement

اصل کار سطح‌سنج راداری (Radar Level Transmitter) از ارسال موج Radar تا Echo، Distance و Level : زنجیرهٔ اندازه‌گیری، FMCW به زبان ساده، Dielectric Constant، Beam Angle، Nozzle، Foam و کالیبراسیون Empty و Full، بدون محاسبات



شکل ۱ — ترانسمیتر سطح راداری NICO: Horn Antenna، اتصال فرایندی فلنجی، گلند کابل و محفظهٔ الکترونیک

شماره سند	بازنگری	سطح محتوا	تاریخ انتشار
NICO-EDU-LVL-L1-004-FA	Rev00	LEVEL 1	November 2026 — **آبان ۱۴۰۵**

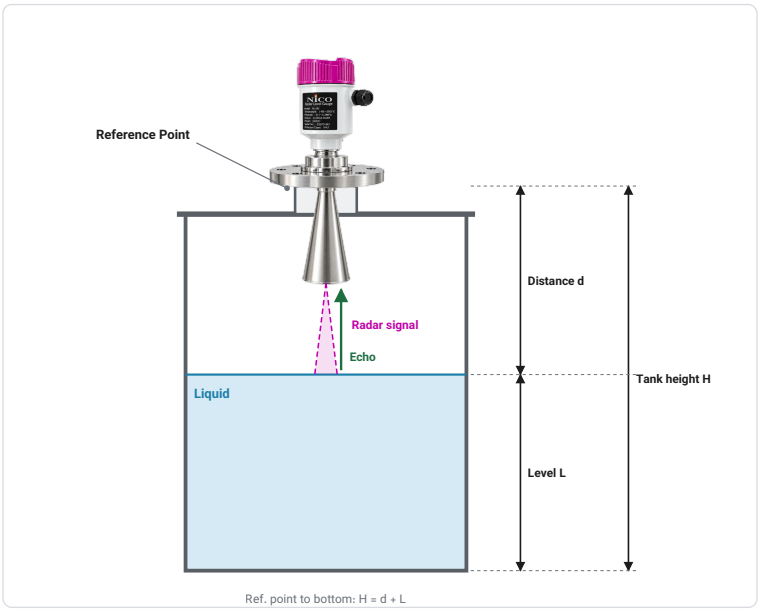
سطح‌سنج راداری (در بازار: لول ترانسمیتر راداری، ترانسمیتر سطح راداری یا Radar Level Transmitter) ارتفاع مایع یا ماده را بدون هیچ تماس با آن اندازه می‌گیرد. دستگاه از بالای مخزن یک موج الکترومغناطیسی به سمت سطح می‌فرستد، بازتاب آن را دریافت می‌کند، از روی آن فاصلهٔ خود تا سطح (Distance) را به دست می‌آورد و سپس Level را محاسبه می‌کند. این راهنما برای دانشجو، تکنسین ابزار دقیق، مهندس تازه‌کار، کارشناس خرید و فروش فنی و هر کاربر صنعتی نوشته شده و بدون معادلات پیشرفته، همین زنجیره را قدم‌به‌قدم توضیح می‌دهد.

پس از مطالعه این راهنما خواهید توانست:

1. تفاوت Level و Distance و نقش Reference Point را توضیح دهید.
2. زنجیرهٔ اندازه‌گیری از Antenna تا PLC یا DCS را بنویسید.
3. اصل FMCW را بدون معادله و تفاوت آن با روش پالسی را بگویید.
4. Echo، Useful Echo و False Echo را از هم جدا کنید.
5. اثر Dielectric Constant، Beam Angle، Nozzle، سازه‌های داخلی، Foam، Condensation و Build-up را در سطح مفهومی بشناسید.
6. Empty Calibration و Full Calibration را به خروجی 4–20 mA نگاشت کنید.
7. هشت تصور غلط رایج دربارهٔ رادار سطح را اصلاح کنید.

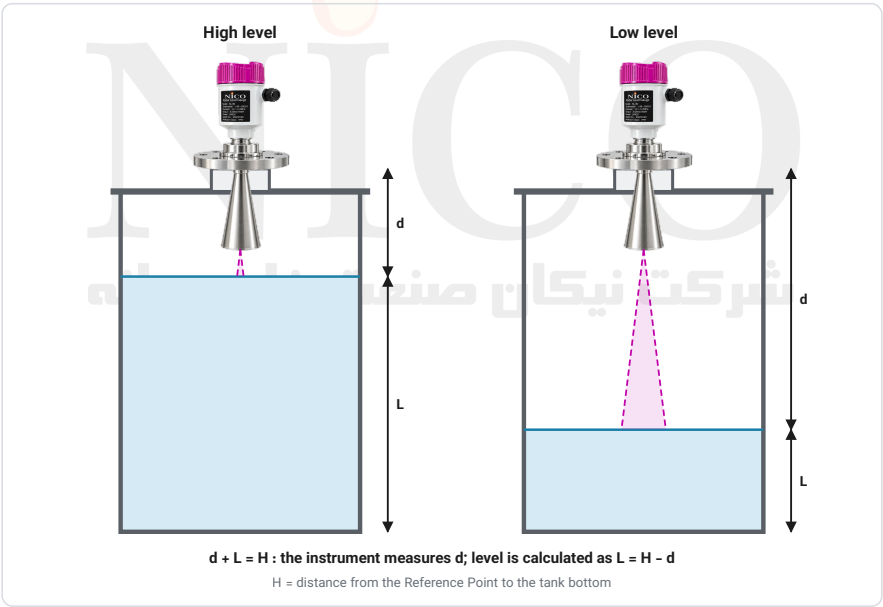
1 Level، Distance و Reference Point

سطح (Level) ارتفاع سیال از کف مخزن یا از یک مبنای تعریف‌شده است. دستگاه راداری مستقیماً این ارتفاع را نمی‌بیند؛ آنچه اندازه می‌گیرد فاصلهٔ Antenna تا سطح سیال یعنی Distance است. این دو کمیت یکسان نیستند ولی با هم مرتبط‌اند: وقتی سطح بالا می‌رود Distance کم می‌شود و وقتی سطح پایین می‌آید Distance زیاد می‌شود. برای تبدیل، به یک نقطهٔ مبنای ثابت به نام Reference Point و به ارتفاع مخزن از همان نقطه (Tank Height) نیاز است.



شکل ۲ — مخزن، ترانسمیتر راداری روی نازل، سطح مایع و کمیت‌های Distance، Level و Tank Height نسبت به Reference Point

در شکل ۲ فاصلهٔ d از Reference Point تا سطح مایع اندازه‌گیری می‌شود، L ارتفاع مایع و H فاصلهٔ Reference Point تا کف مخزن است. رابطهٔ ساده‌ای که این سه را به هم می‌بندد در شکل ۳ و در بخش مثال عددی آمده است. Reference Point را سازنده در برگهٔ فنی دستگاه تعریف می‌کند و برای هر مدل باید از همان سند خوانده شود.



شکل ۳ — Distance در برابر Level: با پایین رفتن سطح، Distance افزایش و Level کاهش می‌یابد و مجموع آن‌ها همان Tank Height است

NOTE — Distance معادل Level نیست

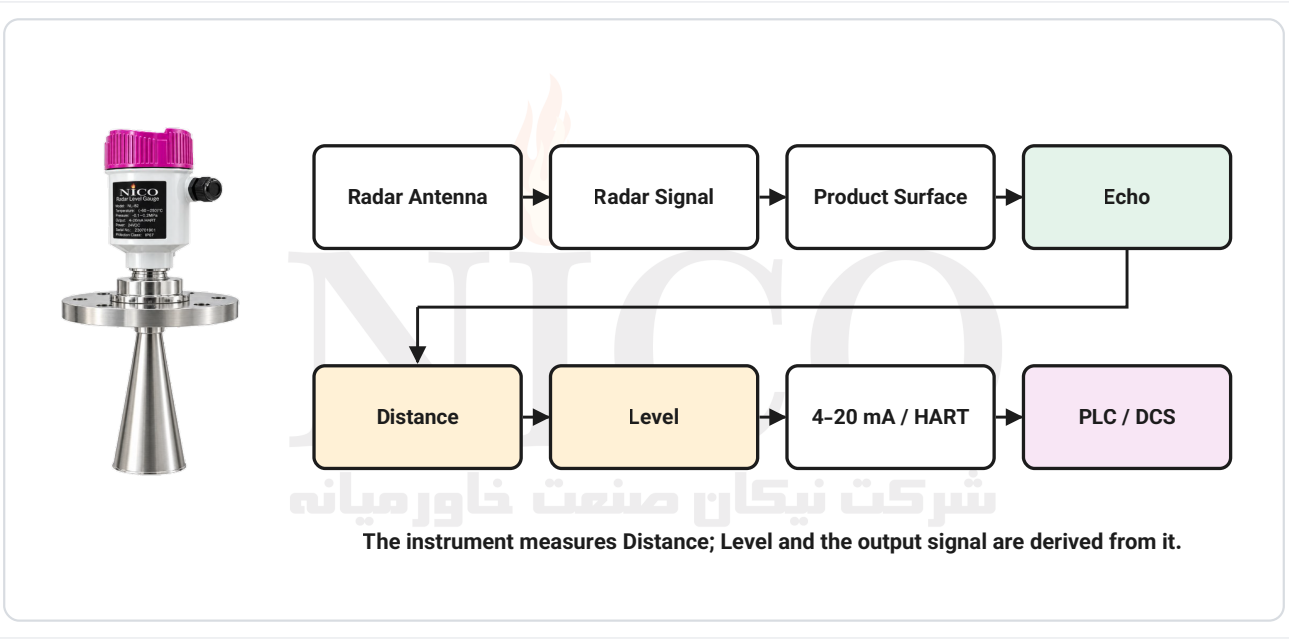
خروجی خام یک ترانسمیتر راداری فاصله است. عددی که روی نمایشگر یا DCS به‌صورت «سطح» دیده می‌شود با کالیبراسیون و مقیاس‌دهی از Distance ساخته شده است؛ اگر Reference Point یا Tank Height اشتباه وارد شود، Level هم اشتباه می‌شود.

2 ترانسمیتر سطح راداری چیست؟

ترانسمیتر سطح راداری یک دستگاه اندازه‌گیری بدون تماس (Non-Contact) است. Antenna سیگنال الکترومغناطیسی با بسامد بسیار بالا می‌فرستد، این سیگنال در مسیر خود به سطح می‌رسد و بخشی از آن بازتاب می‌شود. بازتاب (Echo) به همان Antenna برمی‌گردد و الکترونیک دستگاه از مقایسهٔ سیگنال ارسالی و دریافتی فاصله را محاسبه می‌کند. چون هیچ قطعه‌ای وارد سیال نمی‌شود، دستگاه برای مایعات خورنده، چسبنده، گرم یا خطرناک نیز مورد توجه است و قطعهٔ متحرک ندارد که فرسوده شود. شکل ۱ ظاهر ترانسمیتر راداری NICO را نشان می‌دهد؛ بخش‌های اصلی آن عبارت‌اند از محفظهٔ الکترونیک، گلند کابل، اتصال فرایندی فلنجی و Horn Antenna.

توجه کنید که «بدون تماس» به معنای «بدون هیچ محدودیت» نیست. ماده و محیط داخل مخزن (Dielectric Constant، Foam، بخار و سازه‌های داخلی)، هندسهٔ Nozzle و نصب دستگاه روی کیفیت Echo اثر می‌گذارند. بخش‌های بعدی همین عوامل را در سطح مفهومی بررسی می‌کنند.

3 زنجیرهٔ اندازه‌گیری

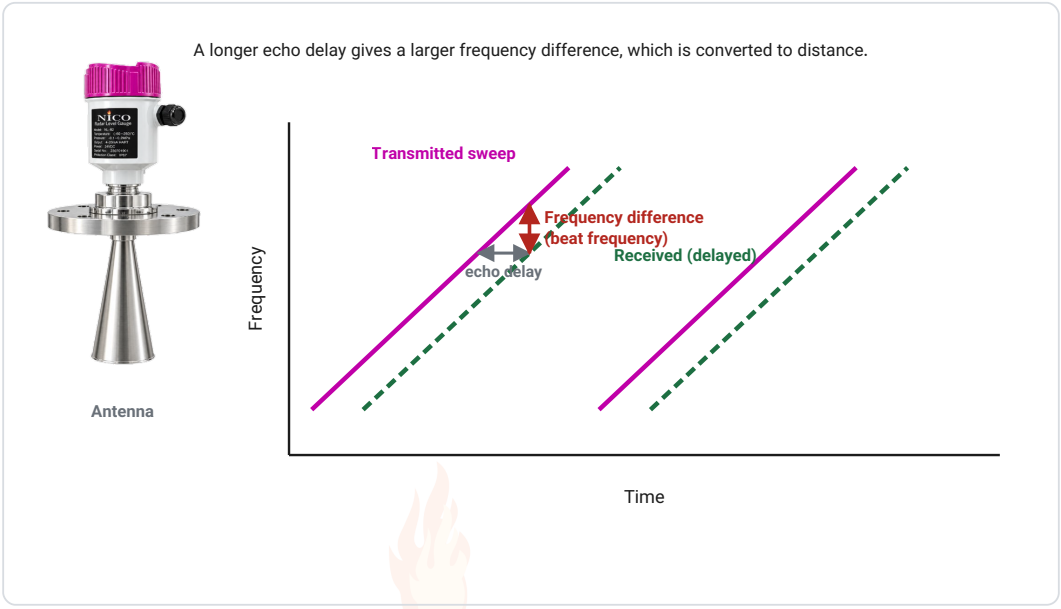


شکل ۴ — زنجیرهٔ اندازه‌گیری راداری از Antenna تا خروجی 4–20 mA یا دیجیتال و ورود به PLC یا DCS

زنجیره از Antenna Radar شروع می‌شود، سیگنال به سطح می‌رسد، Echo برمی‌گردد و از آن Distance ساخته می‌شود. در مرحلهٔ بعد Distance با Empty Calibration و Full Calibration به Level تبدیل می‌شود و ترانسمیتر آن را به‌صورت جریان 4–20 mA یا ارتباط دیجیتال مانند HART به PLC یا DCS می‌دهد. خطا می‌تواند از هر حلقهٔ این زنجیره وارد شود: از Echo اشتباه تا مقیاس‌دهی نادرست سیستم کنترل.

4 FMCW به زبان ساده

بسیاری از ترانسمیترهای راداری مدرن از روش FMCW (Frequency-Modulated Continuous Wave) استفاده می‌کنند. در این روش دستگاه پالس کوتاه نمی‌فرستد؛ سیگنالی پیوسته می‌فرستد که بسامد آن در یک بازهٔ زمانی کوتاه به‌تدریج و به‌طور منظم بالا می‌رود (یک Sweep). وقتی این سیگنال به سطح می‌رسد و برمی‌گردد، کمی زمان می‌گذرد. در این مدت دستگاه بسامد خود را تغییر داده است، پس بسامد سیگنال برگشتی با بسامد لحظه‌ای سیگنال ارسالی تفاوت دارد.

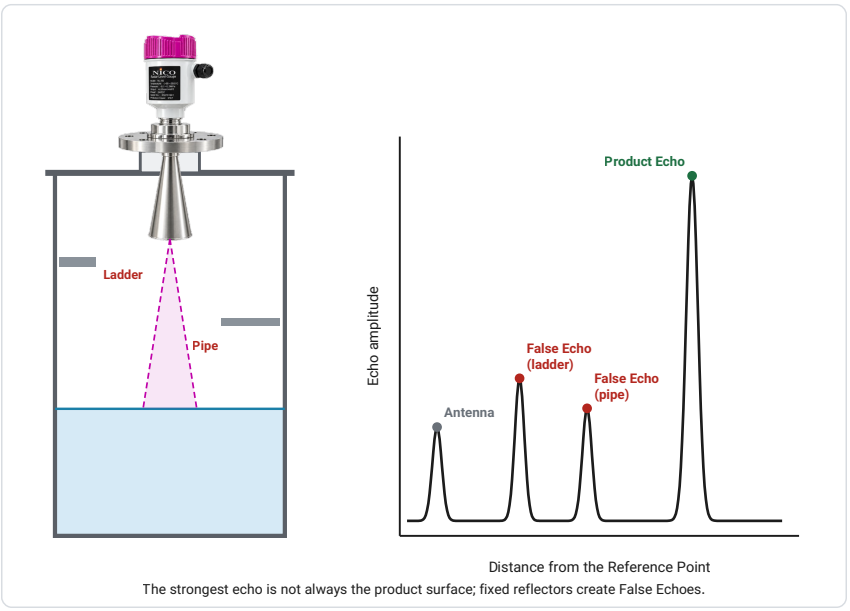


شکل ۵ — مفهوم FMCW: Sweep ارسالی، سیگنال برگشتی با تأخیر و اختلاف بسامد که به Distance تبدیل می‌شود

هرچه سطح دورتر باشد، تأخیر بیشتر و اختلاف بسامد بزرگ‌تر است؛ دستگاه با اندازه‌گیری این اختلاف فاصله را به دست می‌آورد. نکتهٔ مهم این است که FMCW با روش پالسی یعنی اندازه‌گیری مستقیم زمان رفت‌وبرگشت (Time of Flight) یکی نیست. هر دو از Echo و تأخیر استفاده می‌کنند ولی فناوری سیگنال متفاوت است. بسامد و تعداد Sweep، الگوریتم پردازش و دقت را سازندهٔ هر مدل مشخص می‌کند و در این سند عدد ثابتی برای آن‌ها داده نمی‌شود.

5 Echo چیست؟

Echo هر بازتابی است که به Antenna برمی‌گردد. فقط یکی از آن‌ها بازتاب سطح محصول است و به آن Product Echo یا Useful Echo گفته می‌شود. بازتاب از دیوارهٔ مخزن، Nozzle، نردبان، لولهٔ داخلی، همزن یا کویل گرمایش هم همزمان به دستگاه برمی‌گردد. بازتاب‌های ناخواسته که از جسم ثابت می‌آیند False Echo نام دارند.

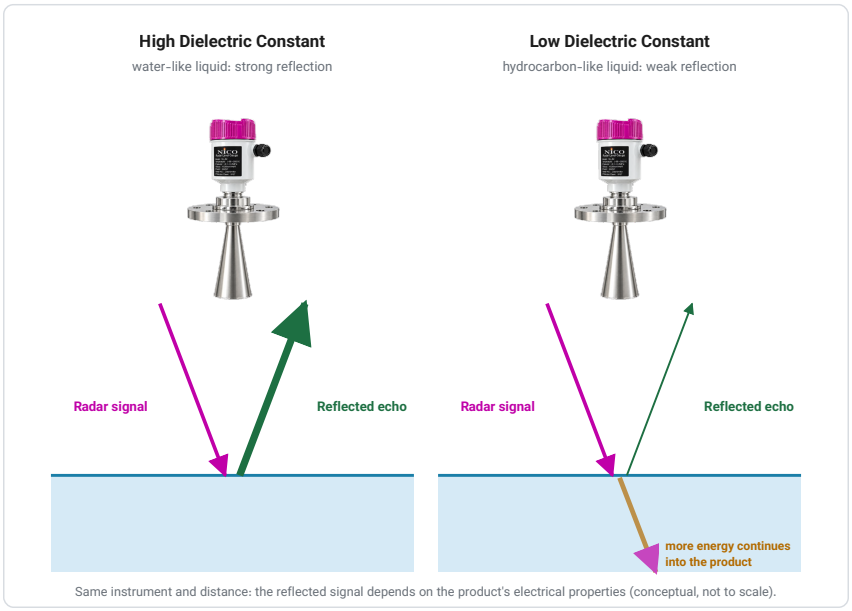


شکل ۶ — Product Echo در برابر False Echo: نمودار دامنهٔ بازتاب نسبت به فاصله از Reference Point

شکل ۶ نموداری ساده از دامنهٔ Echo را نشان می‌دهد (Echo Curve). در عمل بزرگ‌ترین قله همیشه سطح محصول نیست؛ برای مثال در محصولی با بازتاب ضعیف ممکن است قلهٔ یک سازهٔ فلزی ثابت بزرگ‌تر باشد. دستگاه باید با منطق پردازش و گاهی با نقشه‌برداری از بازتاب‌های ثابت، Product Echo را از False Echo تشخیص دهد. روش‌های مهندسی این کار در سطح ۲ و ۳ آمده است.

6 Dielectric Constant و قدرت Echo

ثابت دی‌الکتریک (Dielectric Constant) معیاری از رفتار الکتریکی ماده در برابر میدان الکترومغناطیسی است. در سطح مفهومی، موادی با Dielectric Constant بالا مانند مایعات آب‌مانند بخش بزرگی از انرژی را بازتاب می‌کنند و Echo قوی می‌دهند؛ موادی با Dielectric Constant پایین مانند برخی هیدروکربن‌ها بخش کوچک‌تری را بازتاب می‌کنند و بخش بیشتری وارد محصول می‌شود، پس Echo ضعیف‌تر است.

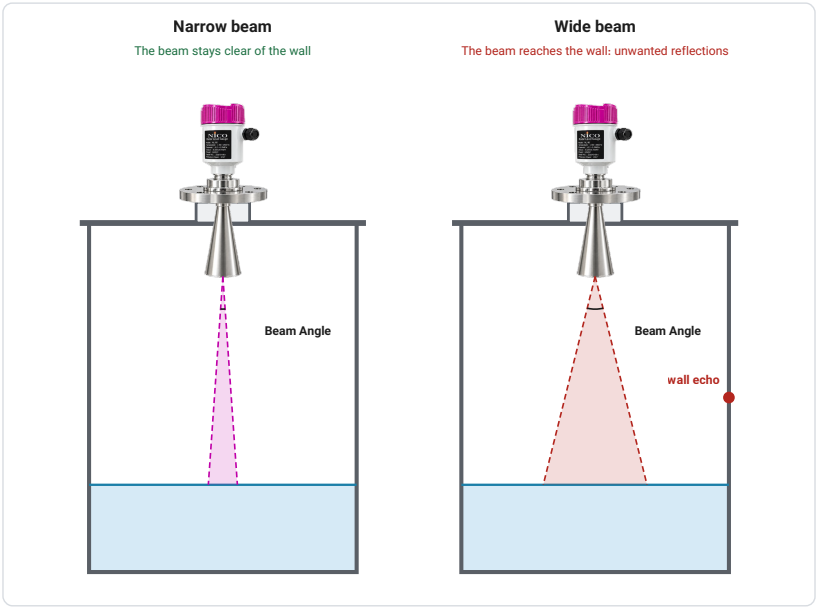


شکل ۷ — مفهوم اثر Dielectric Constant: بازتاب قوی از مایع آب‌مانند و بازتاب ضعیف از هیدروکربن‌مانند (مفهومی، بدون مقیاس)

این به معنای عدم امکان اندازه‌گیری محصولات با Dielectric Constant پایین نیست؛ به این معناست که حاشیهٔ سیگنال کمتر است و انتخاب Antenna، نصب و دقت Commissioning اهمیت بیشتری پیدا می‌کند. هیچ حد عددی جهانی برای «حداقل Dielectric Constant مجاز» در این سند داده نمی‌شود، چون به مدل دستگاه، فاصلهٔ اندازه‌گیری، Antenna و شرایط مخزن بستگی دارد و باید از برگهٔ فنی سازنده گرفته شود.

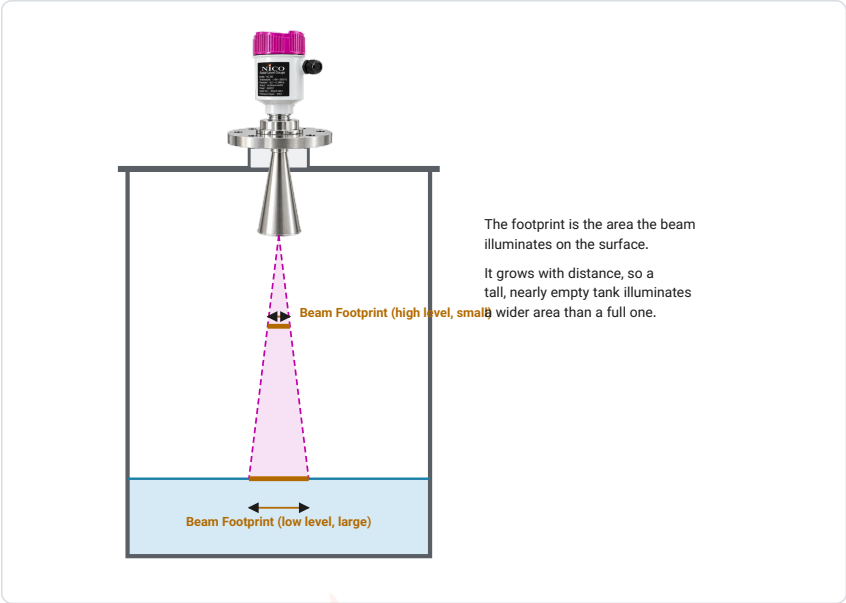
7 Beam Angle و Beam Footprint

انرژی راداری در یک خط بی‌نهایت باریک حرکت نمی‌کند؛ در یک پرتو (Beam) پخش می‌شود. زاویهٔ باز شدن این پرتو را Beam Angle می‌گویند. هرچه Antenna بزرگ‌تر یا بسامد بالاتر باشد، معمولاً پرتو باریک‌تر است (در سطح مفهومی، بدون عدد). نتیجهٔ مهم این است که پرتو با فاصله بازتر می‌شود و ممکن است به دیواره یا سازه‌های داخلی برسد.



شکل ۸ — Beam Angle: پرتو باریک در فاصلهٔ آزاد از دیواره و پرتو باز که به دیواره می‌رسد

ناحیه‌ای از سطح که پرتو روشن می‌کند Beam Footprint نام دارد. وقتی سطح پایین است و فاصله زیاد می‌شود، Beam Footprint بزرگ‌تر می‌شود؛ بنابراین یک نصب بی‌مشکل در مخزن پر ممکن است در مخزن تقریباً خالی به یک سازهٔ کناری برخورد کند.



شکل ۹ — Beam Footprint در سطح بالا و پایین: اندازهٔ ناحیهٔ روشن‌شده با فاصلهٔ سطح تا Antenna افزایش می‌یابد

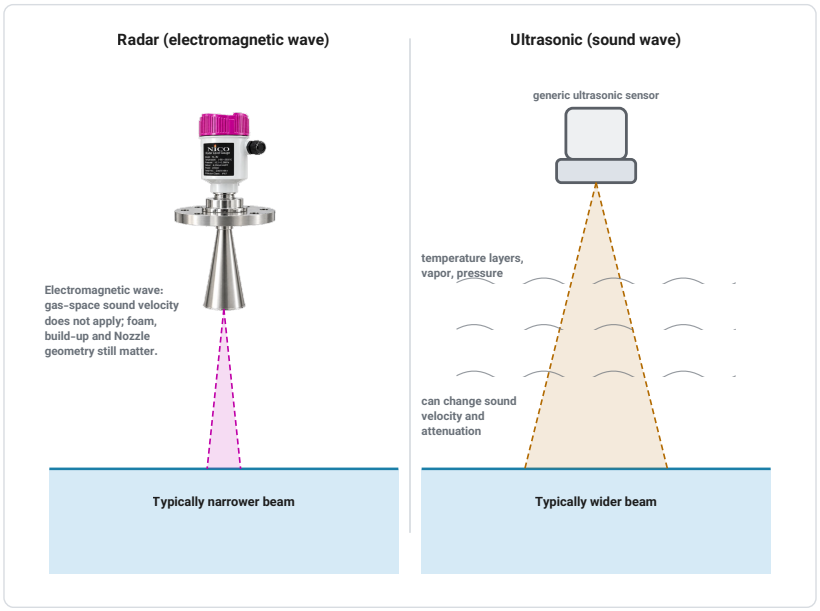
8 رادار ۸۰ گیگاهرتزی

ترانسمیترهای راداری در بسامدهای مختلف ساخته می‌شوند و رادار 80 GHz یکی از فناوری‌های رایج امروزی است. در یک معماری Antenna مشخص، بسامد بالاتر امکان تشکیل پرتوی نسبتاً متمرکزتر را می‌دهد؛ این ویژگی می‌تواند در مخازن باریک، Nozzleهای کوچک، حضور مانع داخلی و هندسهٔ پیچیدهٔ مخزن مفید باشد، چون پرتو کمتر به دیواره و سازه‌ها برخورد می‌کند.

> **CAUTION — ۸۰ گیگاهرتز همیشه بهترین انتخاب نیست**
>
> بسامد بالاتر برای هر کاربردی برنده نیست. اثر Foam، Build-up، Condensation، Dielectric Constant، فاصلهٔ اندازه‌گیری و نوع Antenna باید برای هر مورد بررسی شود. این سند برتری عمومی برای یک بسامد ادعا نمی‌کند.

9 رادار یا التراسونیک؟

سطح‌سنج راداری از موج الکترومغناطیسی و سطح‌سنج التراسونیک (Ultrasonic) از موج صوتی استفاده می‌کند. این تفاوت اساسی روی رفتار دو فناوری در فضای گاز بالای سطح اثر می‌گذارد.



شکل ۱۰ — مقایسهٔ مفهومی Radar و Ultrasonic: نوع موج، پرتو و حساسیت به فضای گاز بالای سطح

جدول ۱ — مقایسهٔ آموزشی سطح‌سنج راداری و التراسونیک

معیار	Radar	Ultrasonic
نوع موج	موج الکترومغناطیسی	موج صوتی
اثر دمای فضای گاز	سرعت انتشار موج، به‌طور معمول، مثل صوت به دمای گاز وابسته نیست	سرعت صوت با دما تغییر می‌کند و معمولاً جبران دما لازم است
فشار	در سطح مفهومی، اثر مستقیم مشابه صوت ندارد؛ حد فشار از جنس و ساخت مکانیکی می‌آید	فشار و ترکیب گاز بر انتشار صوت و تضعیف آن اثر دارند
بخار	بخار سنگین یا Condensation روی Antenna ممکن است کیفیت سیگنال را کم کند	بخار و گاز غیرهمگن می‌تواند صوت را تضعیف یا منحرف کند
Foam	بسته به نوع و ضخامت Foam، رفتار متفاوت است	Foam می‌تواند صوت را جذب یا پراکنده کند
پرتو	معمولاً باریک‌تر، بسته به Antenna و بسامد	معمولاً بازتر
کاربرد معمول	مخازن فرایندی، مواد متنوع، کاربردهای نیازمند پرتوی متمرکز	مخازن ساده‌تر و کاربردهای با شرایط گاز معتدل

COMMON MISTAKE — رادار و التراسونیک یک فناوری نیستند

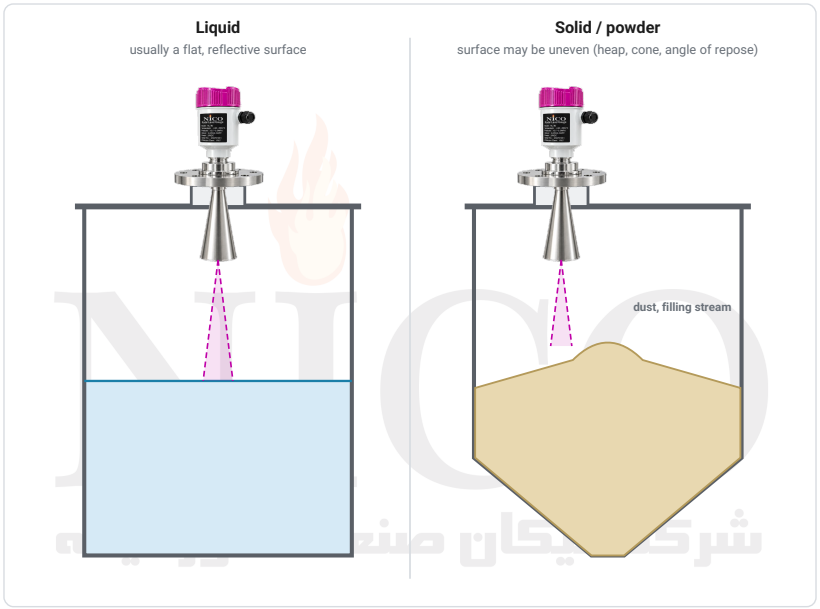
هر دو «بدون تماس» و هر دو بر پایهٔ Echoاند، ولی یکی موج الکترومغناطیسی و دیگری موج صوتی به کار می‌برد. نمی‌توان مشخصات، محدودیت‌ها و رفتار آن‌ها را به‌جای هم نوشت یا در استعلام با هم مخلوط کرد.

10 اندازه‌گیری سطح مایع

در مایع، سطح معمولاً صاف و بازتابنده است و این وضعیت برای رادار مناسب است: پرتو از بالای مخزن به سطح می‌رسد و Echo مشخص و پایداری برمی‌گردد (شکل ۲ و شکل ۱۱). با این حال سطح مایع هم می‌تواند متلاطم شود، Foam داشته باشد یا بخار تولید کند و هر کدام کیفیت Echo را تغییر می‌دهد. در مخزن همزن‌دار، پره‌ها و موج سطح به‌طور مستقیم روی سیگنال اثر می‌گذارند.

11 اندازه‌گیری سطح جامد و پودر

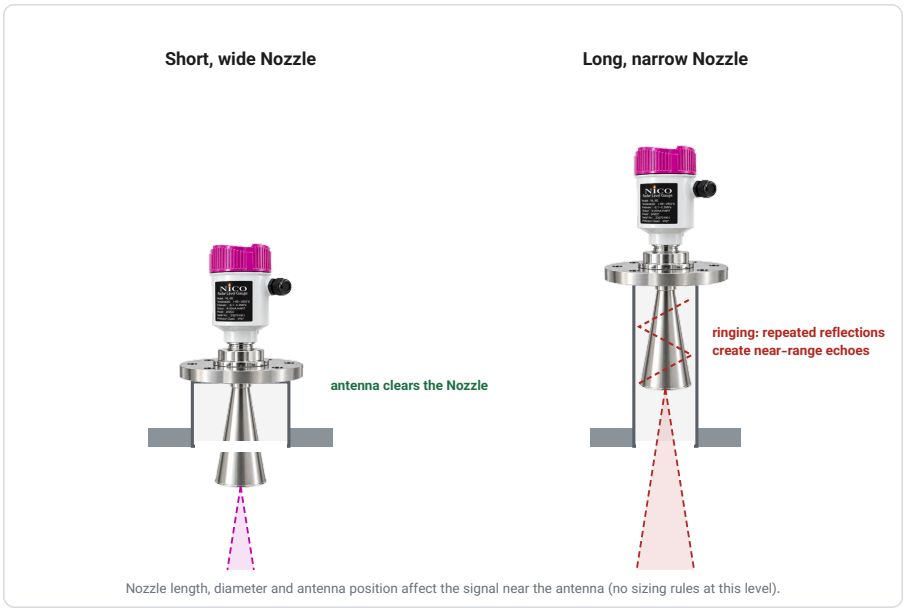
در سیلو یا مخزن مواد دانه‌ای و پودری، سطح معمولاً صاف نیست. مواد هنگام پرشدن به‌صورت مخروط تلنبار می‌شوند و هنگام تخلیه قیف شکل می‌گیرد؛ سطحی که رادار می‌بیند ناهموار و گاهی مایل است. گرد و غبار، جریان پرشدن و ابعاد بزرگ سیلو هم کار را پیچیده‌تر می‌کنند. به همین دلیل در جامدات محل نصب و جهت‌گیری Antenna حساس‌تر است و بررسی دقیق‌تری لازم دارد.



شکل ۱۱ — کاربرد مایع و جامد: سطح صاف مایع در برابر سطح ناهموار مواد دانه‌ای در سیلو

12 Nozzle چیست و چرا اهمیت دارد؟

Nozzle یا نازل فرایندی، لوله‌ای کوتاه است که روی سقف مخزن جوش می‌شود و ترانسمیتر روی فلنج آن نصب می‌شود. قطر Nozzle، طول آن و موقعیت Antenna نسبت به دهانهٔ آن می‌تواند روی سیگنال اثر بگذارد. Nozzleِ بلند و باریک ممکن است باعث شود بخشی از انرژی میان دیواره‌ها بازتاب شود و Echoهای ناخواسته نزدیک به Antenna به وجود آید.



شکل ۱۲ — مفهوم Nozzle: Nozzle کوتاه و گشاد در برابر Nozzle بلند و باریک که می‌تواند بازتاب‌های نزدیک به Antenna بسازد

در این سطح قاعدهٔ اندازه‌گذاری ارائه نمی‌شود؛ حداکثر طول و حداقل قطر Nozzle به Antenna و مدل دستگاه وابسته است و باید از برگهٔ فنی سازنده گرفته شود.

13 سازه‌های داخلی مخزن

هر جسم فلزی یا بازتابنده‌ای که داخل پرتو باشد Echo تولید می‌کند. نمونه‌های رایج: همزن (Agitator)، نردبان (Ladder)، کویل گرمایش (Heating Coil)، لوله‌های داخلی، تیرهای سازه‌ای و لولهٔ ورودی سیال. اگر این اجسام در مسیر پرتو باشند، به False Echo تبدیل می‌شوند. بهترین راه جلوگیری، انتخاب محل نصب است که پرتو آن‌ها را نبیند؛ حذف اثر False Echo با تنظیمات نرم‌افزاری جایگزین نصب درست نیست.

NICO
شرکت نیکان صنعت خاورمیانه

14 Foam

Foam ممکن است انرژی رادار را تضعیف کند، بازتاب کند یا بخشی از آن را عبور دهد؛ نتیجه به ضخامت، چگالی، رطوبت و ساختار Foam بستگی دارد. Foam سبک و خشک ممکن است تقریباً شفاف باشد و Foam متراکم و مرطوب می‌تواند Echo خود را بسازد و جای سطح واقعی را بگیرد. به همین دلیل نباید گفت «رادار در هر حالتی از Foam عبور می‌کند»؛ این رفتار کاملاً وابسته به کاربرد است.

15 Condensation و Build-up

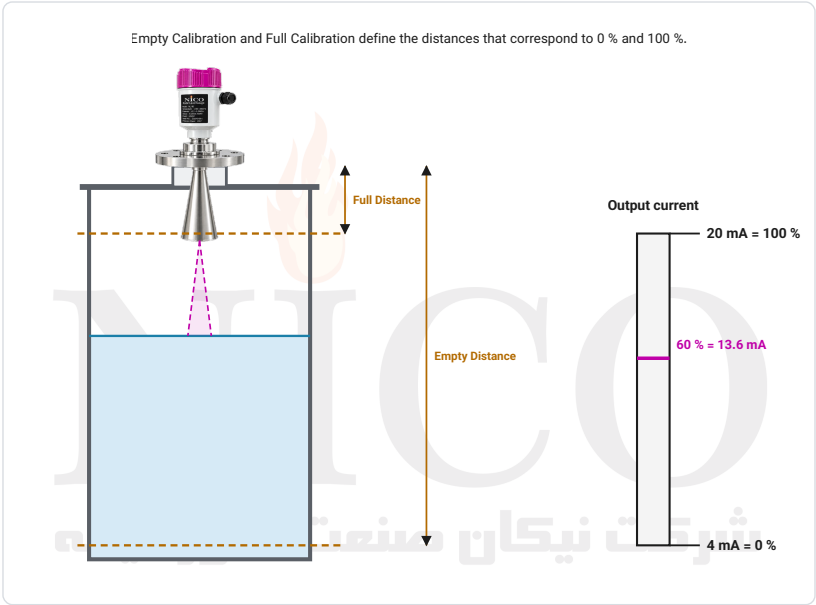
Condensation یعنی تشکیل لایهٔ مایع یا قطره روی Antenna و Build-up یعنی رسوب یا لایهٔ چسبندهٔ محصول روی Antenna و Nozzle. هر دو می‌توانند بخشی از انرژی را جذب یا بازتاب کنند و Echo را ضعیف‌تر یا ناپایدار کنند. این مشکل معمولاً به‌مرور زمان ظاهر می‌شود: دستگاه ماه‌ها درست کار می‌کند و بعد کیفیت سیگنال افت می‌کند. انتخاب Antenna و نصب مناسب و بازرسی دوره‌ای در مواد مستعد رسوب اهمیت دارد.

16 Blocking Distance

ناحیهٔ بسیار نزدیک به Antenna ممکن است برای اندازه‌گیری قابل استفاده نباشد، چون سیگنال در آنجا هنوز با خود Antenna و نزدیکی آن در تداخل است. این ناحیه در برگهٔ فنی بسیاری از سازندگان Blocking Distance و در برخی Dead Zone نام دارد؛ نام و اندازهٔ دقیق آن را سازنده تعیین می‌کند. نتیجهٔ عملی این است که بالاترین سطح مجاز (Full) باید با فاصلهٔ ایمن زیر این ناحیه تنظیم شود و مخزن نباید طوری پر شود که سطح وارد آن شود.

17 Empty Calibration و Full Calibration

برای تبدیل Distance به درصد سطح باید دو مرجع تعریف شود. Empty Calibration فاصلهٔ Reference Point تا نقطه‌ای است که آن را ۰ درصد سطح می‌گیریم (Empty Distance) و Full Calibration فاصلهٔ تا نقطه‌ای است که ۱۰۰ درصد می‌گیریم (Full Distance). Full Distance از Empty Distance کوچک‌تر است، چون نقطهٔ پر به Antenna نزدیک‌تر است. سپس دستگاه خروجی را به‌صورت خطی بین این دو نگاشت می‌کند: ۰ درصد معادل 4 mA و ۱۰۰ درصد معادل 20 mA.



شکل ۱۳ — نگاشت Empty Distance و Full Distance به درصد سطح و جریان 4–20 mA

18 مثال عددی ساده

مثال — از Distance به Level و جریان خروجی EXAMPLE

داده‌ها: فاصلهٔ Reference Point تا کف مخزن (Tank Height) برابر 10 m و Distance اندازه‌گیری‌شده برابر 3 m است. چه Level و چه درصد سطحی گزارش می‌شود؟

محاسبه: Level برابر Tank Height منهای Distance است: Level = 10 - 3 = 7 m. اگر Empty Distance برابر 10 m و Full Distance برابر 0 m فرض شود (فقط برای ساده‌شدن مثال)، درصد سطح = 7 / 10 = 70 % است. جریان خروجی خطی است: 4 + 0.70 × 16 = 15.2 mA.

> **Level برابر 7 m (۷۰ درصد) و جریان خروجی 15.2 mA است. در دستگاه واقعی Full Distance صفر نیست، چون Blocking Distance وجود دارد؛ این مثال آموزشی است و محدودیتی از هیچ مدل واقعی را نشان نمی‌دهد.**

19 تصورات غلط رایج

تصور غلط	واقعیت
رادار به مایع دست می‌زند.	رادار بدون تماس است؛ Antenna بالای مخزن می‌ماند و فقط موج به سطح می‌رسد.
رادار و التراسونیک یک فناوری‌اند.	یکی الکترومغناطیسی و دیگری صوتی است و رفتار آن‌ها در فضای گاز متفاوت است.
۸۰ گیگاهرتز همهٔ مشکلات را حل می‌کند.	پرتو متمرکزتر مفید است ولی Foam، Build-up، Dielectric Constant و نصب را حذف نمی‌کند.
رادار از هر Foamی عبور می‌کند.	رفتار به نوع و ضخامت Foam بستگی دارد؛ Foam متراکم می‌تواند Echo بسازد یا سیگنال را تضعیف کند.
پرتو بی‌نهایت باریک است.	پرتو زاویهٔ مشخصی دارد و با فاصله بازتر می‌شود.
هر Nozzleی قابل استفاده است.	قطر، طول و موقعیت Antenna در Nozzle می‌تواند Echo ناخواسته بسازد.
قوی‌ترین Echo همیشه سطح محصول است.	False Echo از اجسام ثابت ممکن است قوی‌تر باشد، مخصوصاً در محصولات با بازتاب ضعیف.
فشار مخزن مثل صوت روی انتشار موج رادار اثر مستقیم دارد.	انتشار الکترومغناطیسی به این شکل وابسته به فشار گاز نیست؛ فشار فقط حد مکانیکی و فرایندی دستگاه را تعیین می‌کند.

ENGINEERING TIP — از محل نصب شروع کنید

بیشتر مشکل‌های Echo در رادار با انتخاب محل نصب و Nozzle مناسب پیش از خرید پیشگیری می‌شود. داده‌های مخزن، محصول و موانع داخلی را قبل از انتخاب مدل جمع کنید.

20 قیمت و خرید سطح‌سنج راداری

قیمت سطح‌سنج راداری یک عدد ثابت ندارد و به نوع Antenna، بسامد، محدودهٔ اندازه‌گیری، اتصال فرایندی، جنس بخش‌های در تماس با فرایند، خروجی و ارتباط، گواهی‌های مناطق خطرناک و کاربرد بستگی دارد. برای استعلام قیمت یا خرید لول ترانسمیتر راداری، داده‌های مخزن و محصول را همراه با درخواست ارسال کنید تا تولیدکننده بتواند مدل مناسب را پیشنهاد دهد. NICO به‌عنوان تولیدکنندهٔ ایرانی ابزار دقیق صنعتی این اطلاعات را از مدارک رسمی هر مدل ارائه می‌کند.

21 پرسش‌های متداول

› سطح‌سنج راداری چیست؟

دستگاهی بدون تماس که با ارسال موج الکترومغناطیسی و دریافت Echo، فاصلهٔ خود تا سطح را اندازه می‌گیرد و از آن Level را به دست می‌آورد.

› لول ترانسمیتر راداری چگونه کار می‌کند؟

Antenna سیگنال می‌فرستد، سطح آن را بازتاب می‌کند و Echo برمی‌گردد؛ الکترونیک از آن Distance را می‌سازد و با Empty و Full Calibration به Level و خروجی 4–20 mA یا HART تبدیل می‌کند.

› Radar Level Transmitter چیست؟

نام انگلیسی ترانسمیتر سطح راداری است که در بازار فارسی با نام‌های لول ترانسمیتر راداری، سطح‌سنج راداری و گاهی رادار لول هم شناخته می‌شود.

› رادار ۸۰ گیگاهرتز چیست؟

ترانسمیتر راداری با بسامد کار حدود 80 GHz است که در یک معماری Antenna مشخص می‌تواند پرتو متمرکزتری بدهد؛ این به معنای برتری مطلق در همهٔ کاربردها نیست.

› FMCW چیست؟

روشی که در آن بسامد سیگنال پیوستهٔ ارسالی در هر Sweep تغییر می‌کند و اختلاف بسامد سیگنال برگشتی با سیگنال ارسالی به فاصله تبدیل می‌شود.

› Echo در Radar Level چیست؟

بازتابی که به Antenna برمی‌گردد. بازتاب سطح محصول Product Echo است و بازتاب اجسام ثابت مانند Nozzle یا نردبان False Echo نام دارد.

› Dielectric Constant چه اثری دارد؟

روی قدرت بازتاب سطح اثر می‌گذارد؛ Dielectric Constant بالاتر معمولاً Echo قوی‌تر و Dielectric Constant پایین‌تر Echo ضعیف‌تر می‌دهد. حد مجاز را سازندهٔ هر مدل تعیین می‌کند.

› Beam Angle چیست؟

زاویهٔ باز شدن پرتو رادار. پرتو با فاصله بازتر می‌شود و Beam Footprint روی سطح را می‌سازد.

NICO
شرکت نیکان صنعت خاورمیانه

› آیا رادار برای آب مناسب است؟

آب Dielectric Constant بالایی دارد و معمولاً بازتاب قوی می‌دهد، بنابراین رادار برای مخازن آب مورد توجه است. انتخاب نهایی به نصب، Nozzle، Foam و شرایط مخزن بستگی دارد.

› آیا سطح‌سنج راداری برای مخزن تحت فشار مناسب است؟

اصل اندازه‌گیری به فشار گاز مثل صوت وابسته نیست، ولی Antenna، آب‌بندی و اتصال فرایندی باید برای فشار و دمای کاری مخزن در برگهٔ فنی همان مدل تأیید شده باشند.

› Radar و Ultrasonic چه تفاوتی دارند؟

رادار با موج الکترومغناطیسی و التراسونیک با موج صوتی کار می‌کند؛ بنابراین اثر دما، فشار، بخار و Foam بر آن‌ها یکسان نیست (جدول ۱).

› آیا سطح‌سنج راداری با Foam کار می‌کند؟

بستگی به نوع Foam دارد. Foam سبک ممکن است مشکلی نسازد و Foam متراکم و مرطوب می‌تواند سیگنال را تضعیف یا Echo ناخواسته تولید کند.

› آیا Radar Level برای پودر و جامدات استفاده می‌شود؟

بله، در سیلو و مخازن مواد دانه‌ای هم استفاده می‌شود، ولی سطح ناهموار، گرد و غبار و جریان پرشدن، محل نصب و جهت Antenna را حساس‌تر می‌کنند.

جمع‌بندی نکات کلیدی

- ترانسمیتر راداری Distance را بدون تماس اندازه می‌گیرد؛ Level از آن با Reference Point، Empty Calibration و Full Calibration ساخته می‌شود.
- FMCW از اختلاف بسامد سیگنال ارسالی و برگشتی فاصله را به دست می‌آورد و با روش پالسی یکی نیست.
- Echo سطح باید از False Echoهای دیوار، Nozzle و سازه‌ها جدا شود؛ قوی‌ترین Echo همیشه سطح محصول نیست.
- Dielectric Constant پایین، Foam، Build-up و Condensation حاشیهٔ سیگنال را کم می‌کنند.
- Beam Angle، Beam Footprint و Nozzle محل نصب را تعیین می‌کنند؛ ۸۰ گیگاهرتز برتری مطلق نیست.
- داده‌ها و حدود هر مدل فقط از برگهٔ فنی رسمی گرفته می‌شود.

22 چک‌لیست مقدماتی پیش از انتخاب

- ☐ مایع است یا جامد، و سطح آن صاف است یا ناهموار؟
- ☐ ارتفاع مخزن، قطر مخزن و بازهٔ سطح (کمینه و بیشینه) چقدر است؟
- ☐ Nozzle دارد؟ قطر و طول آن چقدر است؟

- [ ] جسمی مثل همزن، نردبان، کویل یا لوله در مسیر پرتو وجود دارد؟
- [ ] Foam، بخار، Condensation یا Build-up در فرایند دیده می‌شود؟
- [ ] Dielectric Constant محصول معلوم است یا باید از تأمین‌کننده پرسیده شود؟
- [ ] فشار و دمای فرایند و ناحیهٔ خطرناک مشخص شده است؟
- [ ] خروجی لازم 4–20 mA، HART یا هر دو است؟

23 استانداردها و منابع

1. ETSI EN 302 372 — Short Range Devices (SRD); Tank Level Probing Radar (TLPR) equipment operating in the frequency ranges 4,5 GHz to 7 GHz, 8,5 GHz to 10,6 GHz, 24,05 GHz to 27 GHz, 57 GHz to 64 GHz, 75 GHz to 85 GHz

   مقرراتی برای تابش رادیویی، نه استاندارد عملکرد اندازه‌گیری؛ عنوان و نسخهٔ جاری در پژوهش پیشین پروژه (مرداد ۱۴۰۵) تأیید شده، متن کامل در این سند خوانده نشده است.

2. 47 CFR § 15.256 — Operation of level probing radars within the bands 5.925–7.250 GHz, 24.05–29.00 GHz, and 75–85 GHz

   مقررات FCC ایالات متحده برای Radar Probing Level؛ فقط برای معرفی جنبهٔ رادیویی ذکر شده است.

3. NAMUR NE 43 — Standardization of the Signal Level for the Failure Information of Digital Transmitters

   برای جریان خطای خروجی 4–20 mA؛ ویرایش جاری باید پیش از ارجاع رسمی تأیید شود. REQUIRES VERIFICATION

هیچ استاندارد بین‌المللی واحدی عملکرد سطح‌سنج راداری را به‌عنوان یک دستهٔ فناوری تعریف نمی‌کند؛ این راهنما سند سطح ۱ است و عمداً وارد استخراج ریاضی FMCW، معادلات Beat Frequency، محاسبهٔ Beam Footprint، تحلیل Echo Curve، روش‌های نقشه‌برداری False Echo، تحلیل پیشرفتهٔ Nozzle و بودجهٔ عدم‌قطعیت نمی‌شود؛ این موضوعات در سطح ۲ و ۳ آمده‌اند. هیچ مشخصهٔ عددی محصول NICO در این راهنما ادعا نشده و اعداد مثال آموزشی‌اند.

منابع مرتبط NICO

گام بعدی

- راهنمای مهندسی انتخاب، نصب و راه‌اندازی سطح‌سنج راداری — NICO-EDU-LVL-L2-005-FA
- مهندسی پیشرفتهٔ سطح‌سنج راداری FMCW — NICO-EDU-LVL-L3-006-FA

ابزارهای مرتبط NICO

- خانوادهٔ ترانسمیتر راداری سطح با پلتفرم 80 GHz — RLT40
- سطح‌سنج التراسونیک (برای مقایسه) — UFM20

نام مدل چاپ‌شده روی لیبل عکس مرجع با نام خانوادهٔ بالا مطابقت داده نشده است و باید از مدارک رسمی NICO تأیید شود؛ مشخصات، محدودهٔ کاربرد و تأییدیهٔ هر مدل فقط از برگهٔ فنی رسمی گرفته می‌شود.