فلومتر التراسونیک چیست؟ چه کاربردهایی دارد؟

فلومتر آلتراسونیک (Ultrasonic Flowmeter) یا دبی‌سنج اولتراسونیک، تجهیزی برای اندازه‌گیری سرعت و دبی جریان سیال در داخل لوله است که از **امواج فراصوت** استفاده می‌کند. در بسیاری از مدل‌های این فلومتر، اندازه‌گیری بدون وجود قطعه متحرک و حتی بدون تماس مستقیم سنسور با سیال انجام می‌شود.



یکی از شناخته‌شده‌ترین انواع آن، **فلومتر التراسونیک کلمپی** است که سنسورها روی سطح خارجی لوله نصب می‌شوند. در نتیجه برای نصب آن معمولاً نیازی به برش لوله یا ایجاد اتصال جدید در مسیر جریان نیست.

فلومترهای آلتراسونیک بسته به تکنولوژی اندازه‌گیری، نوع سیال، قطر و جنس لوله و شرایط فرایند در مدل‌های مختلفی تولید می‌شوند و در صنایعی مانند آب و فاضلاب، نیروگاه، تأسیسات، نفت و گاز، پتروشیمی و خطوط فرایندی کاربرد دارند.

این دستگاه در بازار ایران با نام‌هایی مانند **فلومتر اولتراسونیک، دبی‌سنج آلتراسونیک، دبی‌سنج اولتراسونیک، فلو متر آلتراسونیک و Ultrasonic Flowmeter** شناخته می‌شود. همچنین مدل‌های غیرتماسی آن معمولاً با عنوان **فلومتر کلمپ آن (Clamp-on)** و مدل‌های قابل حمل با نام **دبی سنج التراسونیک پرتابل** جستجو و خریداری می‌شوند.

اجزای فلومتر آلتراسونیک

ساختار دستگاه با توجه به مدل و برند متفاوت است، اما یک **دستگاه فلومتر التراسونیک** معمولاً شامل بخش‌های زیر است:

- **سنسور یا ترانسدیوسر:** ارسال و دریافت امواج فراصوت
- **ترانسمیتر:** پردازش سیگنال‌های دریافتی و محاسبه دبی
- **نمایشگر:** نمایش دبی لحظه‌ای، دبی تجمعی و سایر پارامترها
- **کابل سنسورها:** انتقال سیگنال میان سنسور و ترانسمیتر
- **سیستم نصب سنسور:** نگهدارنده، ریل یا بست در مدل‌هایClamp-on
- **کوپلنت آکوستیکی:** کمک به انتقال مناسب موج بین سنسور و سطح لوله در برخی مدل‌هایClamp-on
- **بدنه یا تیوب اندازه‌گیری:** در مدل‌های درون خطی
- **خروجی‌های کنترلی و ارتباطی:** بسته به مدل دستگاه مانند خروجی آنالوگ، پالس یا پروتکل‌های ارتباطی



نحوه کار فلومتر التراسونیک | عملکرد آن چگونه است؟

اساس کار فلومتر اولتراسونیک بر **ارسال و دریافت امواج صوتی با فرکانس بالا** است. سنسورهای دستگاه امواج فراصوت را از داخل سیال عبور می‌دهند و با تحلیل رفتار این امواج، سرعت حرکت سیال محاسبه می‌شود.

پس از تعیین سرعت جریان و با در نظر گرفتن سطح مقطع داخلی لوله، دستگاه می‌تواند دبی حجمی سیال را محاسبه کند.



روش دقیق اندازه‌گیری به تکنولوژی دستگاه بستگی دارد و دو روش رایج عبارت‌اند از:

انواع دبی سنج التراسونیک از نظر تکنولوژی اندازه‌گیری

دبی‌سنج‌های آلتراسونیک از نظر روش اندازه‌گیری جریان، معمولاً به چند گروه اصلی تقسیم می‌شوند که مهم‌ترین آن‌ها مدل **زمان عبور (Transit Time)** و **داپلر (Doppler)** هستند.



1- فلومتر آلتراسونیک به روش زمان عبور یا Transit Time

در روش **Transit Time** یا **Time of Flight** معمولاً دو سنسور در مسیر لوله قرار دارند. امواج یک‌بار در جهت جریان و یک‌بار برخلاف جهت جریان ارسال می‌شوند.

وقتی سیال در حرکت است، زمان عبور موج در این دو جهت کمی با یکدیگر تفاوت دارد. دستگاه این اختلاف زمانی را اندازه‌گیری کرده و از آن برای محاسبه سرعت جریان استفاده می‌کند.

این روش اندازه گیری بیشتر برای **مایعات نسبتاً تمیز و همگن** که امکان عبور مناسب امواج صوتی از آن‌ها وجود دارد مناسب است. به همین دلیل به آن فلومتر التراسونیک آب نیز می گویند.

همچنین برای سیالاتی مانند **گازها** معمولاً از **فلومتر صنعتی التراسونیک Transit Time مخصوص گاز** استفاده می‌شود.

2- فلومتر آلتراسونیک داپلر (Doppler)

در روش **Doppler** امواج فراصوت به داخل سیال ارسال می‌شوند و انعکاس آن‌ها از ذرات معلق یا حباب‌های موجود در سیال بررسی می‌شود.

حرکت این ذرات باعث تغییر فرکانس موج بازتاب‌شده می‌شود و فلومتر با تحلیل این تغییر، سرعت جریان را محاسبه می‌کند.

به همین دلیل فلومتر داپلر بیشتر برای سیالاتی مناسب است که دارای **ذرات معلق یا حباب‌های قابل تشخیص** باشند.

انواع فلومتر آلتراسونیک از نظر نصب

فلومترهای اولتراسونیک علاوه بر روش اندازه‌گیری، بر اساس نحوه نصب سنسورها نیز به چند گروه تقسیم می‌شوند.



1- فلومتر صنعتی التراسونیک کلمپی Clamp-on

در مدل **Clamp-on** سنسورها روی دیواره بیرونی لوله نصب می‌شوند و نیازی به قرار گرفتن سنسور در داخل مسیر سیال نیست.

این ویژگی باعث شده Clamp-on برای خطوطی که امکان توقف فرایند، برش لوله یا نصب فلومتر داخل خط وجود ندارد گزینه بسیار مناسبی باشد. از مهم‌ترین کاربردهای **فلومتر التراسونیک کلمپی** می‌توان به اندازه‌گیری موقت دبی، بررسی عملکرد پمپ، تست خطوط موجود و مانیتورینگ خطوط با قطرهای مختلف اشاره کرد.

معمولاً وقتی در بازار می‌گویند **فلومتر آلتراسونیک پرتابل**، منظور یک **فلومتر قابل حمل با سنسورهای Clamp-on** است.

یعنی دستگاه اصلی مثل یک یونیت دستی یا کیف‌دار همراه کاربر جابه‌جا می‌شود و سنسورها موقتاً روی **سطح بیرونی لوله** بسته می‌شوند؛ بدون اینکه لازم باشد لوله بریده شود یا فلومتر داخل خط نصب شود.

2- فلومتر التراسونیک درون خطی یا Inline

در مدل **Inline** بخش اندازه‌گیری مستقیماً در مسیر لوله نصب می‌شود. این تجهیزات معمولاً به شکل یک فلومتر کامل با تیوب اندازه‌گیری و سنسورهای از پیش نصب‌شده عرضه می‌شوند.

در پروژه‌هایی که دقت بالا و اندازه‌گیری دائمی مورد نیاز است، بسته به شرایط فرایند می‌توان از مدل‌های Inline استفاده کرد.

3- فلومتر التراسونیک اینزرشن یا Insertion

در مدل **Insertion** سنسور یا مجموعه سنسورها از طریق اتصال مخصوص وارد خط لوله می‌شوند و با سیال ارتباط مستقیم دارند.

این روش می‌تواند در برخی خطوط با قطر بالا یا کاربردهای صنعتی خاص مورد استفاده قرار گیرد.

دستگاه فلومتر التراسونیک برای چه سیالاتی مناسب است؟

انتخاب این فلومتر باید با توجه به تکنولوژی دستگاه انجام شود و نمی‌توان یک مدل را برای تمام سیالات مناسب دانست.



اندازه گیری با روش زمان عبور (Transit Time**)** معمولاً برای سیالاتی مانند موارد زیر مناسب است:

- آب تمیز
- آب خنک‌کننده
- آب گرم و سرد
- برخی روغن‌ها

- مواد شیمیایی مایع سازگار
- مایعات فرایندی نسبتاً تمیز

مدل‌های **داپلر** می‌توانند برای برخی سیالات دارای ذرات معلق یا حباب مناسب باشند، از جمله:

- برخی انواع فاضلاب
- دوغاب‌های مناسب برای اندازه‌گیری آلتراسونیک
- مایعات دارای ذرات معلق
- سیالات دارای حباب‌های قابل تشخیص

برای انتخاب دقیق **دستگاه فلومتر اولتراسونیک** باید ویژگی‌های سیال، میزان ذرات یا حباب، دما، فشار و شرایط خط بررسی شود.

کاربرد فلومتر آلتراسونیک در صنعت

به دلیل امکان اندازه‌گیری غیرتهاجمی در برخی مدل‌ها و نبود قطعات متحرک، این تجهیزات در کاربردهای متنوعی مورد استفاده قرار می‌گیرند:

- خطوط انتقال و توزیع آب
- تأسیسات آب و فاضلاب
- سیستم‌های سرمایش و گرمایش
- چیلر و موتورخانه
- نیروگاه‌ها
- صنایع نفت و گاز
- صنایع پتروشیمی
- صنایع شیمیایی
- سیستم‌های HVAC
- بررسی عملکرد پمپ‌ها
- اندازه‌گیری موقت دبی خطوط
- مانیتورینگ خطوط فرایندی

مزایای دستگاه دبی سنج التراسونیک

از مهم‌ترین مزایای این نوع دبی‌سنج می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- **عدم وجود قطعات متحرک** در بسیاری از مدل‌ها
- **افت فشار بسیار کم یا عملاً بدون افت فشار اضافی** در مدل‌های کلمپی
- امکان نصب برخی مدل‌ها بدون برش لوله
- مناسب برای اندازه‌گیری در لوله‌های با قطر بالا
- امکان استفاده به‌صورت قابل حمل در مدل‌های پرتابل
- کاهش تماس تجهیزات اندازه‌گیری با سیالات خورنده در مدل کلمپی
- نگهداری مکانیکی کمتر نسبت به برخی فلومترهای دارای اجزای متحرک
- امکان اندازه‌گیری دوطرفه جریان در مدل‌های مناسب
- مناسب برای تست و اندازه‌گیری موقت خطوط موجود

محدودیت‌های فلومتر صنعتی آلتراسونیک

در کنار مزایا باید محدودیت‌های این تکنولوژی نیز در نظر گرفته شود. عملکرد فلومتر آلتراسونیک می‌تواند تحت تأثیر عواملی مانند **جنس و ضخامت لوله، رسوب داخلی، وضعیت پروفایل جریان، وجود حباب یا ذرات، نحوه نصب سنسور و مشخصات سیال** قرار گیرد.

برای مثال، Transit Time معمولاً در سیالاتی که مقدار زیادی حباب یا مواد معلق دارند گزینه ایده‌آلی نیست؛ در مقابل، فلومتر Doppler برای عملکرد خود به بازتاب مناسب موج از ذرات یا حباب‌ها وابسته است. بنابراین انتخاب تکنولوژی مناسب اهمیت زیادی دارد.

نکات مهم و نحوه نصب فلومتر التراسونیک

نصب صحیح، به‌خصوص در مدل‌های کلمپی، تأثیر مستقیمی بر کیفیت اندازه‌گیری دارد.



1. لوله باید در محل اندازه‌گیری پر باشد

در کاربردهای اندازه‌گیری مایع، بخش لوله‌ای که سنسورها روی آن نصب می‌شوند باید در شرایط مورد نیاز دستگاه از سیال پر باشد.

2. مسیر مستقیم قبل و بعد از فلومتر بررسی شود

زانویی، شیر، پمپ و اتصالات می‌توانند پروفایل جریان را تغییر دهند. بنابراین سنسورها نباید بدون بررسی الزامات سازنده دقیقاً بعد از تجهیزات ایجادکننده آشفتگی نصب شوند.

به‌عنوان یک مقدار متداول در برخی سیستم‌هایClamp-on ، فاصله‌ای در حدود **10D قبل و 5 Dبعد** مطرح می‌شود، اما این اعداد یک قانون ثابت برای تمام فلومترها نیستند و دستورالعمل سازنده دستگاه در اولویت قرار دارد.

3. مشخصات لوله صحیح وارد شود

در مدل Clamp-on معمولاً اطلاعاتی مانند موارد زیر اهمیت دارد:

- قطر خارجی لوله
- ضخامت دیواره
- جنس لوله
- جنس و ضخامت لاینر
- نوع سیال

اشتباه در این اطلاعات می‌تواند نتیجه اندازه‌گیری را تحت تأثیر قرار دهد.

4. محل مناسب نصب سنسور انتخاب شود

در خطوط افقی باید از نقاطی که احتمال تجمع هوا یا رسوب زیاد است دوری کرد. محل دقیق سنسورها باید مطابق دستورالعمل سازنده انتخاب شود.

5. سطح لوله آماده شود

سطح محل نصب باید تا حد امکان تمیز و مناسب انتقال امواج صوتی باشد. زنگ‌زدگی، پوشش نامناسب یا سطح بسیار ناهموار ممکن است کیفیت سیگنال را کاهش دهد.

6. فاصله سنسورها دقیق تنظیم شود

فاصله بین ترانسدیوسرها بر اساس مشخصات لوله، سیال و روش نصب محاسبه می‌شود و نصب نادرست آن‌ها می‌تواند باعث کاهش دقت یا کیفیت سیگنال شود.

حالی که فلومتر مغناطیسی رایج معمولاً مستقیماً در خط لوله نصب می‌شود.

کالیبراسیون فلومتر التراسونیک چگونه انجام می‌شود؟

روش دقیق کالیبراسیون به مدل دستگاه و کاربرد آن بستگی دارد. در کالیبراسیون کامل، مقدار دبی ثبت‌شده توسط فلومتر با **سیستم مرجع اندازه‌گیری جریان** مقایسه می‌شود. سپس خطای دستگاه در چند نقطه از محدوده دبی مشخص شده و در صورت امکان، تنظیم یا اصلاح لازم انجام می‌شود.



برای کاربردهای حساس بهتر است کالیبراسیون توسط آزمایشگاه یا مجموعه‌ای انجام شود که تجهیزات مرجع مناسب و امکان ارائه **گواهی کالیبراسیون قابل ردیابی** را داشته باشد.

هر چند وقت یک‌بار فلومتر آلتراسونیک کالیبره شود؟

برای تمام فلومترهای آلتراسونیک نمی‌توان یک بازه زمانی ثابت تعیین کرد. دوره کالیبراسیون به عواملی مانند **اهمیت اندازه‌گیری، شرایط فرایند، میزان استفاده، الزامات کنترل کیفیت و توصیه سازنده** بستگی دارد.

در خطوط حساس، علاوه بر کالیبراسیون دوره‌ای، در صورت مشاهده تغییر غیرعادی در مقدار دبی، جابه‌جایی سنسورها، تغییر مشخصات لوله یا انجام تعمیرات نیز بهتر است عملکرد دستگاه دوباره بررسی شود.

تفاوت فلومتر آلتراسونیک با سایر فلومترهای صنعتی

نوع فلومتر	روش اندازه‌گیری	سیال مناسب	قطعات متحرک	افت فشار	ویژگی شاخص
آلتراسونیک	امواج فراصوت	بسته به نوع دستگاه، مایعات و برخی گازها	ندارد	بسیار کم؛ Clamp-on بدون ایجاد مانع داخلی	امکان اندازه‌گیری غیرتهاجمی
مغناطیسی	القای الکترومغناطیسی	مایعات رسانا	ندارد	بسیار کم	مناسب آب و سیالات رسانا
ورتکس	تشکیل گردابه	مایع، گاز و بخار مناسب	ندارد	وجود دارد	کاربرد مناسب در بخار
کوریولیس	اثر کوریولیس	بسیاری از مایعات و گازها	ندارد	وابسته به ساختار دستگاه	اندازه‌گیری مستقیم دبی جرمی
توربینی	سرعت چرخش توربین	سیالات مناسب و نسبتاً تمیز	دارد	وجود دارد	ساختار شناخته‌شده و متداول

انتخاب بین این تجهیزات نباید صرفاً براساس نوع فلومتر انجام شود؛ بلکه **نوع سیال، محدوده دبی، قطر لوله، فشار، دما، دقت مورد نیاز و شرایط نصب** باید هم‌زمان بررسی شوند. حالی که فلومتر مغناطیسی رایج معمولاً مستقیماً در خط لوله نصب می‌شود.

چه عواملی بر قیمت فلومتر التراسونیک تأثیر دارند؟

قیمت فلومتر نوع اولتراسونیک عدد ثابتی ندارد و به مشخصات دستگاه و شرایط پروژه بستگی دارد. مهم‌ترین عوامل عبارت‌اند از:

- برند و کشور سازنده (همچون **اندرس هاوزر**)
- کلمپی، Inline یا اینزرشن بودن
- Transit Timeیا داپلر بودن
- ثابت یا پرتابل بودن دستگاه
- محدوده قطر لوله
- تعداد مسیرهای اندازه‌گیری
- دقت و تکرارپذیری
- نوع و تعداد خروجی‌ها
- پروتکل ارتباطی
- نمایشگر و دیتالاگر
- محدوده دمایی سنسورها
- درجه حفاظت بدنه
- استانداردها و تأییدیه‌های صنعتی
- ضدانفجار بودن در صورت نیاز
- تجهیزات جانبی و طول کابل سنسورها

به همین دلیل برای استعلام قیمت بهتر است ابتدا مشخصات خط و کاربرد مورد نظر تعیین شود.

خرید فلومتر التراسونیک از یاس کنترل در مشهد

برای **خرید فلومتر آلتراسونیک** صرفاً انتخاب یک مدل بر اساس قطر لوله کافی نیست. ابتدا باید مشخص شود دستگاه برای چه سیالی، چه محدوده دبی، چه جنس لوله و چه شرایط محیطی استفاده خواهد شد.

در مدل‌ها Clamp-on اطلاعاتی مانند قطر خارجی، ضخامت و جنس لوله اهمیت ویژه‌ای دارد. همچنین باید مشخص شود دستگاه برای اندازه‌گیری دائم استفاده می‌شود یا یک **فلومتر التراسونیک پرتابل** برای تست و اندازه‌گیری دوره‌ای مورد نیاز است.

یاس کنترل در زمینه تأمین تجهیزات ابزار دقیق و انواع فلومتر صنعتی فعالیت دارد و امکان بررسی شرایط فنی پروژه برای انتخاب **دبی سنج التراسونیک** متناسب با کاربرد را فراهم می‌کند.

برای انتخاب مدل مناسب و استعلام قیمت می‌توانید مشخصات سیال، لوله، محدوده دبی و شرایط کاری را در اختیار کارشناسان فنی یاس کنترل قرار دهید.

