



Namatek
True Education

www.namatek.com

Ultrasonic Flow Meter

فلومتر التراسونيك

فهرست مطالب

۱. فلومتر التراسونیک
۲. استفاده از فلومتر التراسونیک در میترینگ

فلومتر التراسونيك یکی از جدیدترین روش های اندازه گیری فلو است. این روش که دارای فناوری جدیدی می باشد از دقت بالایی برخوردار است و همین امر منجر به استفاده از آن در صنعت میترینگ (اندازه گیری دقیق فلو) شده است.

در این نوشته به دو روش ترانزیت زمانی و اثر داپلر در فلومتر التراسونیک خواهیم پرداخت.

فلومتر التراسونیک

به امواج صوتی با فرکانس های بیشتر از ۳۰ کیلو هرتز امواج آلتراسونیک گویند (فرکانس بالای شنوایی انسان). از امواج آلتراسونیک می توان جهت اندازه گیری کمیت های زیادی استفاده نمود، در ادامه کاربرد آن را در اندازه گیری فلو خواهید دید.

این امواج در دسته امواج مکانیکی جای می گیرند (برای انتشار نیاز به محیط مادی دارند). این بدان معناست که در هنگام برخورد به یک مانع، قسمت کمی از آن نفوذ پیدا کرده و حجم عظیمی از آن بازتاب داده می شود.



فلومتر التراسونیک ، با استفاده از امواج صوتی، دبی سیال را اندازه‌گیری می‌کند و شرط اصلی آن، پر بودن پایپ از سیال است.

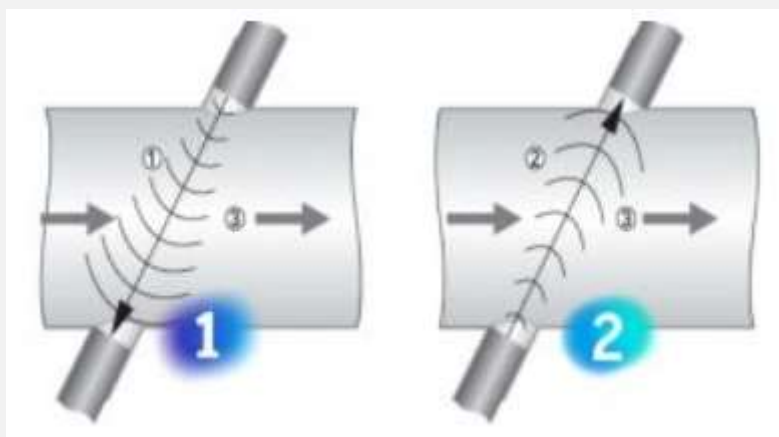
در این روش، سنسورهای پیزوالکتریک (که بتوانند امواج فرکانسی-امواج پیوسته‌ی شامل فرکانس- را تولید کنند) را بر روی خط نصب می‌کنیم. موجی صوتی به وسیله این سنسورها ارسال شده و سپس دریافت می‌شود و فلوی عبوری را محاسبه می‌کنیم.

عموما به دلیل نداشتن قسمت متحرک، ارزان قیمت هستند و هیچ گونه اثری بر روی کمیت مورد اندازه‌گیری ندارند.

روش فلومتر التراسونیک شامل دو قسمت می‌شود، آن را به بخش‌های زیر تقسیم می‌کنیم:

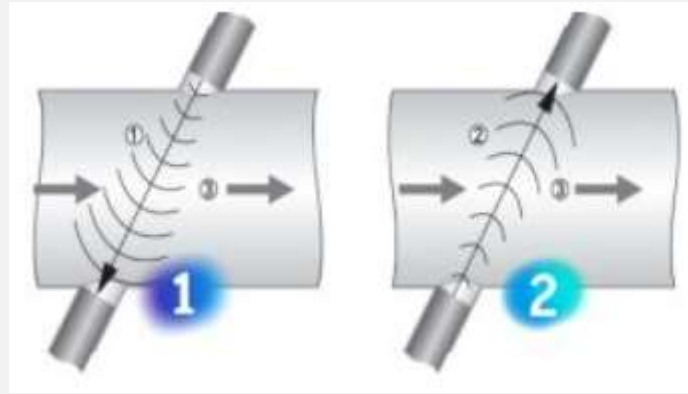
ترانزیت زمانی – زمان جابه‌جایی (Transit time)

در این روش مانند قایقی که از وسط رودخانه می‌گذرد، امواج صوتی ارسال و سپس دریافت می‌شوند. در شکل زیر بدیهی است که زمان رسیدن امواج از مسیر 1 نسبت به زمان رسیدن امواج از مسیر 2 بیشتر است (همان قایق را در نظر بگیرید). روش ترانزیت زمانی از فلومتر التراسونیک برای سیالات تمیز (مانند بخار یا آب) و عاری از هر حباب یا ذره جامد کاربرد دارد.



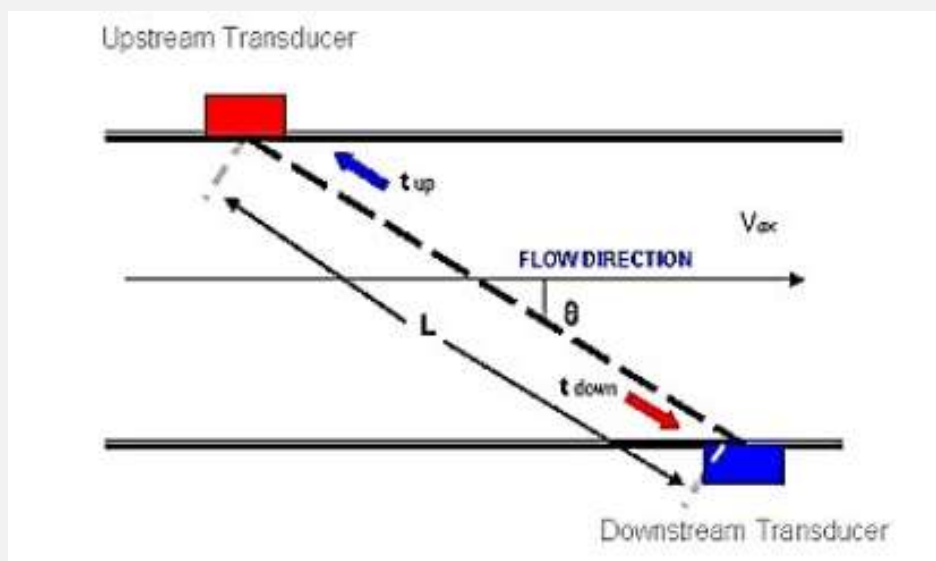
نصب سنسورها به صورت **Clamp on** است. **Clamp on** یعنی سنسور را با استفاده از بست به پایپ ببندیم. در زیر آن از ژل یا گریس استفاده می‌شود تا به مرور زمان، سنسور به لوله نچسبد. اختلاف بین این دو زمان متناسب با سرعت سیال بوده و فرکانس کاری بین را دارا هستند و در لوله‌های با سایز پایین استفاده می‌شود.

مجدداً برگردیم به شکل اول و چگونگی محاسبات را باهم مرور کنیم.



دو سنسور send و receive در این روش کاملاً مشخص هستند. سنسورها روبروی هم (مایل) در دو طرف لوله نصب می‌شوند. ابتدا یک سنسور، فرکانسی را ارسال کرده و سنسور دیگر آن را دریافت می‌کند. سپس یک یا دو ثانیه مکث خواهیم داشت و این بار همان کار به صورت برعکس انجام می‌شود. این اتفاق به صورت مداوم تکرار می‌شود.

اگر مدت زمان رفت و برگشت را به ترتیب T_{up} و T_{down} بنامیم، خواهیم داشت:



$$T_{\text{down}} = L/(C+V.\cos\theta)$$

$$T_{\text{up}} = L/(C-V.\cos\theta)$$

در رابطه فوق، C سرعت امواج داخل سیال، V سرعت سیال، L فاصله بین دو سنسور و θ زاویه بین امواج و محور اصلی است.

اثبات رابطه:

این رابطه از آن جایی به دست می‌آید که داریم:

$$L=V.\Delta t$$

L را که داریم و سرعت در هر حالت نیز بسته به آن که فرکانس ارسالی در مسیر جریان است یا در خلاف مسیر جریان، مجموعی از سرعت سیال و سرعت موج را خواهیم داشت:

$$V_{\text{down}} = C+V.\cos\theta$$

$$V_{\text{up}} = C-V.\cos\theta$$

اکنون با یک طرفین وسطین راحت به مدت زمان هر حالت خواهید رسید:

$$T_{\text{down}} = L/(C+V.\cos\theta)$$

$$T_{\text{up}} = L/(C-V.\cos\theta)$$

البته توجه کنید که مدت زمان عبور موج از لوله، بستگی به مشخصات لوله و جنس سیال عبوری دارد که در يك اندازه‌گیری خاص، ثابت می‌باشند و در کالیبراسیون دستگاه منظور می‌گردند.

روشی که در بالا مورد بحث قرار گرفت به فلومتر نوع Z یا Z-factor معروف است.

در جاهایی که سائز پایپ بیش از "۴ است، می‌توان از این روش استفاده کرد. "۱۵۶~۴"

عملاً محدودیت سائزی از بالا نداریم. اما برای سائزهای کوچکتر از "۴ چه کنیم. چون برای سائزهای کوچکتر از "۴، آنقدر زمان ارسال اندک است که قابل اندازه‌گیری نیست.

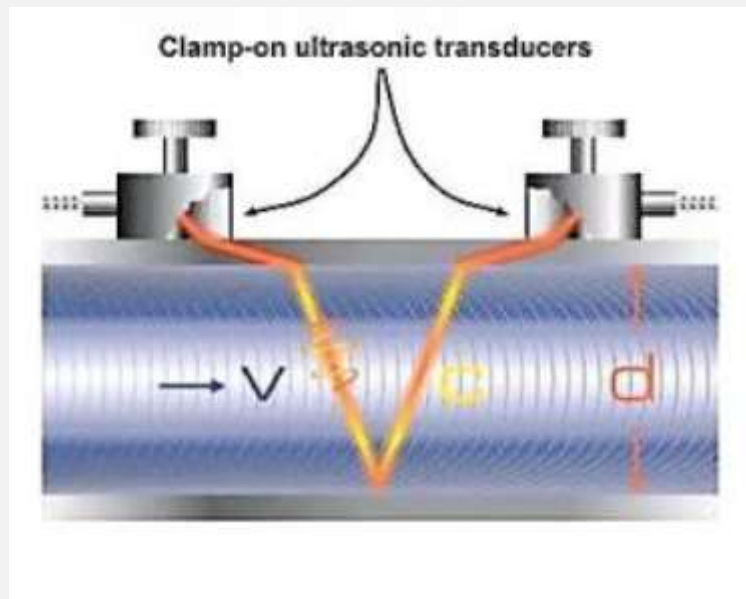
فلومتر ترانزیت زمانی مدل V

روش دیگر اندازه‌گیری در حالت Transit time، فلومتر نوع V یا V-factor است. این روش برای سیالات تمیز و عاری از رسوب توصیه می‌گردد. همچنین در سائز پایپ‌های کوچکتر نیز قابلیت استفاده را دارا است.

شاید در همان ابتدای بحث برایتان این سوال پیش آمد که چرا در تصویر زیر، هر دو سنسور در یک طرف نصب شده‌اند.



این دقیقا به همین علت است که در این پروژه، سایز لوله کوچک بوده و سنسورها را به صورت V نصب کرده‌ایم. در این روش ترانسدیوسرها در یک طرف محل اندازه‌گیری قرار گرفته و فاصله آن‌ها در حدود قطر لوله است. به طوری که سیگنال‌های ارسالی از ترانسدیوسرها پس از برخورد به طرف دیگر مسیر، بازتابش شده و توسط دیگری دریافت می‌گردد. از این روش برای پایپ‌های ۲"~۴" استفاده می‌شود.



مقدار سرعت در این اندازه گیری از رابطه زیر به دست می آید:

$$V = k.d.\Delta t / \sin 2\theta . (T_0 - \tau)$$

در این رابطه k مقدار ثابت، V سرعت سیال، d قطر پایپ، θ زاویه برخورد سیگنال به پایپ با محور عمودی، T_0 زمان انتقال سیال در فلوی ثابت، ΔT اختلاف بین زمان ارسال و دریافت، τ زمان انتقال سیگنال از طریق دیواره داخلی لوله است.

تذکر مهم: قطعا برای شما سوال شده است که فاصله بین این دو سنسور چقدر بایستی باشد و چگونه محاسبه می شود؟

این آیتم از جمله اطلاعاتی است که در واقع از جزئیات ساخت محصول به شمار می آید و در نصب به صورت Transit time سازنده محل Send و Receive را براساس پارامترهای سیال و سایزینگ آن بر روی یک Ruler

ارائه می دهد و لذا این ruler روی پایپ با بست کمربندی نگه داشته می شود.



اثر داپلر (Doppler)

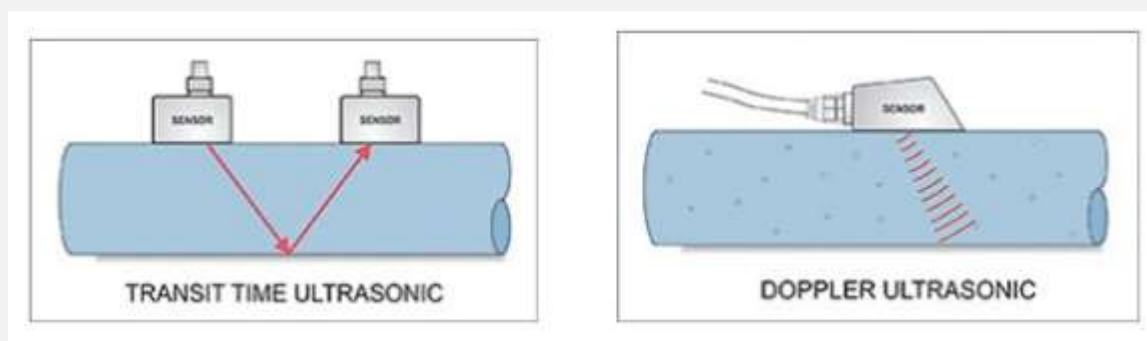
برای روش ترانزیت زمانی، اشاره کردیم که بایستی در case های تمیز Clean استفاده بشوند. اما آیا برای نمونه های دارای رسوب و ذرات متخلخل نمی توانیم از التراسونیک استفاده کنیم؟

در نمونه های **Slurry**، **Partial** و **High viscous** بایستی به سراغ روش داپلر برویم.

روش داپلر مبتنی بر استفاده از شیفت فرکانسی موج صوتی برگشت داده شده است. که این شیفت متناسب با سرعت سیال است. این روش برای سرویس هایی با ذرات جامد معلق یا حباب، سرویس های کثیف و حاوی slurry و همچنین نمونه های High viscous مناسب است. در واقع

این گونه سیالات هستند که فرکانس صوتی به آن ها برخورد کرده و بازگشت داده می شود.

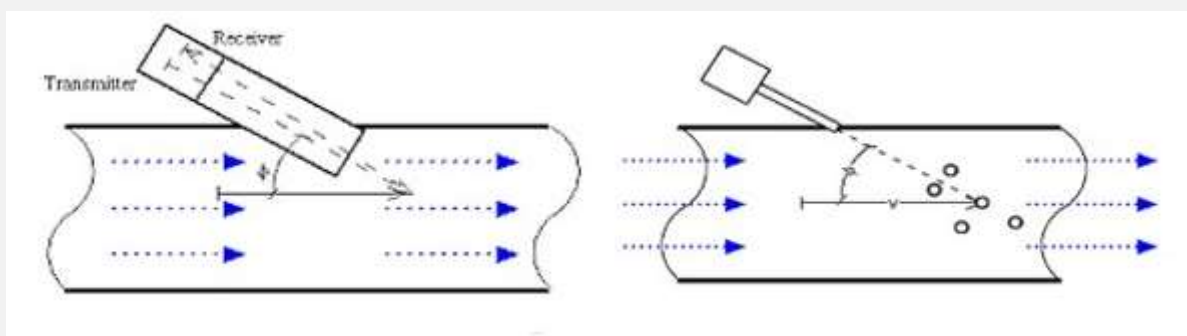
سنسور های پیزو الکتریک در یک housing قرار می گیرند و فرکانس کاری مربوط به آنها $640\text{KHz} \sim 1\text{MHz}$ است. در مواردی مانند سرویس های فاضلاب یا پساب ها به دلیل انفصال و عدم تداوم در موج صوتی از روش داپلر نیز نمی توان استفاده کرد. اساس کار این است که امواج ما فوق صوتی ارسال شده از فرستنده به سمت گیرنده توسط حرکت ذرات و حباب ها تغییر فرکانس می یابد (که به علت انعکاس موج از روی این ذرات است). این تغییر فرکانس ملاک اندازه گیری فلو عبوری است.



از رابطه زیر می توان سرعت را اندازه گیری نمود:

$$V = C \cdot \Delta f / (2f_0 \cdot \cos\theta)$$

در این رابطه C سرعت سیگنال ارسالی، V سرعت سیال، θ زاویه امواج ارسالی و حرکت سیال، f_0 فرکانس سیگنال ارسالی و Δf اختلاف فرکانس ارسالی و دریافتی است.



سپس با استفاده از $Q=A \times V$ ، به فلو عبوری دست خواهیم یافت.
دقت این روش به عواملی چون ضخامت دیواره لوله، تعداد و اندازه ذرات
معلق در سیال بستگی دارد.

در روش التراسونیک بایستی کل پایپ پُر باشد.
بهترین توصیه، استفاده از این تجهیز در سیال‌هایی با عدد رینولدز کمتر از
۴۰۰۰ (linear) و یا بالاتر از ۱۰۰۰۰ (turbulent) است.

استفاده از فلومتر التراسونیک در میترینگ

در این حالت دقت اندازه‌گیری بهتری در حدود ۷۵/۱۰۰ درصد را خواهیم
داشت.

در نهایت روش فلومتر التراسونیک با دقت بسیار بالا می‌تواند به عنوان پایه
اندازه‌گیری در Custody Meter جهت محاسبه فلو خروجی از سایت
مورد استفاده قرار گیرد. اما پیش‌تر گفتیم که این روش دقت بالایی ندارد

و در نمونه های Custody Meter بایستی دقت فلومتر فوق العاده بالا باشد.

Custody Meter یا همان Metering به معنای اندازه‌گیری فلوی خروجی با دقت بسیار بالا است که معمولا در آخرین مرحله اندازه‌گیری فلو در نظر گرفته می‌شود. برای بالا بردن دقت می‌توان از چند سنسور send و receive استفاده کرد. مثلا با داشتن ۴ سنسور و ۲-Beam می‌توان دقت را افزایش داد. (مثلا مدل OPTISONIC 8300 شرکت KROHNE – دقت اندازه‌گیری در حدود ۰/۱۵٪)

