

بسم الله الرحمن الرحيم

بخش پنجم

**ابزار اندازه گیری و کنترل
ترم دوم سال تحصیلی ۹۶-۹۷**

محمد مزیدی

Mazidi.blog.ir

Mohammad.mazidi@iran.ir

مبدل جابجایی

- پتانسیومتر مقاومتی
- ترانسفورمر تفاضلی متغیر خطی
- ترانسدیوسرهای القائی متغیر
- ترانسدیوسرهای خازنی متغیر
- کرنش سنج‌ها

مبدل جابجایی

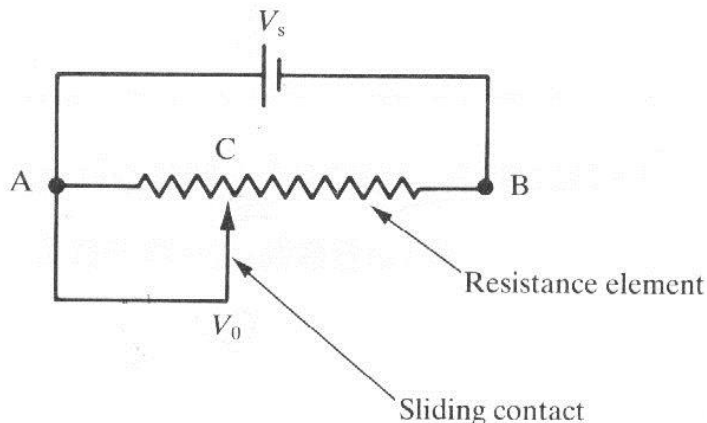
➤ پتانسیومتر مقاومتی

- از یک مقاومت و یک نقطه تماس متحرک که روی این مقاومت قرار گرفته است تشکیل یافته است.
- یک ولتاژ ورودی V_i به دو سر این مقاومت (A, B) وارد می شود. ولتاژ خروجی (V_o) بین نقطه تماس (C) و نقطه A اندازه گیری می شود که دارای رابطه خطی با طول مقاومت AC دارد:
- گستره اندازه گیری از ۱ الی ۲ سانتی متر تا ۱ الی ۲ متر می باشد.
- دقت کمی دارد.

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{AC}{AB}$$

❑ مشکل اصلی این مبدل:

- به طور معمول بعلت پوشیده شدن مقاومت از یک لایه نازک آلودگی تماس به طور کامل انجام نمی گیرد و در نتیجه مقاومت حاصل بیشتر از آنچه که هست نشان داده می شود و موجب اشتباه زیاد در ولتاژ خروجی می گردد.



مبدل جابجایی

❖ ترانسفورمر تفاضلی متغیر خطی (Linear Variable Differential Transformer, LVDT)

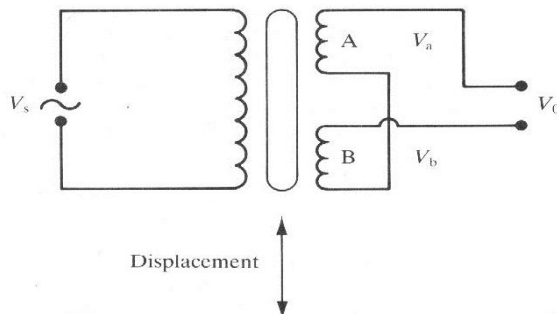
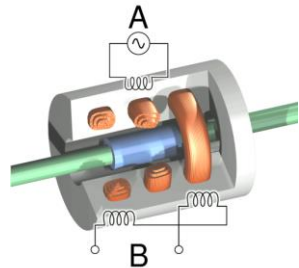
- با تحریک سیم پیچ اولیه توسط یک ولتاژ متناوب ($V_s = V_{peak} \sin \omega t$)، ولتاژهای ایجاد شده در سیم پیچ‌های ثانویه (V_a, V_b) به صورت زیر حاصل می‌شوند:

$$V_a = K_a \sin (\omega t - \phi)$$

$$V_b = K_b \sin (\omega t - \phi)$$

- اگر هسته در مرکز قرار بگیرد، $k_b = k_a$ $\leftarrow V_o = V_b - V_a = 0$

- با جابجایی هسته به یک سمت داریم: $V_o = (K_1 - K_2) \sin (\omega t - \phi)$



- عمر دستگاه بسیار طولانی

- طول اندازه‌گیری بین ± 100 میکرومتر تا ± 100 میلیمتر

مبدل جابجایی

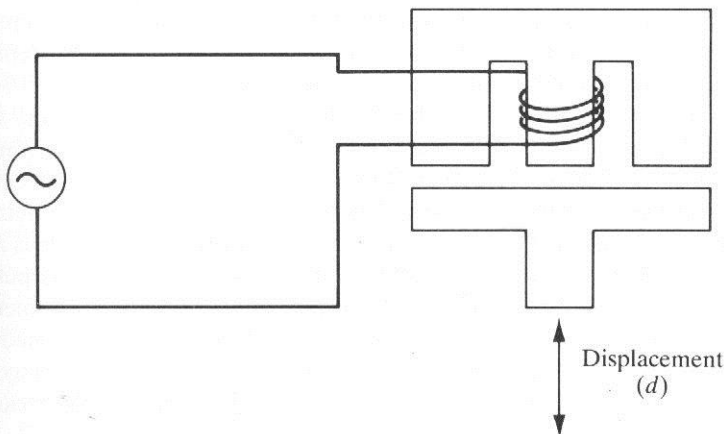
❖ مبدل القائی متغیر

- برای اندازه‌گیری جابجائی‌های خطی کوچک در حدود چندین میلیمتر به کار می‌روند.
- بر مبنای تغییر در القاء متقابل بین دو قطعه مغناطیسی می‌باشند.
- تفاوت آنها با LVDT در این است که به جای سه سیم پیچ از یک سیم پیچ استفاده می‌کنند.

- به سیم پیچی که دور هسته مرکزی آهن ربای E شکل پیچیده و لتاز متناوب داده می‌شود.
- جسمی که جابجا می‌شود به آهن ربای صفحه ای وصل می‌شود.
- حرکت صفحه منجر به تغییر شار مغناطیسی شده و جریان

در سیم پیچ تغییر می‌کند. $I \sim 1/L$

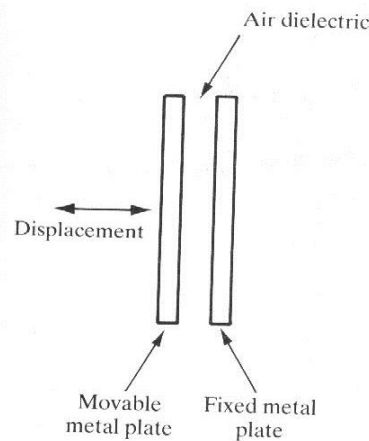
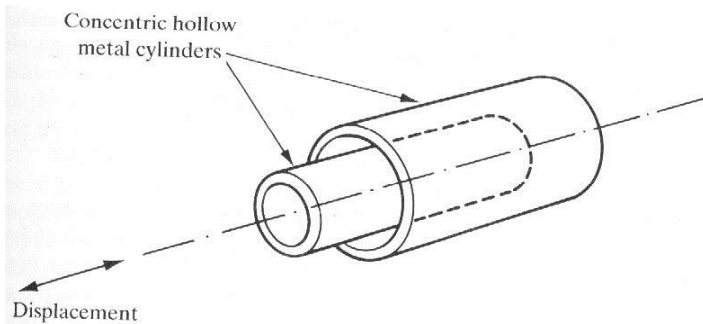
L مقدار القا بر حسب هانری می‌باشد که با جابجایی رابطه غیرخطی دارد.



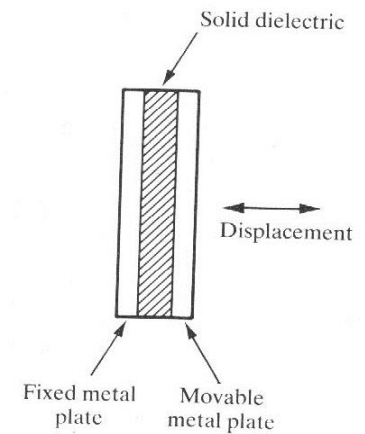
مبدل جابجایی

❖ خازنی متغیر

- در هر سه روش زیر با جابجایی ظرفیت خازن تغییر می کند.
- طول عمر آنها بسیار بالا و حدود ۲۰۰ سال در نظر گرفته می شود.
- حداقل اندازه گیری با کیفیت بسیار عالی در حد یک میکرومتر می تواند انجام می شود.



(b)

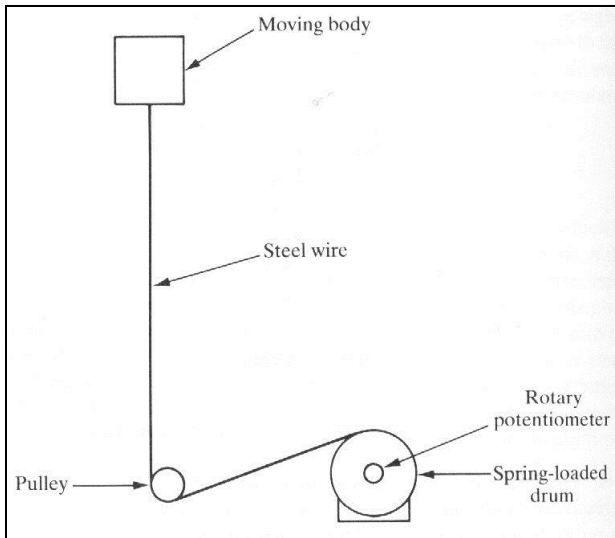


(c)

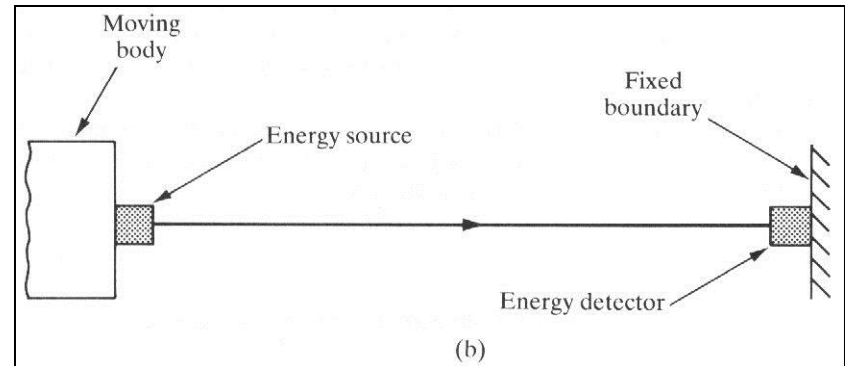
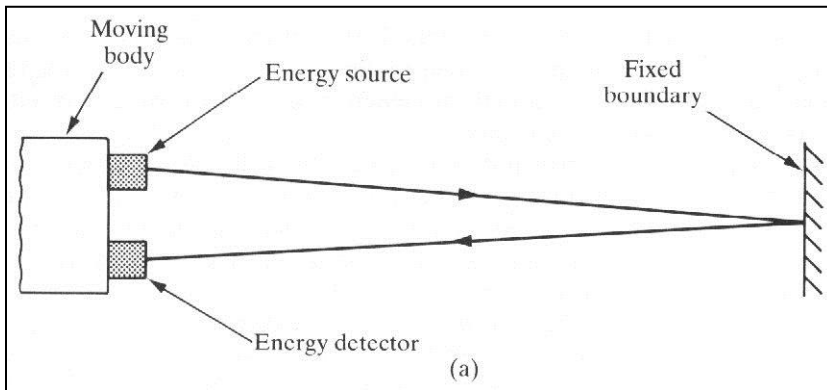
مبدل جابجایی

❖ اندازه گیری جابجایی های بزرگ

➤ با جابجایی، مفتول دور قرقره کشیده می شود و با استفاده از یک پتانسیومتر دورانی می توان تعداد دورهای قرقره را بدست آورد که در نتیجه مسافت طی شده محاسبه می شود.



➤ استفاده از یک منبع انرژی (نور یا التراسونیک) برای ارسال به یک نقطه مرجع و با اندازه گیری زمان رفت و برگشت این موج می توان مسافت را بدست آورد.



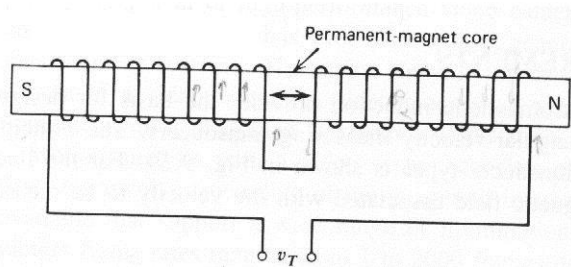
مبدل سرعت

➤ مبدل سرعت خطی (LVT)

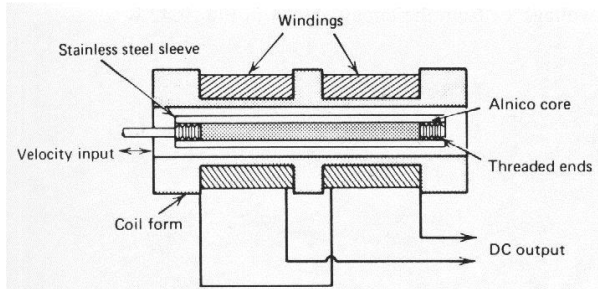
- با عبور کردن آهن ربای دائمی از داخل سیم پیچ های سری ولتاژهای القا شده با هم جمع می شوند.
- مبدل معادل یک ژنراتور ولتاژ است که به صورت سری به یک القاگر (سلف) L_T و یک مقاومت R_T وصل می باشد.

$$L_T \frac{d_i}{d_f} + (R_T + R_M) i = S_V v$$

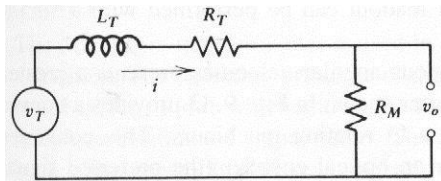
- در این معادله S_V حساسیت ولتاژ مبدل $[mv/(in./s)]$ ، v سرعت وابسته به زمان مورد اندازه گیری $(in./s)$ و i جریان متغیر وابسته به زمان موجود در مدار می باشد.



شکل شماتیک مبدل سرعت



شکل برش خورده مبدل سرعت



مدار مبدل سرعت

مبدل سرعت

❖ اندازه گیری سرعت زاویه ای

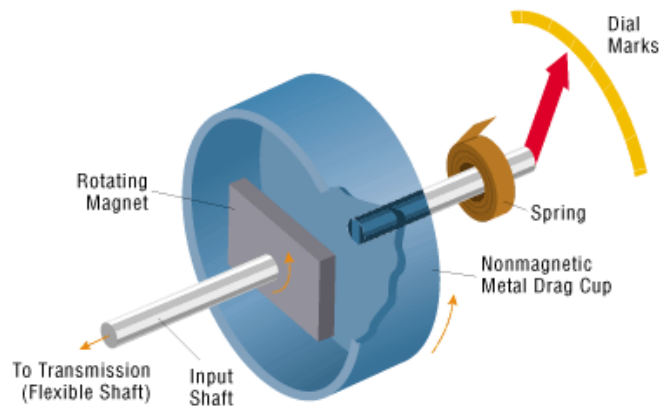
- کاربرد اصلی مبدل های سرعت دورانی در سیستم های کنترل سرعت می باشد.
- این مبدل ها همچنین برای اندازه گیری سرعت های خطی که تنها به منظور اندازه گیری، تبدیل به حرکت دورانی شده اند (به وسیله چرخنده های مناسب)، وسیله بسیار مناسب هستند.

- انواع مبدل سرعت زاویه ای
 - دور سنج جریان مستقیم
 - دورسنج جریان متناوب
 - ژنراتور تاکومتری کاسه ای
 - مبدل سرعت زاویه ای با القاء متغیر

مبدل سرعت زاویه ای

➤ ژنراتور تاکومتری کاسه‌ای

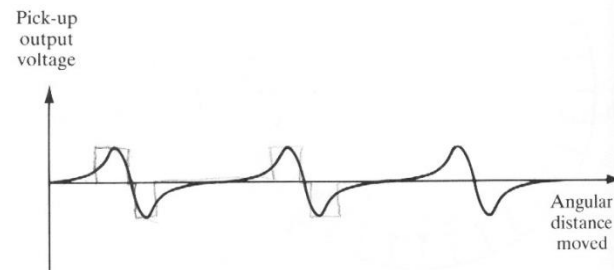
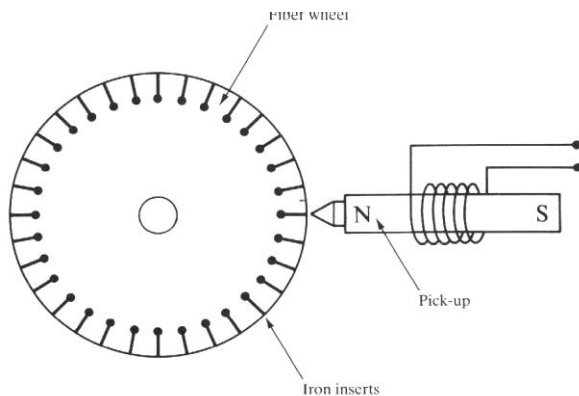
- آهن ربای دائمی در داخل یک کاسه استوانه هادی ولی غیرآهن ربا می چرخد.
- در نتیجه یک ولتاژ القایی ایجاد می شود که موجب جریان چرخشی ادی در داخل کاسه می شود.
- جریان ادی با میدان مغناطیسی حاصل از آهن ربای دائم تداخل نموده و ایجاد یک گشتاور می کند.
- واکنش کاسه نسبت به این گشتاور حرکت چرخشی است تا اینکه گشتاور مزبور به وسیله گشتاور حاصل از فنر نگاه دارنده‌ی کاسه خنثی شود.
- به طور معمول از این نوع تاکومترها برای نشان دادن دور موتور اتومبیل و هواپیما استفاده می شود.



مبدل سرعت زاویه ای

➤ مبدل سرعت زاویه ای با القاء متغیر

- صفحه دوار از مواد فیبری که عایق می باشد ساخته شده است که در اطراف آن قطبهای از آهن نرم با فواصل معین و مساوی قرار گرفته اند.
- انتهای قطب شمال آهن ربا که به صورت یک نوک به فاصله حدود ۰/۵ میلیمتر از لبه صفحه دوار قرار گرفته است.
- وقتی هر قطب آهنی به نوک بارگیر نزدیک می شود مقاومت مغناطیسی مدار کاهش یافته و شار موجود در هسته آهن ربا کاهش می یابد و با دور شدن افزایش می یابد.
- با تغییر یافتن شار مغناطیسی، در سیم پیچ آهن ربا جریانی ایجاد می گردد که بزرگی ولتاژ آن متناسب با آهنگ تغییرات شار می باشد.



فرکانس این تناوب
متناسب با سرعت
دورانی است.

مبدل سرعت و دبی سیال

➤ لوله پیتو

- برای جریان سیال از نقطه O به نقطه S میتوان معادله برنولی را به شرح زیر نوشت:

$$\frac{P_o}{\gamma} + \frac{v_o^2}{2g} = \frac{P_s}{\gamma} + \frac{v_s^2}{2g}$$

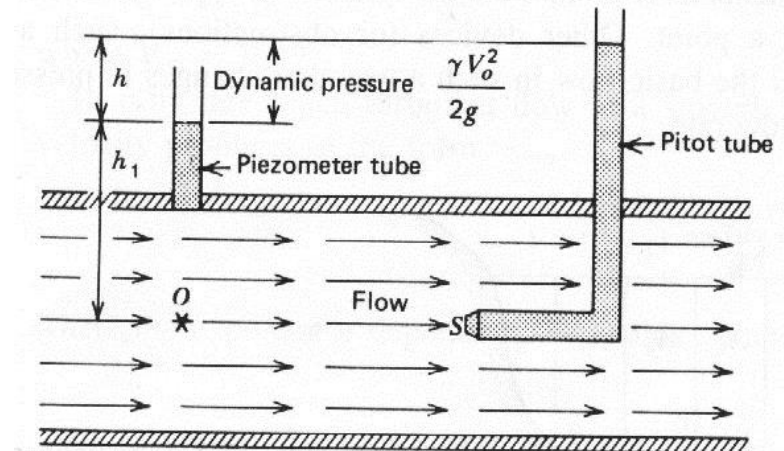
- وقتی ذرات سیال از نقطه O به نقطه S می‌رسد (نقطه استائی در مرکز ورودی لوله پیتو)، سرعت آنها، به خاطر افزایش فشار، به صفر می‌رسد.
- چون $V_s = 0$ و فشار دینامیکی (P_d)، برابر است با $P_d = (P_s - P_o)$ ، بنابراین:

$$P_d = P_s - P_o = \frac{\gamma v_o^2}{2g} = \gamma h$$

در زیر بدنه هواپیما

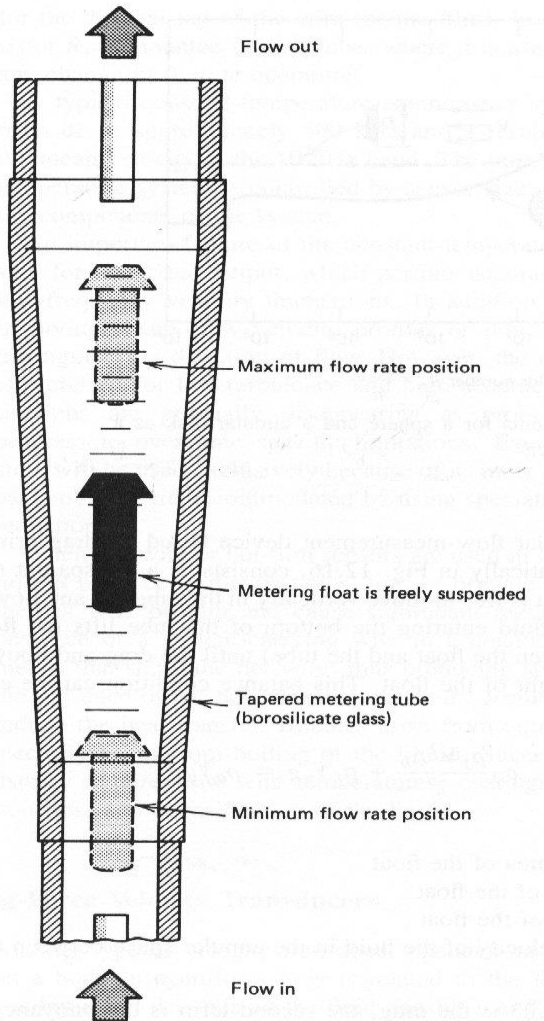
$$v_o = \sqrt{2g \frac{(P_s - P_o)}{\gamma}}$$

$$v_o = \sqrt{2gh}$$



مبدل سرعت و دبی سیال

➤ روتامتر



- از یک لوله مخروطی شفاف و یک شناور تشکیل یافته است.
- وقتی مایع بطور عمودی از پایین وارد این لوله شود شناور را با خود بلند می کند.
- این حرکت ادامه دارد تا اینکه بین نیروهای وارده بر شناور تعادل برقرار می شود و شناور در داخل مایع در حال جریان، ثابت می ماند.

$$F_d + \rho_f V_b g = \rho_b V_b g$$

- در این رابطه F_d نیروی است که تلاش به کشیدن شناور به طرف بالا می کند، ρ_f جرم مخصوص مایع، ρ_b جرم مخصوص شناور، V_b ، حجم کلی شناور و g شتاب ثقل زمین می باشد.

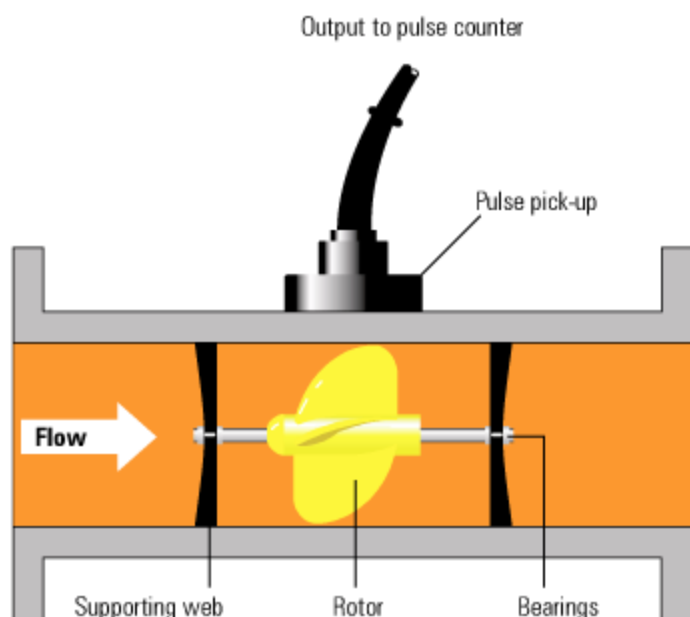
مبدل سرعت و دبی سیال

- نیروی F_d با استفاده از رابطه زیر بدست می‌آید:
- در این رابطه C_d ضریب کشش، A_b سطح شناور در قطر حداکثر و U_m متوسط سرعت مایع که از سطح حلقوی بین شناور و جداره لوله عبور می‌کند.

مبدل سرعت و دبی سیال

➤ دبی سنج توربینی

- سرعت چرخش پروانه متناسب با سرعت سیال است
- دبی سنج‌های توربینی با دقت بسیار بالایی ساخته می‌شوند و می‌توانند دبی سیالات را در درجات حرارت بین ۲۵۷- الی ۴۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد با دقت $\pm 0.5\%$ درصد برای مایعات و $\pm 0.5\%$ برای گازها اندازه‌گیری کنند.
- گستره‌ی کاری آنها بین ۰.۳/۰-۲۰۰۰ گالن در دقیقه می‌باشد.



مبدل سرعت و دبی سیال

➤ اندازه گیری دبی با تغییرات فشار

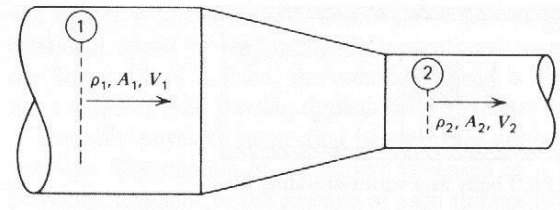
• معادله برنولی که در مورد یک سیال غیر قابل تراکم:

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + z_2$$

- در جریان پیوسته و یکنواخت، دبی در دو نقطه ۱ و ۲ که فشار اندازه گیری می شود یکسان است:

$$Q = A_1 V_1 = A_2 V_2$$

$$Q_i = \frac{A_2}{\sqrt{1 - (A_2 / A_1)^2}} \sqrt{2g \left(\frac{P_1}{\gamma} + z_1 - \frac{P_2}{\gamma} - z_2 \right)}$$



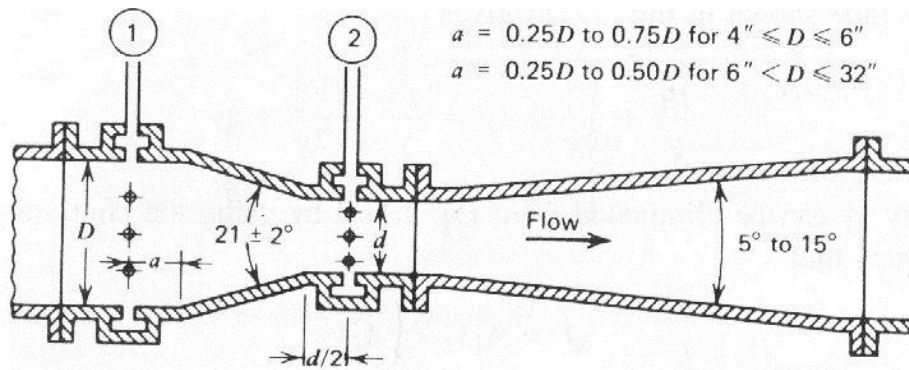
❖ انواع دستگاه با استفاده از این معادلات

- ونتوری متر
- دبی سنج روزنه‌ای
- دبی سنج زانوئی

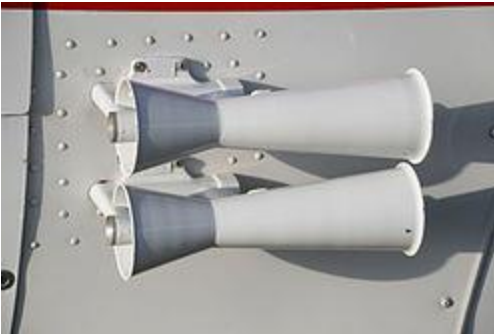
مبدل سرعت و دبی سیال

➤ ونتوری متر

- ابعاد توصیه شده و محل‌های مناسب نصب شیر فشار برای یک ونتوری متر ←



- دبی واقعی بدلیل وجود اصطکاک در دیواره کانال در حد واسط دو نقطه اندازه‌گیری فشار بوده و اتلاف انرژی در این خصوص به طور تجربی تعیین می شود. $Q_a = Q_1 C_v$
- C_v ضریب سرعت می باشد.



مبدل سرعت و دبی سیال

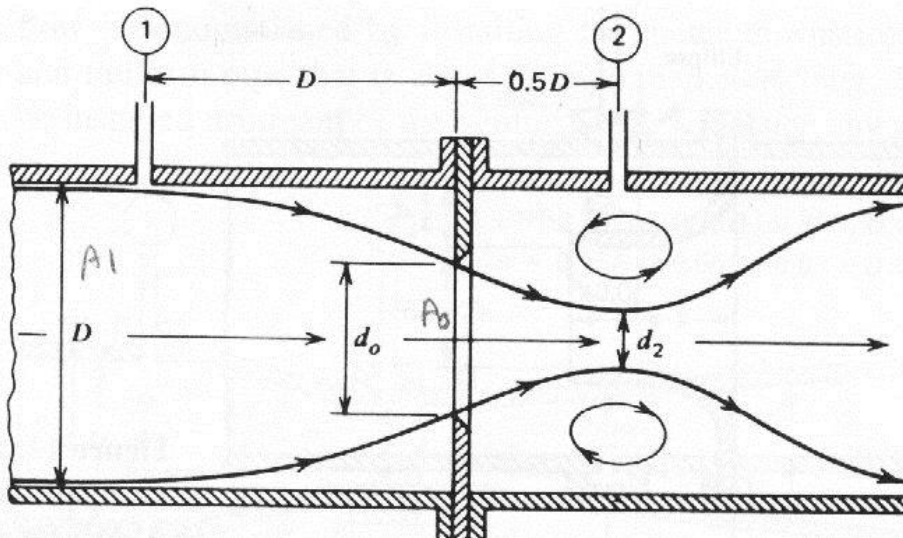
➤ دبی سنج روزنه‌ای

$$Q_a = C A_0 \sqrt{2g \left(\frac{P_1}{\gamma} + z_1 - \frac{P_2}{\gamma} - z_2 \right)}$$

- در این رابطه C ضریب روزنه می‌باشد که بستگی به ضریب سرعت (C_v)، ضریب انقباض (C_c)، و نسبت A_0/A_1 دارد و از رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$C = \frac{C_v C_c}{\sqrt{1 - (C_c A_0 / A_1)^2}}$$

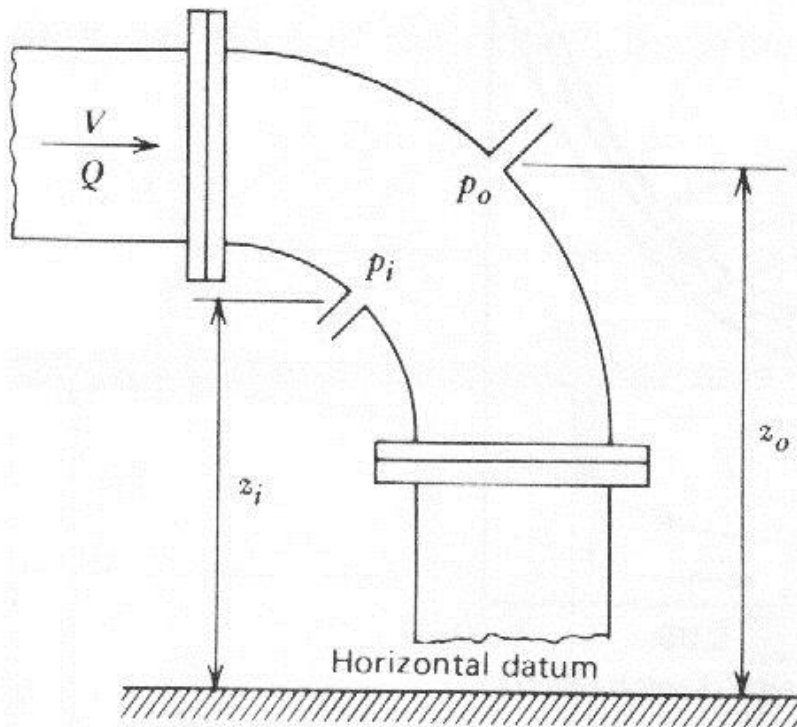
- ضریب انقباض : $A_2 = C_c A_0$



مبدل سرعت و دبی سیال

➤ دبی سنج زانوئی

- فشار بالا از بیرون زانویی گرفته می شود و فشار پایین از داخل زانویی گرفته می شود که اختلاف فشاری متناسب با دبی جریان ایجاد می کند.



مبدل سرعت و دبی سیال

➤ دبی سنج موئین

- وقتی قرار است دبی یک جریان سیال بسیار کوچکی اندازه گیری شود از دبی سنج موئین استفاده می شود.
- قانون هیگن - پوزیل که در این شرایط صادق است به صورت زیر می باشد:

$$\frac{P_1 - P_2}{\gamma} = \frac{32\mu L}{\gamma D^2} V = \frac{\gamma_m - \gamma}{\gamma} h$$

