

بسم الله الرحمن الرحيم

توربوماشین‌ها



محمد صادق کریمی

گروه تبدیل انرژی، دانشکده مهندسی مکانیک دانشگاه صنعتی شریف



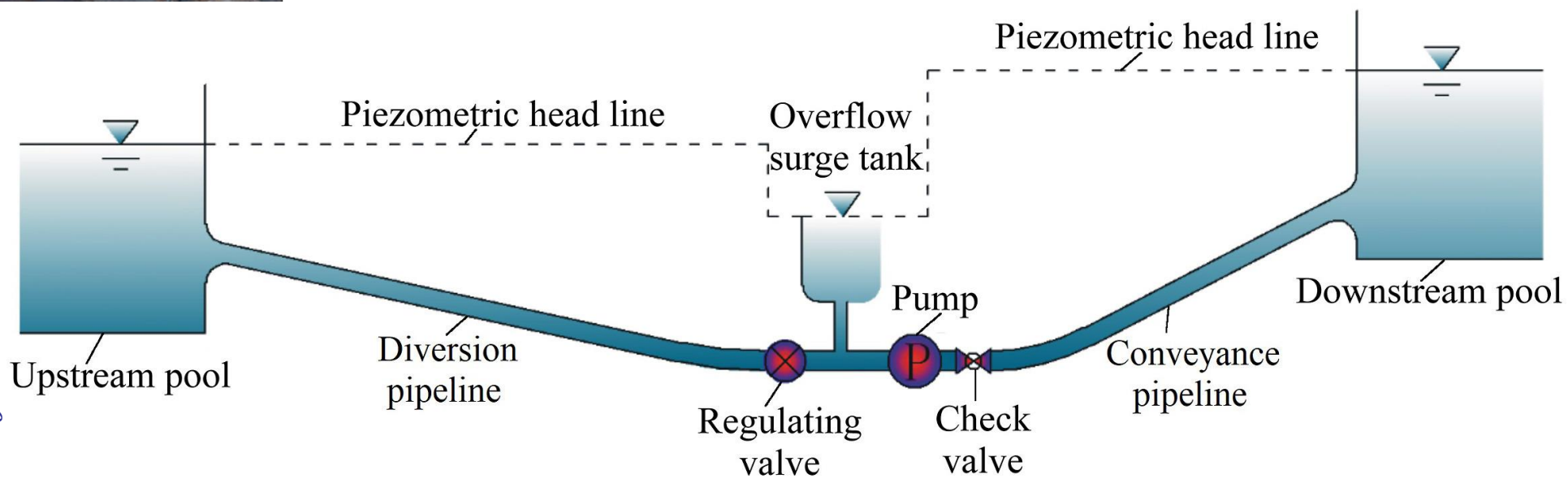
مقدمه، تجهیزات و اتصالات	۱-۳
روابط اصلی	۲-۳
کاویتاسیون	۳-۳
منحنی‌های عملکردی و ترکیب پمپ‌ها	۴-۳
انواع شیرهای صنعتی در مدار	۵-۳
طراحی مدار	۶-۳
اندازه‌گیری دبی، دما و فشار در مدار	۷-۳

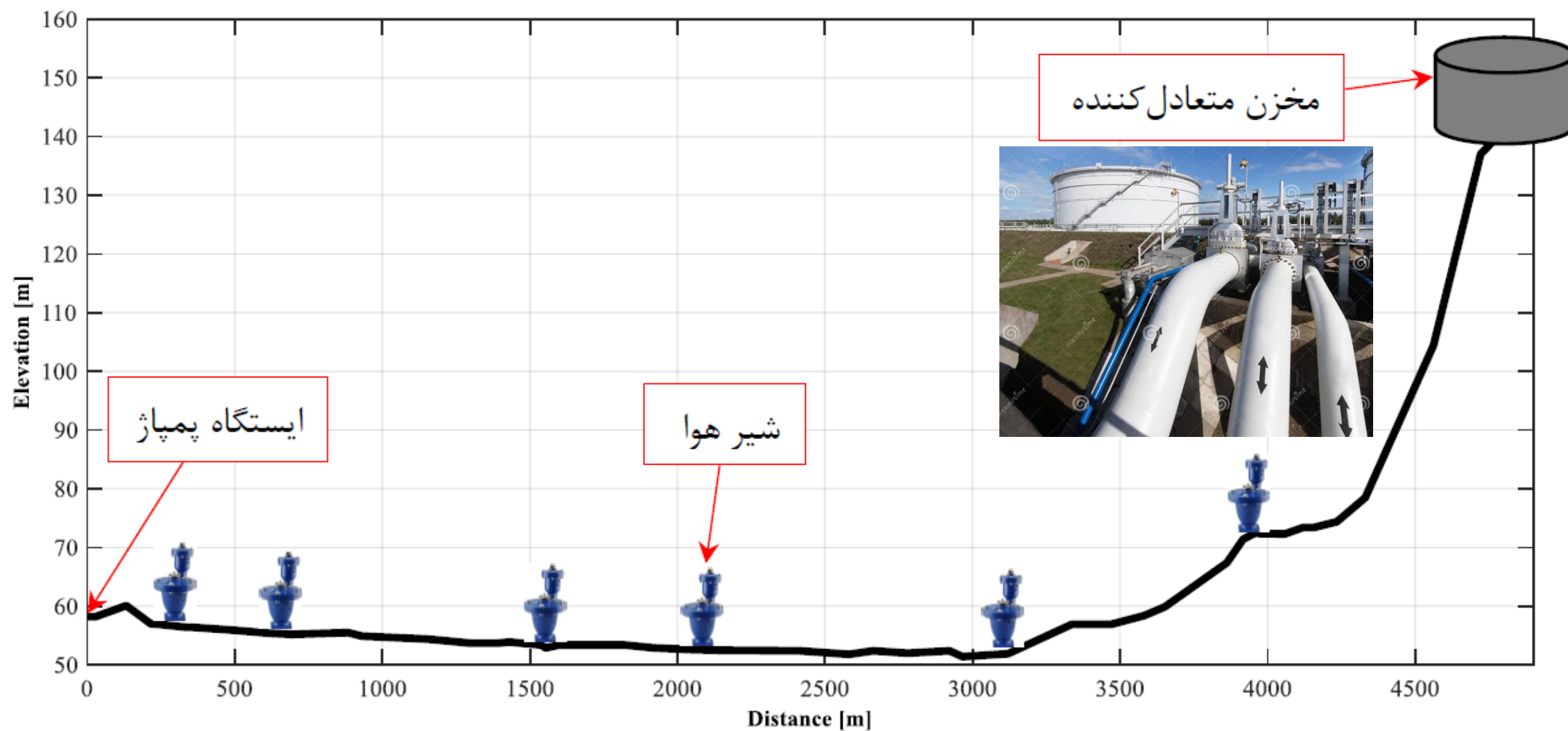




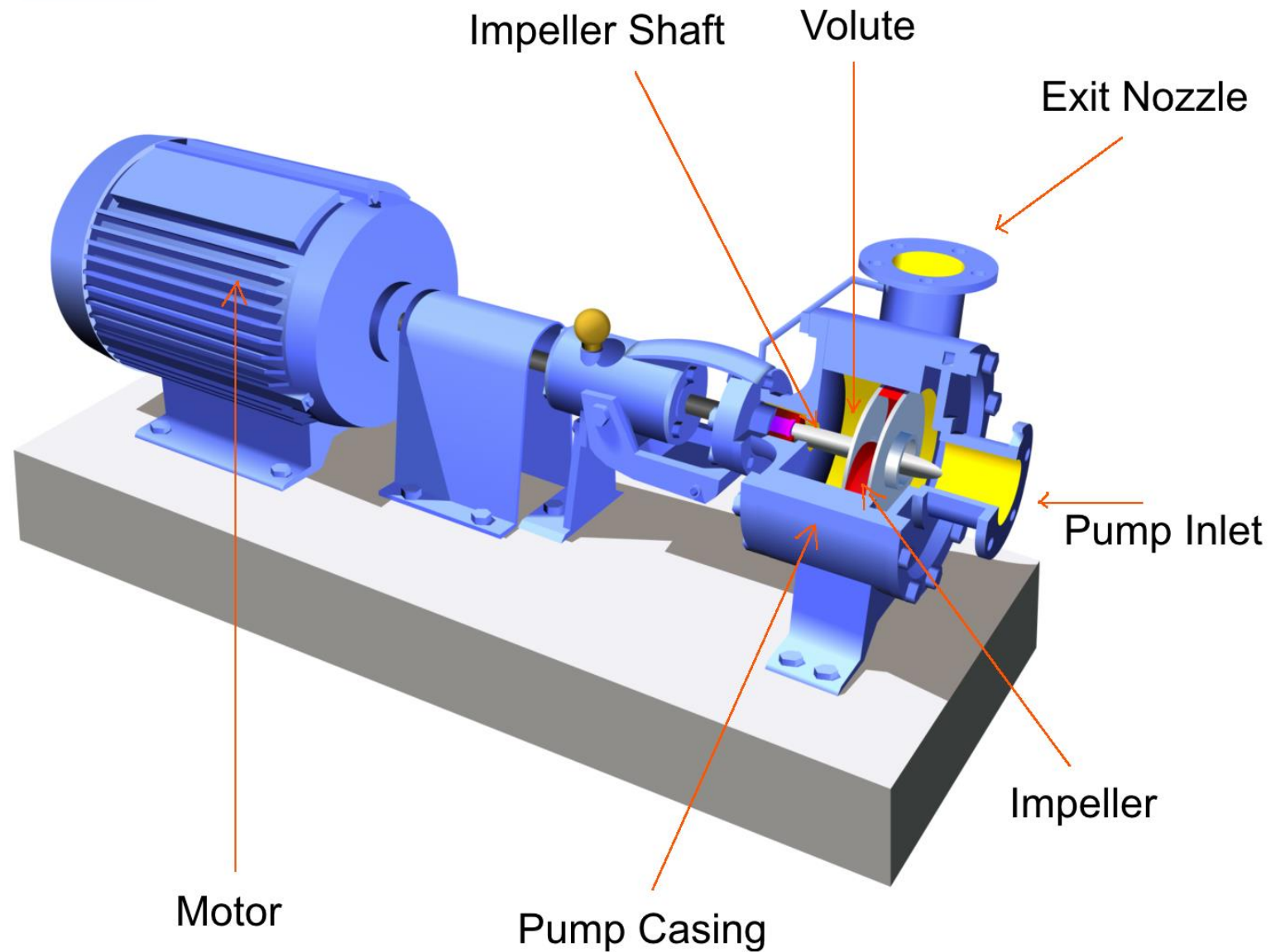
مقدمه، تجهیزات و اتصالات

❖ نمونه مدار و تجهیزات مورد استفاده





❖ مجموعه پمپ و الکتروموتور





روابط اصلی

❖ معادله انرژی برای خط مکش و خط رانش

$$\frac{P_A}{\rho g} + \frac{V_A^2}{2g} + Z_A = \frac{P_S}{\rho g} + \frac{V_S^2}{2g} + Z_S + H_{L1}$$

$$\frac{P_D}{\rho g} + \frac{V_D^2}{2g} + Z_D = \frac{P_B}{\rho g} + \frac{V_B^2}{2g} + Z_B + H_{L2}$$

❖ سمت چپ رابطه (۱) ارتفاع مانومتریک پمپ و سمت راست مقاومت مدار است.

$$\frac{P_D - P_S}{\rho g} + \frac{V_D^2 - V_S^2}{2g} + (Z_D - Z_S) = \frac{P_B - P_A}{\rho g} + (Z_B - Z_A) + \frac{V_B^2 - V_A^2}{2g} + H_L \quad (1)$$



$$H_P = H_R$$





روابط اصلی

❖ مشخصه مدار به صورت زیر تعریف می شود:

$$H_R = \frac{P_B - P_A}{\rho g} + (Z_B - Z_A) + \frac{V_B^2 - V_A^2}{2g} + H_L \quad \longrightarrow \quad H_R = H_{dy} + H_{st}$$

$$H_{dy} = \frac{V_B^2 - V_A^2}{2g} + H_L = KQ^2$$

$$H_L = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} + K_L \frac{V^2}{2g}$$

$$H_L = f \frac{L_{eq}}{D} \frac{V^2}{2g}$$

$$H_{st} = \frac{P_B - P_A}{\rho g} + (Z_B - Z_A)$$

$$H_R = H_{st} + KQ^2$$

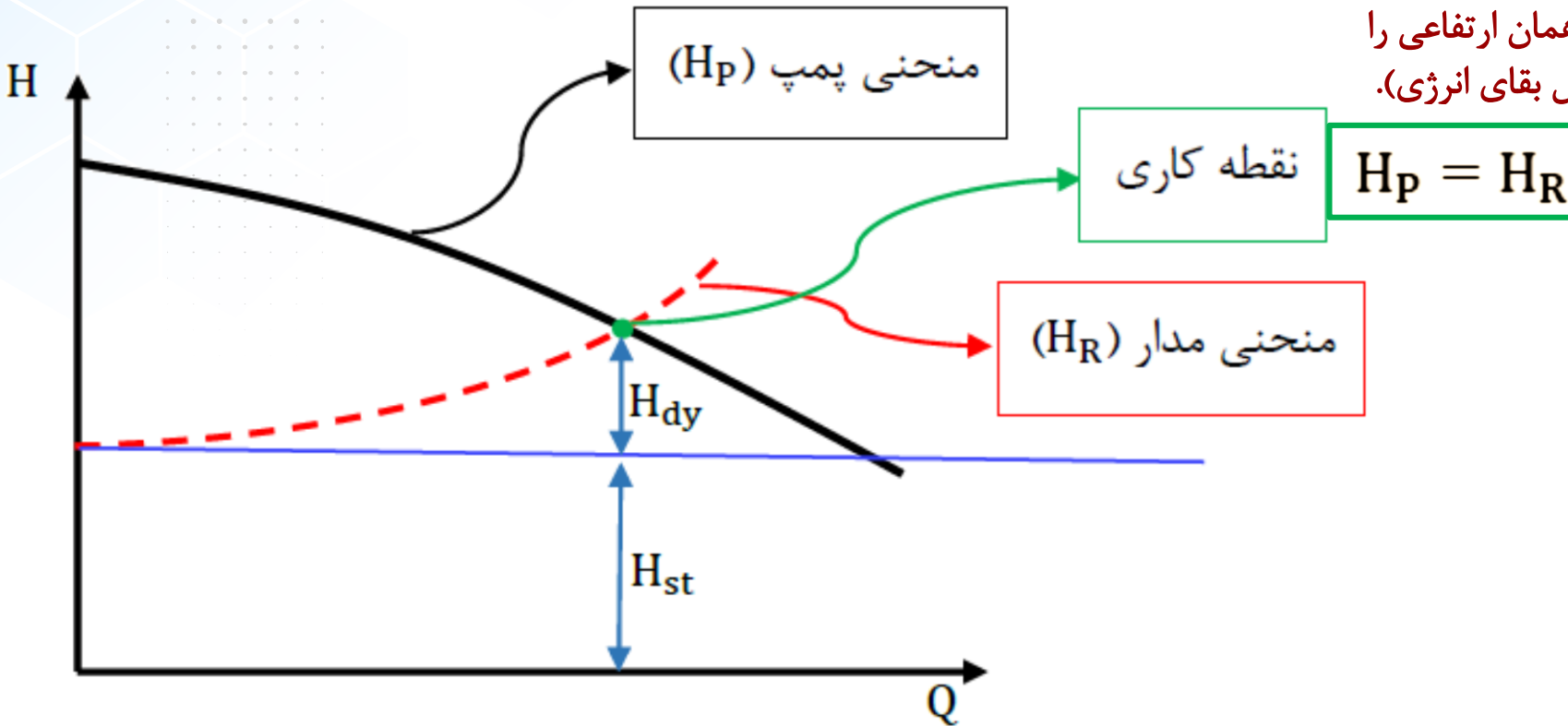




روابط اصلی

❖ H_R مشخصه مدار و H_P مشخصه پمپ است.

✓ در نقطه کار دبی عبوری از پمپ و مدار یکسان بوده (اصل بقای جرم) و همچنین، پمپ همان ارتفاعی را تولید می کند که مدار لازم دارد (اصل بقای انرژی).



❖ تغییر هد استاتیک

✓ تغییر ارتفاع آب درون مخازن به علت بارندگی می تواند یکی از دلایل باشد.

✓ در این حالت شیب نمودار تغییر نمی کند.

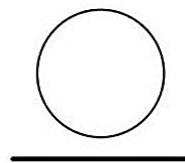
✓ برای یک پمپ سیرکولاسیون (مثلا شوفاژخانه)، هد استاتیک برابر صفر است.





کاویتاسیون

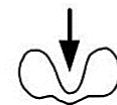
- ❖ آب یا هر مایع دیگری در هر دما، در فشار اشباع تبخیر می‌شود. آب در دمای $^{\circ}\text{C}$ ۱۰۰ در فشار یک اتمسفر تبخیر می‌شود. در حالی که در دمای $^{\circ}\text{C}$ ۲۰ در فشار ۰/۰۲ اتمسفر تبخیر می‌شود.
- ❖ اگر در حین عبور جریان مایع در چرخ پمپ، فشار از فشار اشباع در دمای مربوطه کمتر می‌شود، حباب‌های بخار تشکیل شده و همراه مایع به نواحی پر فشار حرکت می‌کند. اگر در محل جدید فشار به اندازه کافی زیاد باشد، حباب‌های بخار تقطیر می‌شوند.
- ❖ در این صورت ذرات مایع اطراف حباب‌ها، برای پر کردن فضای خالی ناشی از ترکیدن آن‌ها از مسیر اصلی منحرف شده و با سرعت‌های بسیار زیاد به اطراف و پره‌ها برخورد می‌کنند. در چنین مکانی، بسته به شدت برخورد، سطح پره‌ها خورده شده و متخلخل می‌گردد.
- ❖ پدیده کاویتاسیون برای پمپ‌ها بسیار خطرناک بوده و پس از مدتی می‌تواند منجر به تخریب کامل چرخ گردد. مکانیزم خوردگی در اثر کاویتاسیون بسیار پیچیده است.



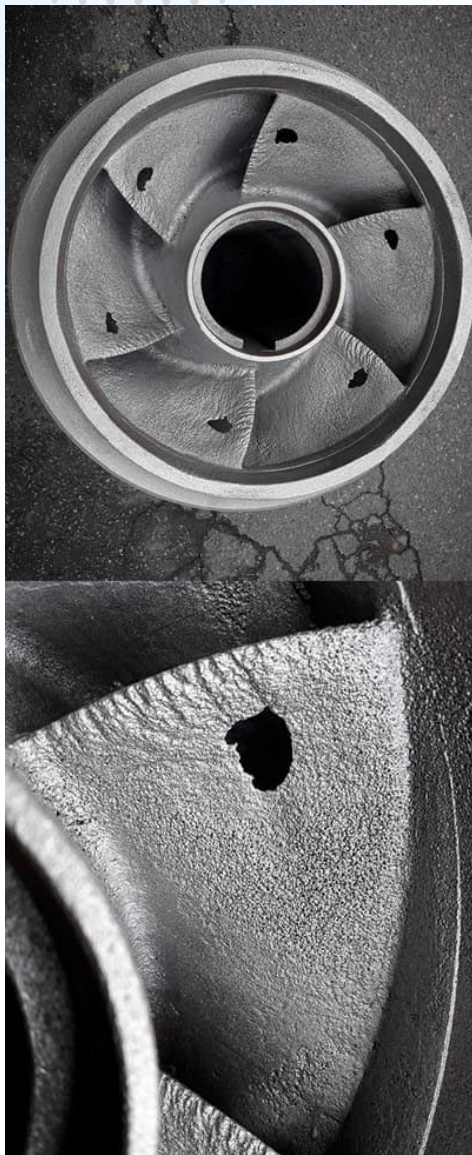
Start: spherical



Indentation



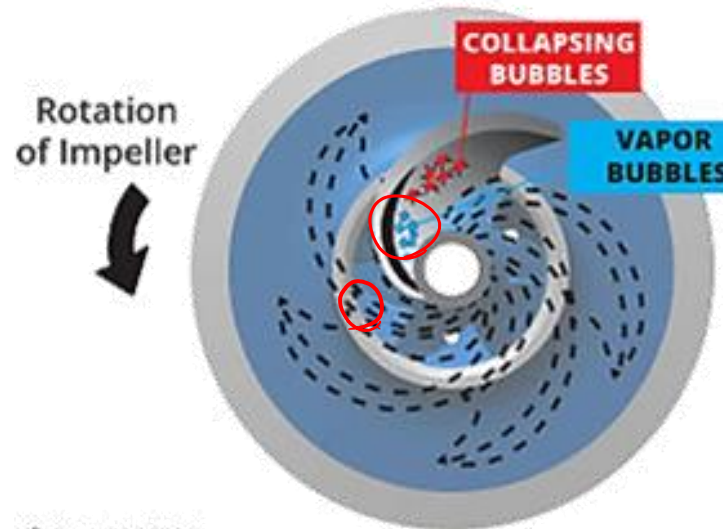
Jet formation





کاویتاسیون

- ❖ در پمپ‌های سانتریفوژ هنگام ورود مایع به داخل چرخ، به علت افزایش سرعت، فشار به طور موضعی کاهش می‌یابد و در نقطه‌ای نزدیک دهانه ورودی چرخ به حداقل می‌رسد.
- ❖ اگر در این نقطه فشار مایع از فشار اشباع بیشتر باشد، مایع در طول حرکت خود در چرخ تک فاز باقی خواهد ماند و کاویتاسیون رخ نمی‌دهد. بنابراین شناخت نقطه مینیمم فشار در چرخ مهم است.
- ❖ در توربین‌های آبی، کم‌ترین فشار در خروجی بوده و لذا کاویتاسیون چندان اهمیت ندارد.





کاویتاسیون

- ❖ کاویتاسیون همواره با صداهای منقطع آغاز می‌شود و در صورت کاهش فشار ورودی، شدت صداها افزایش می‌یابد. صدای کاویتاسیون خاص و مشخص بوده و شبیه برخورد گلوله به سطح فلزی است. همزمان با تولید صدا پمپ به ارتعاش در می‌آید.
- ❖ در نهایت صداهای منقطع تبدیل به صدای شدید و دائم می‌گردد.
- ❖ در همین حال با اشغال فضای بین پره‌ها با بخارات سیال و کاهش سطح عبوری مایع، دبی پمپ نیز کاهش می‌یابد و یا قطع می‌شود.
- ❖ خوردگی‌های شدید فلز توسط کاویتاسیون در محل به وجود آمدن حباب‌ها نیست بلکه هنگامی که این حباب‌ها با جریان به نزدیک محل خروج چرخ می‌رسند، در اثر تقطیر ناگهانی موجب تغییرات شدید فشار با فرکانس خیلی بالا می‌گردد.
- ❖ فرکانس بین ۲۰ تا ۲۵ کیلو هرتز و فشار ماکزیمم تا هفت برابر فشار دینامیک اندازه‌گیری شده است. ذرات سیال با سرعت و فرکانس بالا به طور مداوم به سطح چرخ برخورد کرده و سبب خوردگی چرخ می‌گردد.

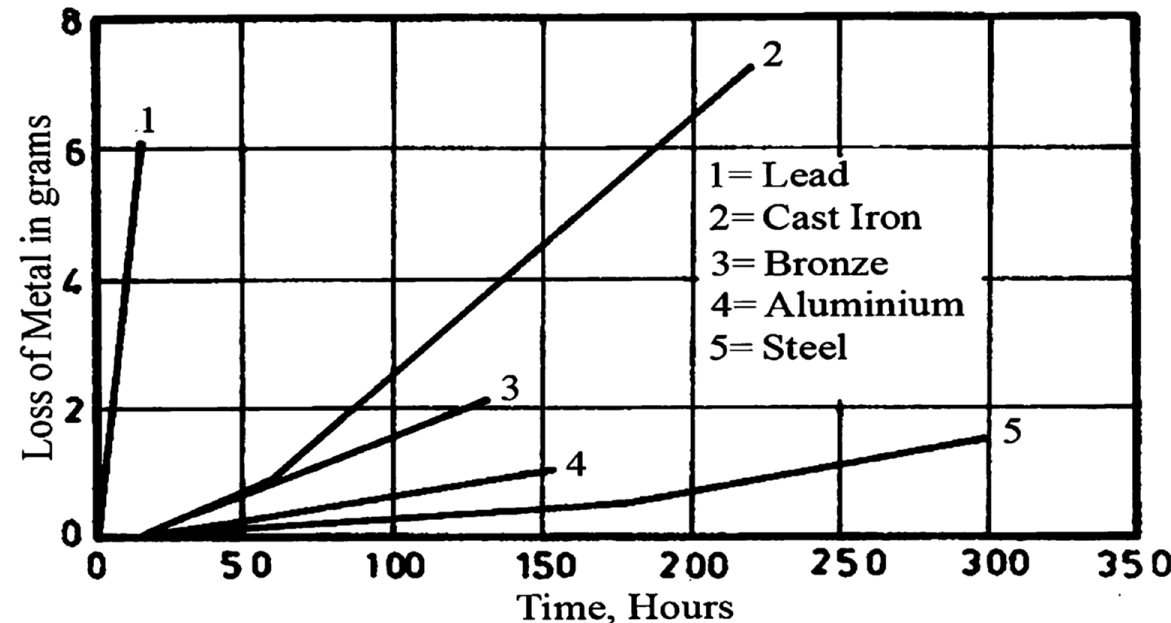


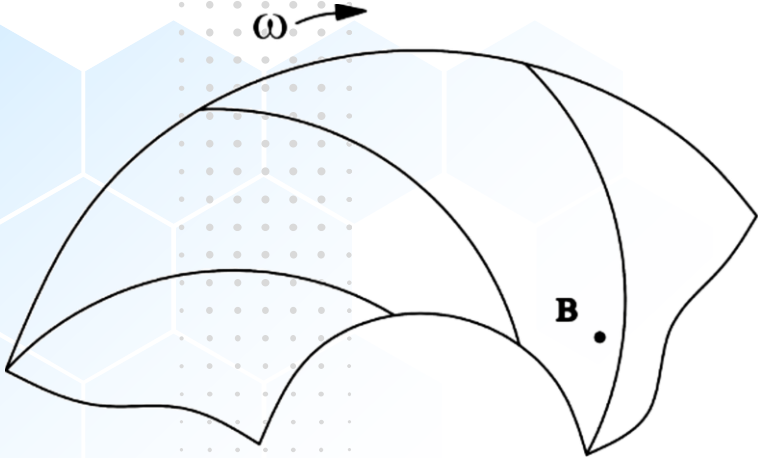


کاویتاسیون

❖ مقاومت فلزات در برابر کاویتاسیون

- ❖ فلزات مختلف در برابر کاویتاسیون مقاومت‌های گوناگونی دارند. تا امروزه فلزی یافت نشده که بتواند در مقابل کاویتاسیون به طور کامل مقاومت کند.
- ❖ خوردگی مکانیکی در اثر کاویتاسیون با خوردگی شیمیایی و الکتروشیمیایی متفاوت است. مقاومت فلزات در مقابل کاویتاسیون به پارامترهای مختلفی از لحاظ نحوه ساخت و تولید فلز، آلیاژهای به کار رفته، یکنواخت بودن سطح فلز در موقع ریخته‌گری یا عملیات حرارتی و درجه مقاومت فلز در مقابل خستگی دارد.
- ❖ نتایج آزمایش‌هایی که بر روی مقاومت فلزات در مقابل کاویتاسیون انجام شده نشان دهنده عملکرد بهتر فولاد است.





کاویتاسیون

❖ نقطه فشار کمینه

❖ نقطه فشار مینیمم روی سطح کم فشار پره‌ها و کمی دورتر از لبه حمله قرار دارد.

❖ کاویتاسیون از این نقطه شروع می‌شود و برای عدم وقوع کاویتاسیون باید فشار در این نقطه از فشار بخار مایع بیشتر باشد.

$$P_{min} > P_v$$

❖ معادله انرژی در حرکت نسبی بین لبه ورودی پره‌ها (۱) و نقطه فشار مینیمم (با صرف نظر کردن از تلفات و فرض نزدیکی دو نقطه با شعاع مساوی: $U_1 = U$)

❖ ضریب بی‌بعد λ به نوع پروفیل پره چرخ، تیپ پمپ و نقطه کار آن بستگی دارد.

❖ λ با تغییر دبی پمپ تغییر می‌کند و در نواحی طراحی حداقل مقدار خود را دارد.

❖ برای نقطه طراحی پمپ‌های محوری $\lambda = 0.25-0.3$ و پمپ‌های سانتریفوژ $\lambda = 0.16-0.2$

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{W_1^2}{2g} - \frac{U_1^2}{2g} = \frac{P_{min}}{\rho g} + \frac{W_{max}^2}{2g} - \frac{U^2}{2g}$$

$$\frac{P_1 - P_{min}}{\rho g} = \frac{W_{max}^2 - W_1^2}{2g}$$

$$\frac{P_1 - P_{min}}{\rho g} = \frac{W_1^2}{2g} \left[\left(\frac{W_{max}}{W_1} \right)^2 - 1 \right]$$

$$\frac{\Delta p}{\gamma} = \lambda \frac{W_1^2}{2g}$$

$$\lambda = \left(\frac{W_{max}}{W_1} \right)^2 - 1 \quad \Delta P = P_1 - P_{min}$$





کاویتاسیون

❖ ارتفاع مکش مجاز پمپها

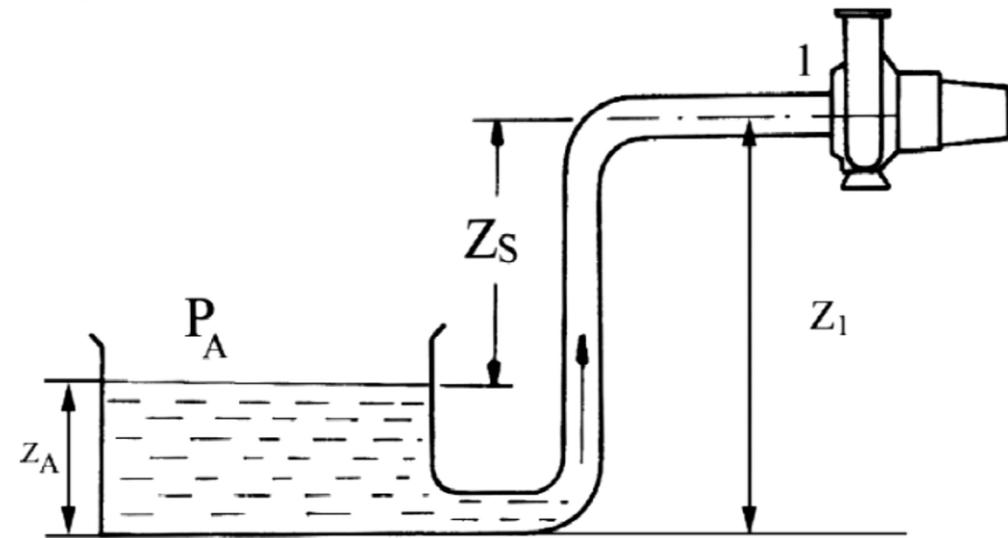
$$\frac{P_A}{\gamma} + \frac{V_A^2}{2g} + Z_A = \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 + H_{f_A^1}$$

$$Z_s = \frac{P_A}{\gamma} - \left(\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + H_{f_A^1} \right)$$

$$\frac{\Delta p}{\gamma} = \lambda \frac{W_1^2}{2g}$$

$$Z_s = \frac{P_A}{\gamma} - \left(\frac{P_{min}}{\gamma} + \lambda \frac{W_1^2}{2g} + \frac{V_1^2}{2g} + H_{f_A^1} \right)$$

$$Z_{smax} = \frac{P_A}{\gamma} - \left(\frac{P_v}{\gamma} + \lambda \frac{W_1^2}{2g} + \frac{V_1^2}{2g} + H_{f_A^1} \right)$$





❖ ارتفاع مکش مجاز پمپ‌ها

$$Z_{smax} = \frac{P_A}{\gamma} - \left(\frac{P_v}{\gamma} + \lambda \frac{W_1^2}{2g} + \frac{V_1^2}{2g} + H_{fA^1} \right)$$

❖ هرچه فشار P_A منبع مکش بیش‌تر باشد، ارتفاع مکش مجاز پمپ نیز بیش‌تر خواهد بود. در مورد منابع رو باز این معرف فشار اتمسفر است که از ۱۰/۳۳ متر در سطح دریا شروع شده و با افزایش ارتفاع کاهش می‌یابد.

❖ هر چه دمای سیال بیش‌تر باشد فشار بخار P_v بیش‌تر و ارتفاع مکش مجاز کم‌تر می‌شود. باید مکش پمپ‌های تغذیه دیگ بخار نیروگاه تحت فشار قرار گیرد.

❖ با افزایش سرعت V_1 در دهانه ورودی پمپ، ارتفاع مکش مجاز کاهش می‌یابد. در طراحی توربوپمپ‌ها نمی‌توان این سرعت را از حد مجازی بیش‌تر انتخاب نمود. همچنین به علت کاویتاسیون، سرعت دورانی که با V_1 و W_1 مرتبط می‌شود در این ماشین‌ها محدود می‌گردد.

❖ با افزایش تلفات در لوله مکش، ارتفاع مجاز مکش کاهش می‌یابد.

❖ برای جلوگیری از وقوع کاویتاسیون، هیچ‌گاه شیر تنظیم دبی را روی لوله مکش پمپ قرار نمی‌دهند و معمولاً قطر لوله مکش را نیز بزرگ‌تر از لوله رانش انتخاب می‌نمایند.





کاویتاسیون

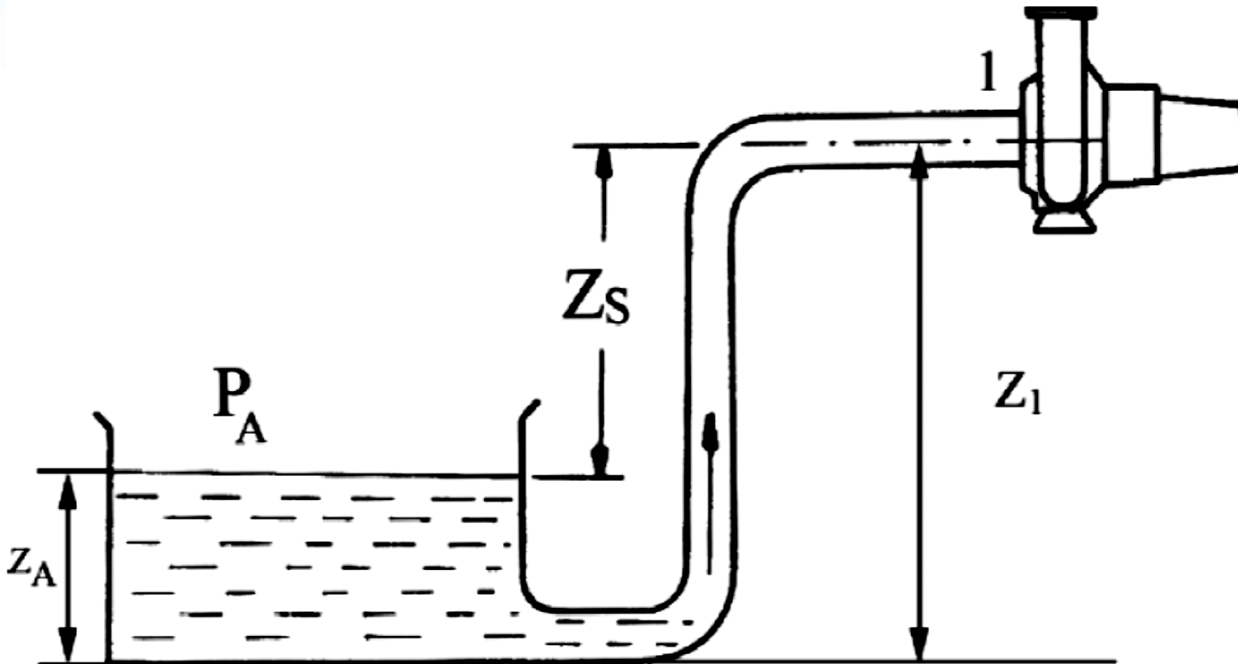
❖ ارتفاع مکش مجاز پمپ‌ها

❖ رابطه تجربی زیر توسط استپانوف ارائه شده است:

$$Z_{s_{max}} = \frac{89.5}{g} - 3.5 \frac{V_1^2}{2g}$$

❖ این رابطه برای پمپ‌های سانتریفوژ با سرعت دورانی معمول و آب ۲۰ درجه سانتیگراد و هنگامی که منبع تغذیه باز و تحت فشار اتمسفر باشد.

❖ اولین تقریب جهت محاسبه ارتفاع مکش ماکزیمم.





❖ ارتفاع مکش مجاز ارتفاع مکش خالص مثبت (NPSH) Net Positive Suction Head

ارتفاع مکش خالص مثبت

✓ به ارتفاع یا انرژی فشاری در ورودی پمپ اشاره دارد (در سمت مکش پمپ)

✓ یعنی مجموع همه فشارها منهای افت‌های اصطکاکی در لوله‌کشی

✓ فشار باید بیشتر از فشار بخار سیال باشد (یعنی مثبت بماند) تا سیال تبخیر نشود





❖ ارتفاع مکش مجاز ارتفاع مکش خالص مثبت (NPSH) Net Positive Suction Head

$$\text{NPSH} = \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} - \frac{P_v}{\gamma}$$

❖ سازندگان پمپ ارتفاع مکش خالص مثبت را بصورت زیر استفاده می کنند:

❖ این کل انرژی موجود سیال در دهانه مکش پمپ قبل از تبخیر است.

❖ NPSH_R مدار: عبارت است از کل انرژی موجود سیال در دهانه مکش پمپ که از رابطه بالا محاسبه می شود.

❖ NPSH_p پمپ: عبارت است حداقل انرژی لازم سیال در دهانه مکش پمپ برای عدم وقوع کاویتاسیون

❖ برای محاسبه NPSH_p از رابطه بالا استفاده می شود لیکن سرعت و فشار مربوط به آستانه کاویتاسیون در رابطه قرار داده می شود.

❖ سازندگان پمپ منحنی مشخصه NPSH_p پمپ را در کاتالوگ ها ارائه می دهند و NPSH_R مدار در هر مورد بایستی محاسبه شود.

❖ شرط عدم کاویتاسیون:

$$\text{NPSH}_p < \text{NPSH}_R \text{ مدار پمپ}$$





❖ ارتفاع مکش مجاز ارتفاع مکش خالص مثبت Net Positive Suction Head (NPSH)

❖ رابطه ارتفاع مکش مجاز بصورت زیر است:

$$Z_{S \max} = \frac{P_A}{\gamma} - \left(\frac{P_v}{\gamma} + \frac{\Delta P_{\min}}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + H_{f_A^1} \right) \quad \Delta P_{\min} = P_{1 \min} - P_v$$

$$Z_{S \max} = \frac{P_A}{\gamma} - \left(\frac{P_v}{\gamma} + \frac{P_{1 \min}}{\gamma} - \frac{P_v}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + H_{f_A^1} \right) \quad Z_{S \max} = \frac{P_A}{\gamma} - \left(\frac{P_v}{\gamma} + \text{NPSH}_P + H_{f_A^1} \right)$$

❖ اگر فشار منبع مکش برابر فشار اتمسفر و درجه حرارت آب، دمای محیط باشد، می توان ارتفاع مکش ماکزیمم قبل از نصب پمپ را بطور تقریبی از رابطه زیر بدست آورد:

$$Z_{S \max} \cong 10.33 - \text{NPSH}_P$$

❖ از این مقدار حدود ۰/۵ متر به عنوان تلفات در لوله مکش + فشار تبخیر آب + ضریب اطمینان کم شده تا ارتفاع نصب معلوم شود.

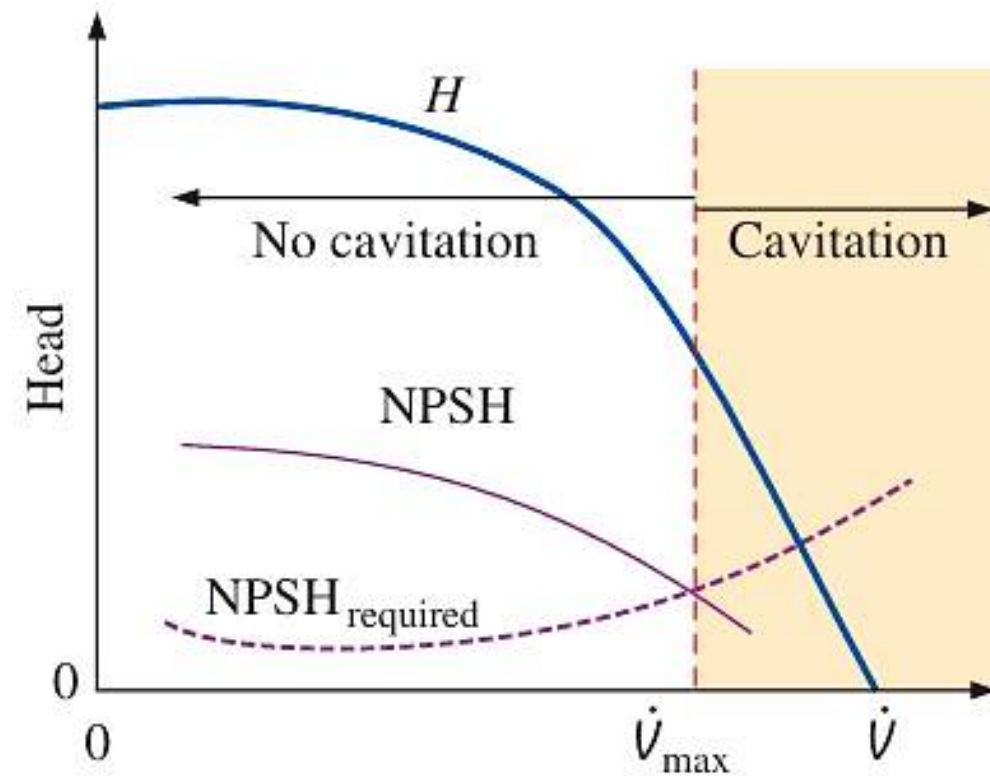
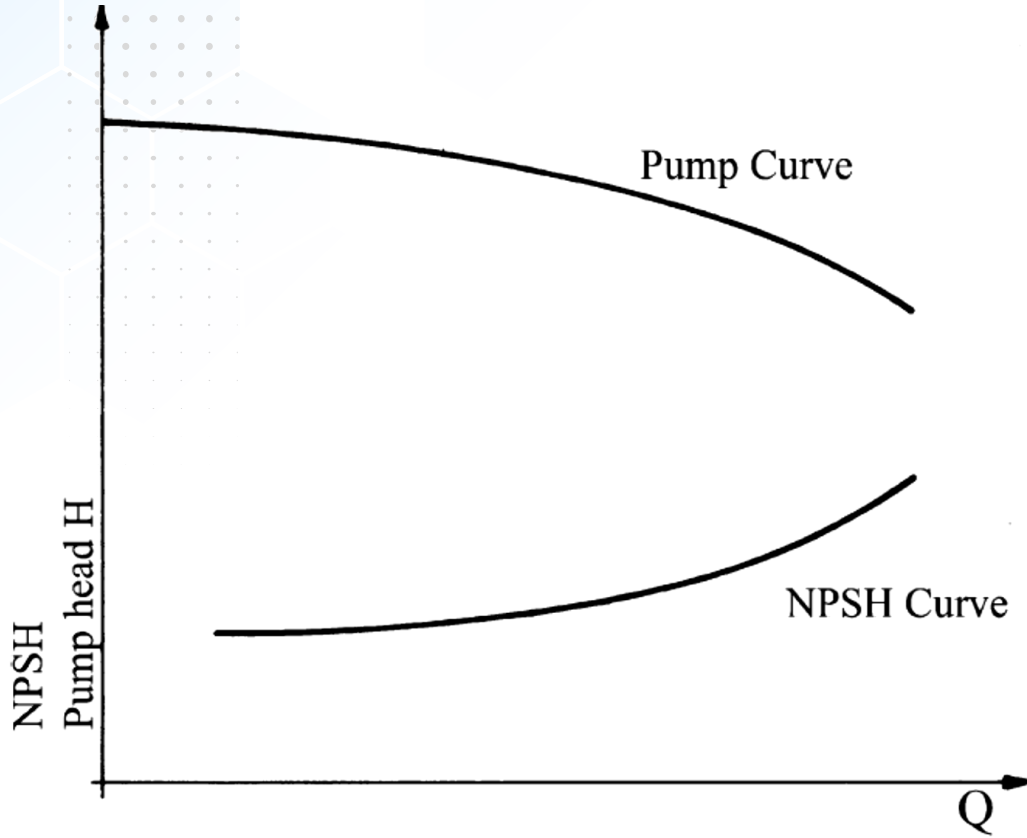
❖ فشار اتمسفر نیز به محل جغرافیایی نصب پمپ بستگی داشته و عدد ۱۰/۳۳ نیز بایستی اصلاح شود.

❖ همانطور که توضیح داده شد منحنی $\text{NPSH}_P = f(Q)$ تابع دبی بوده و به عنوان یکی از منحنی های مشخصه پمپ توسط سازنده ارائه داده خواهد شد.





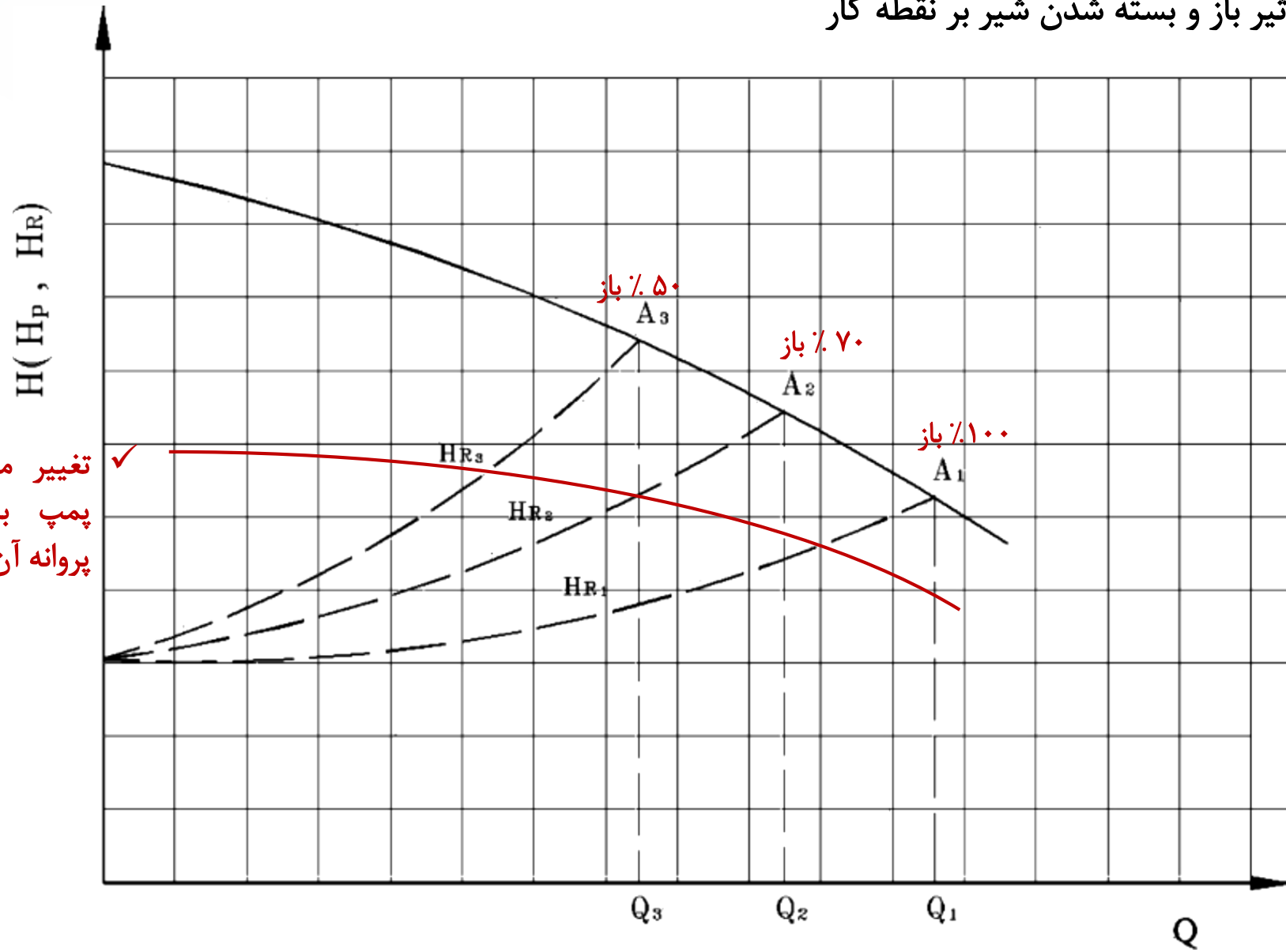
❖ ارتفاع مکش مجاز ارتفاع مکش خالص مثبت (NPSH) Net Positive Suction Head





منحنی‌های عملکردی و ترکیب پمپ‌ها

❖ تاثیر باز و بسته شدن شیر بر نقطه کار



✓ برای ثابت ماندن دبی یا می‌توان پمپ را عوض کرد و یا سرعت دورانی را بیش‌تر کرد.

✓ تغییر منحنی مشخصه پمپ به علت تراش پروانه آن بوده است.

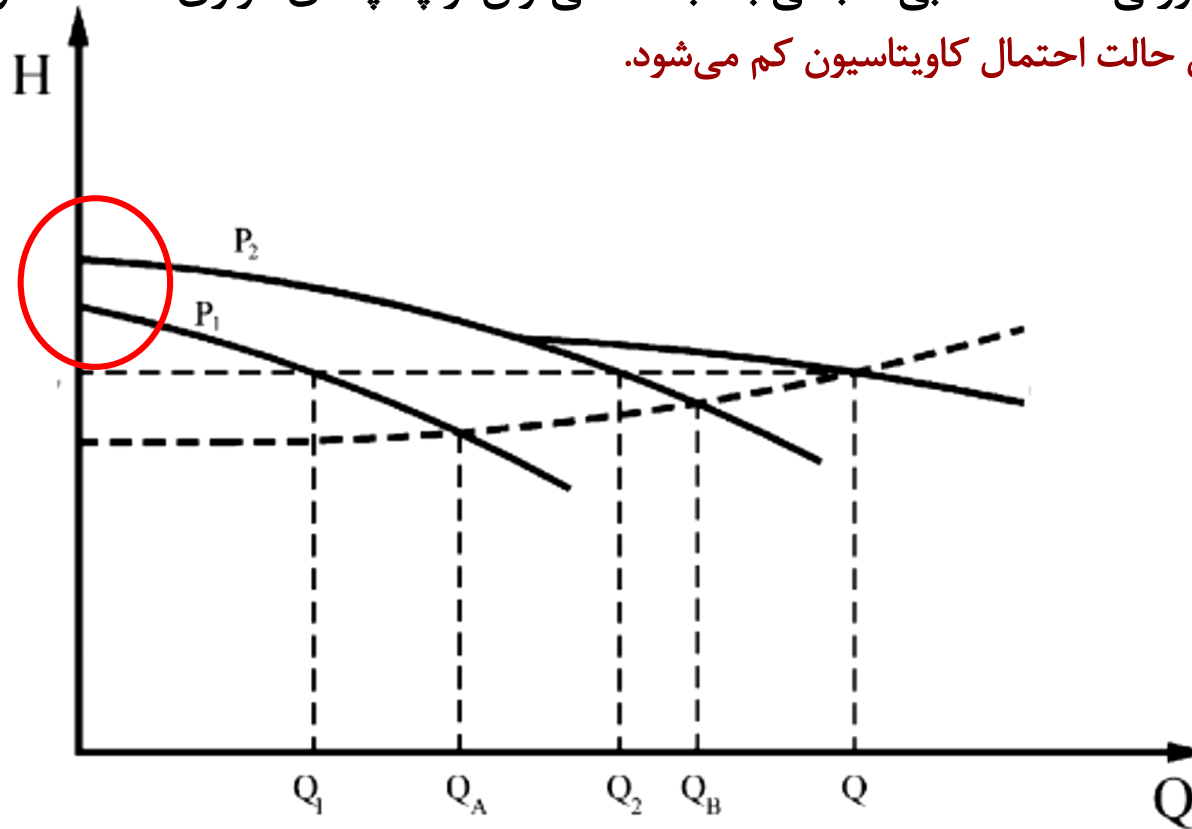




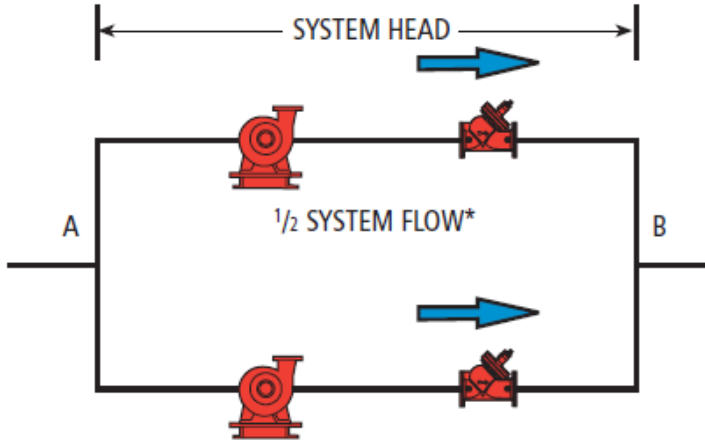
منحنی‌های عملکردی و ترکیب پمپ‌ها

❖ پمپ‌های موازی

- ✓ در صورتی که تقاضای دبی حجمی بالا باشد، می‌توان از پمپ‌های موازی استفاده کرد.
- ✓ در این حالت احتمال کاویتاسیون کم می‌شود.



$$H_{\text{کل}} = H_{p1} = H_{p2} = \dots \quad Q_{\text{کل}} = Q_1 + Q_2 + \dots$$



- ✓ شیر یک‌طرفه در خروجی هر یک از پمپ‌ها تا در هدهایی که یک پمپ نمی‌تواند کار کند، آب به پمپ دیگر نرود.





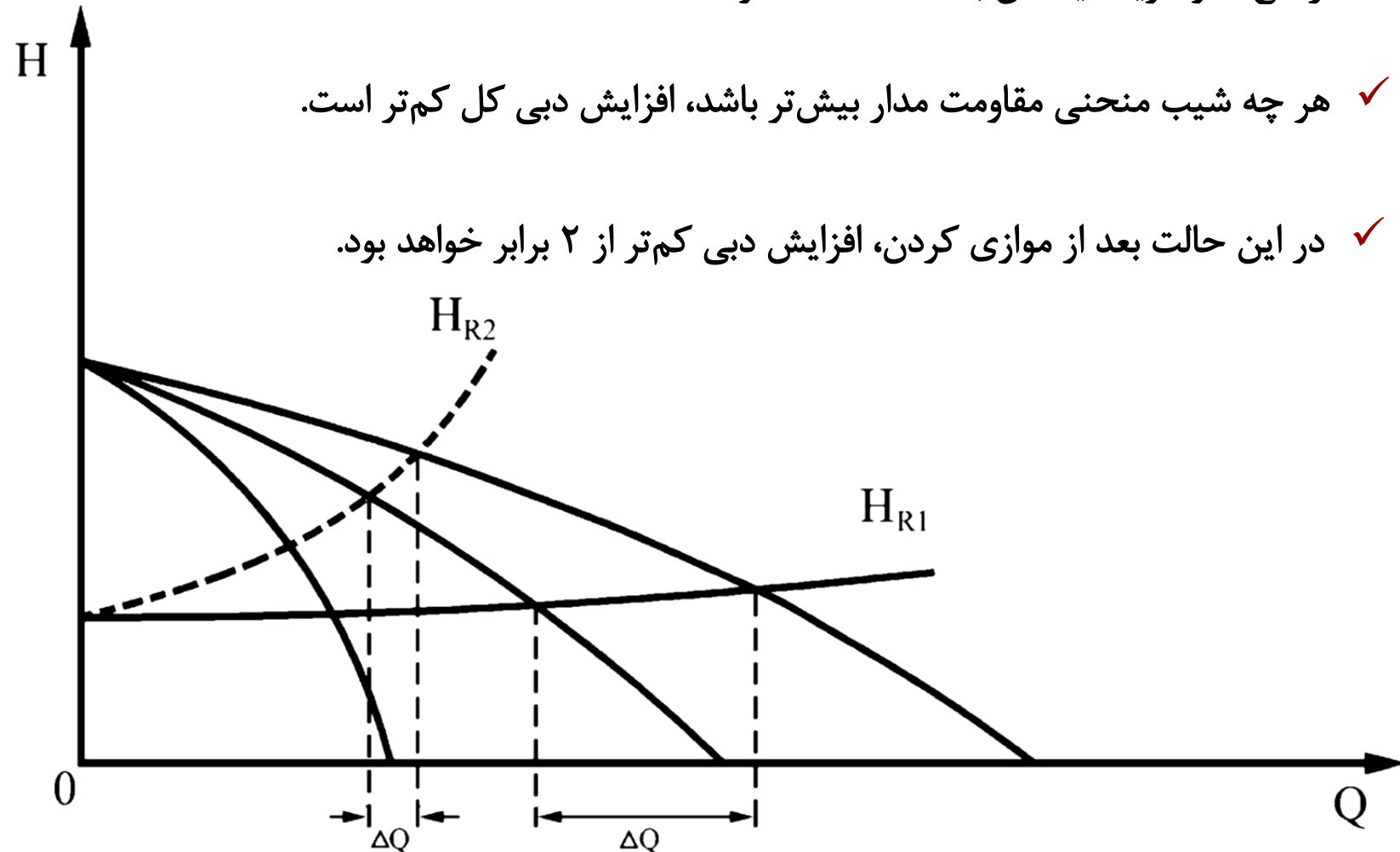
منحنی‌های عملکردی و ترکیب پمپ‌ها

❖ پمپ‌های موازی

✓ در حد امکان باید از پمپ‌های مشابه یا پمپ‌هایی که در دبی صفر دارای ارتفاع مانومتریک یکسان باشند استفاده نمود.

✓ هر چه شیب منحنی مقاومت مدار بیش‌تر باشد، افزایش دبی کل کم‌تر است.

✓ در این حالت بعد از موازی کردن، افزایش دبی کم‌تر از ۲ برابر خواهد بود.

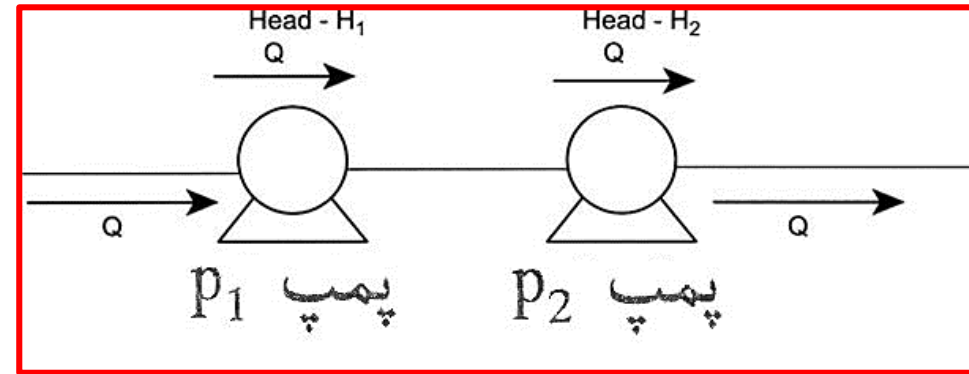
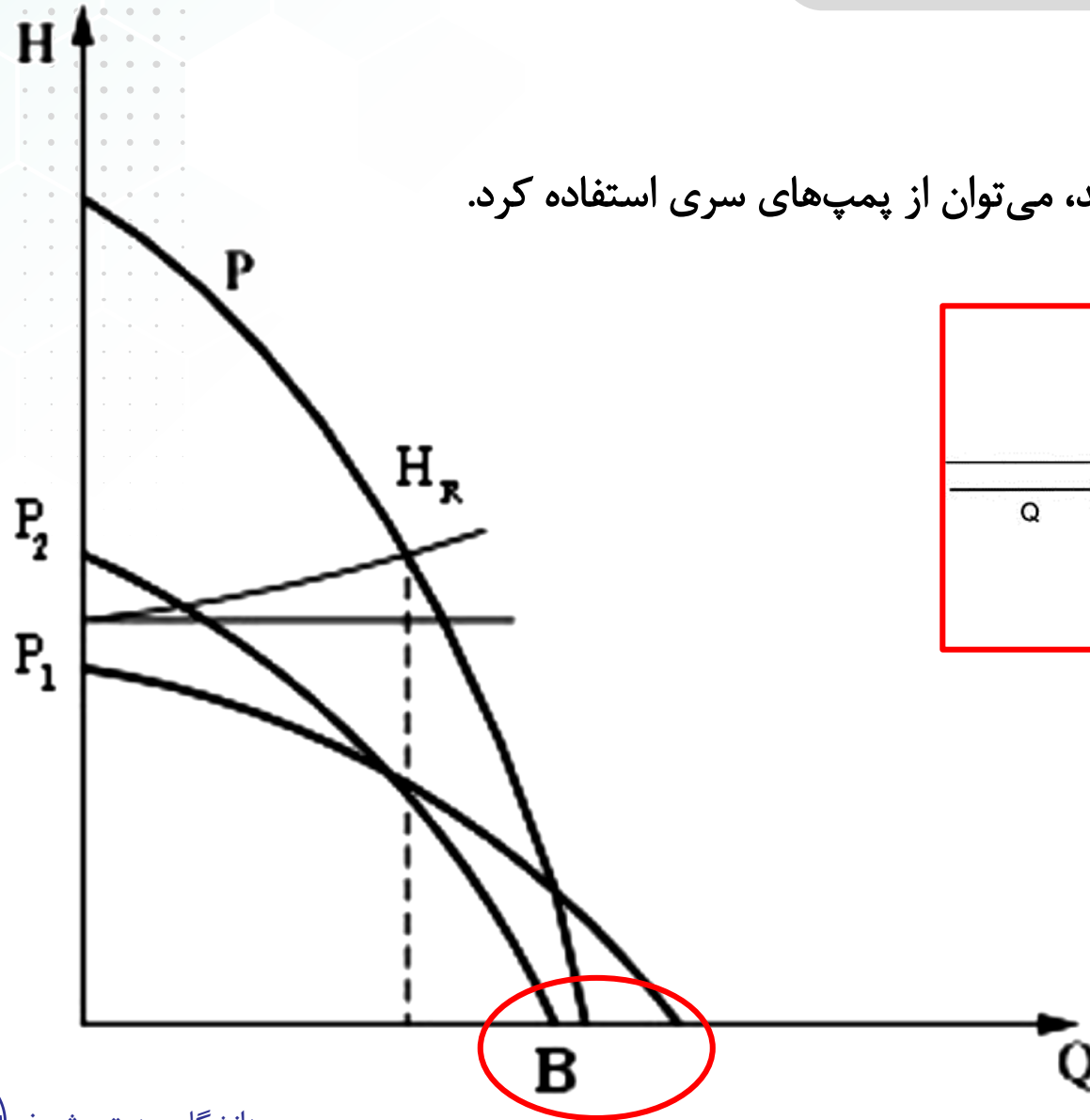




منحنی‌های عملکردی و ترکیب پمپ‌ها

❖ پمپ‌های سری

✓ در صورتی که هدف افزایش هد در دبی حجمی ثابت باشد، می‌توان از پمپ‌های سری استفاده کرد.



$$Q_{\text{کل}} = Q_1 = Q_2 = \dots$$

$$H_{\text{کل}} = H_{p1} + H_{p2} + \dots$$

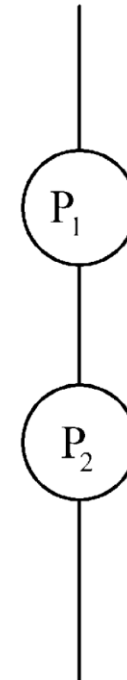
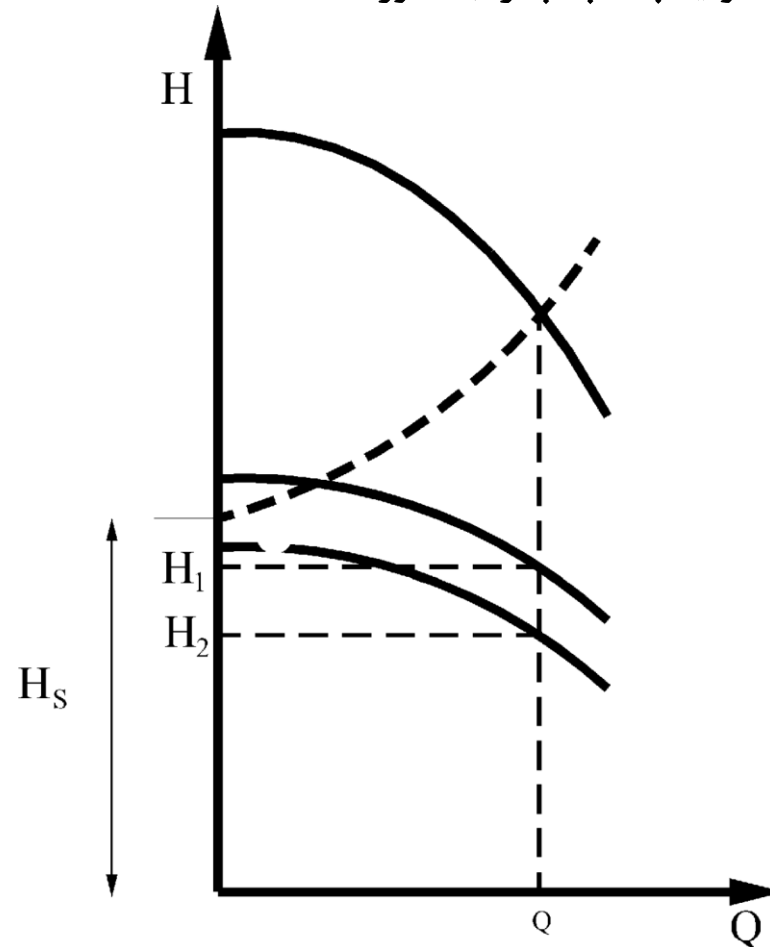
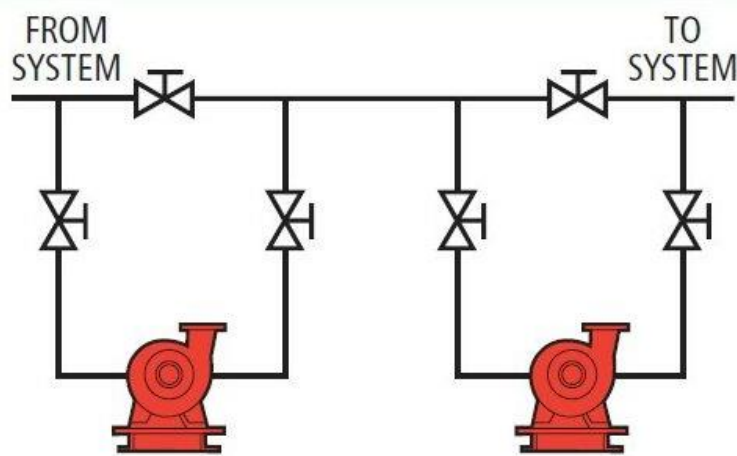
از این نقطه به بعد ارتفاع مانومتریک پمپ دوم منفی بوده و به عنوان مقاومت برای پمپ اول عمل می‌کند.



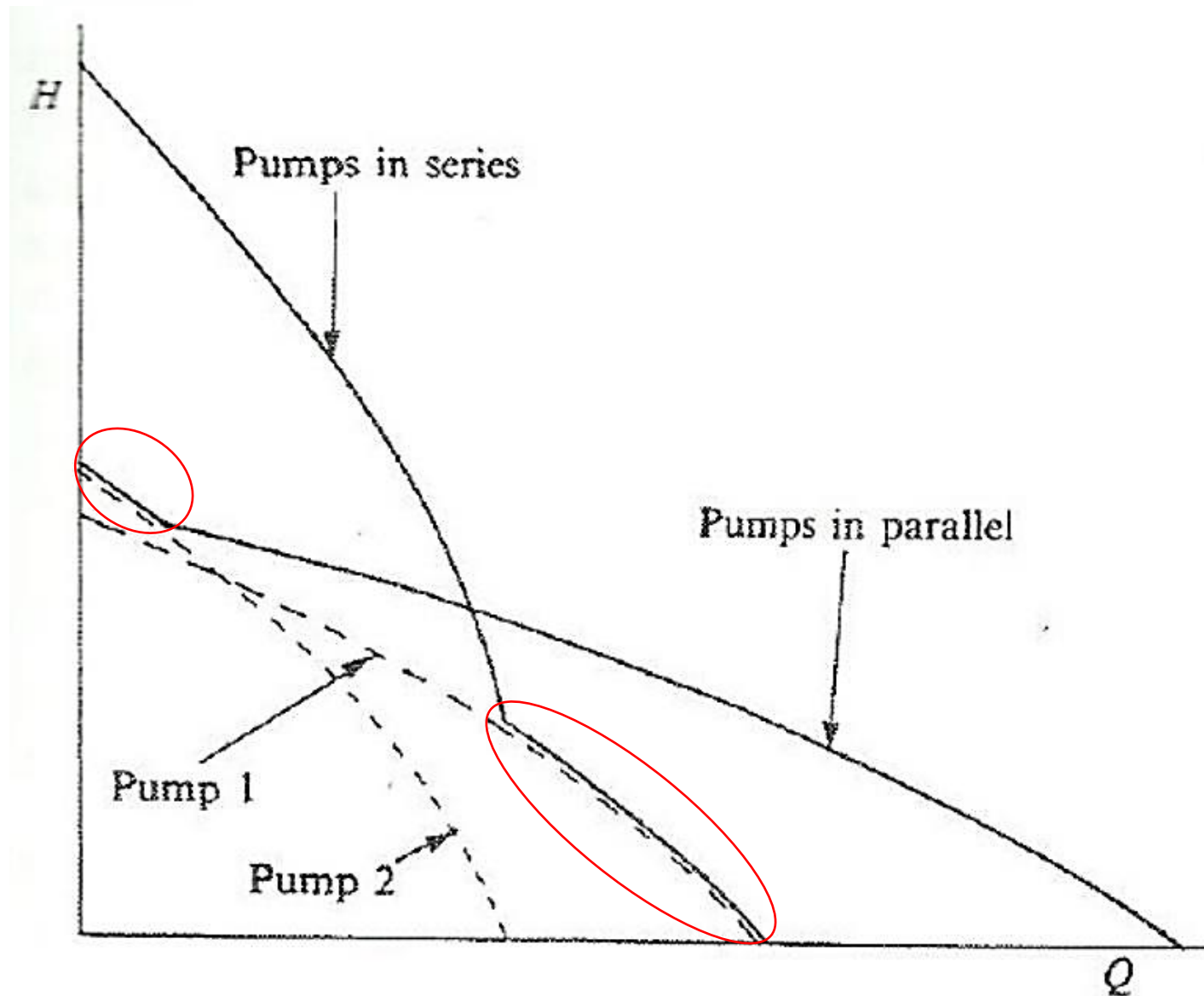
منحنی‌های عملکردی و ترکیب پمپ‌ها

❖ پمپ‌های سری

- ✓ در بهم بستن پمپ‌ها به صورت سری، تا حد امکان یا هر دو پمپ یکسان باشند و یا با نصب وسایل کنترل اجازه نداد که دبی نقطه کار از حداکثر دبی یکی از پمپ‌ها بیش‌تر شود.
- ✓ ممکن است به علت محدودیت فشار قابل تحمل پوسته نتوان دو یا چند پمپ را به صورت سری قرار داد.



❖ مقایسه عملکرد پمپ‌های سری و موازی

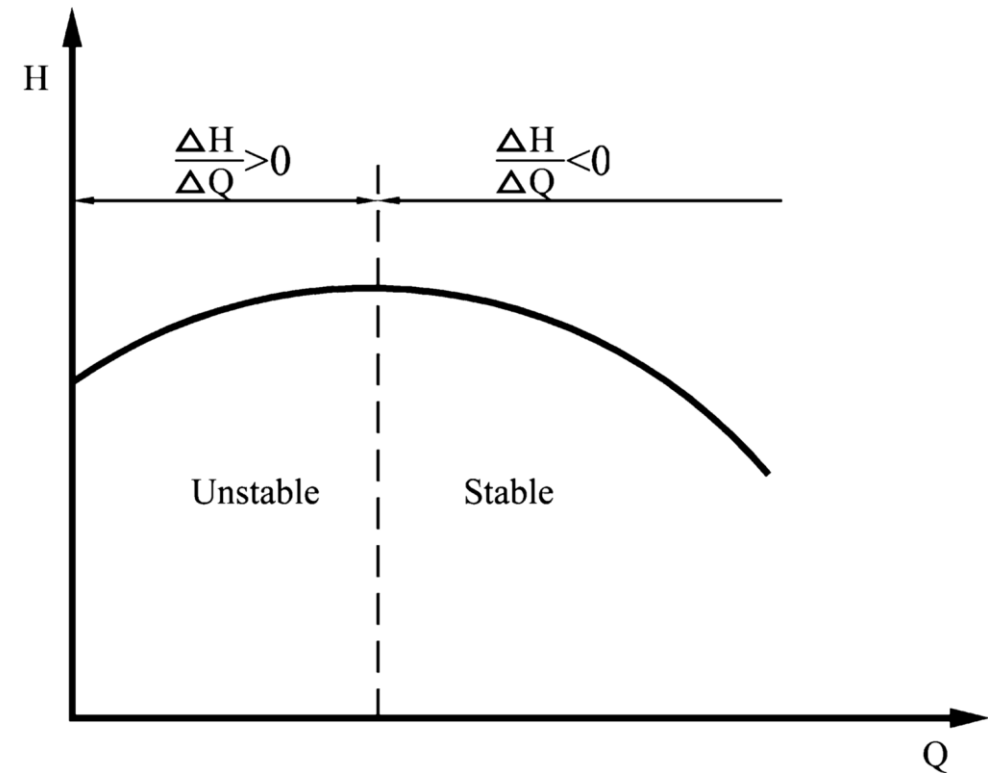
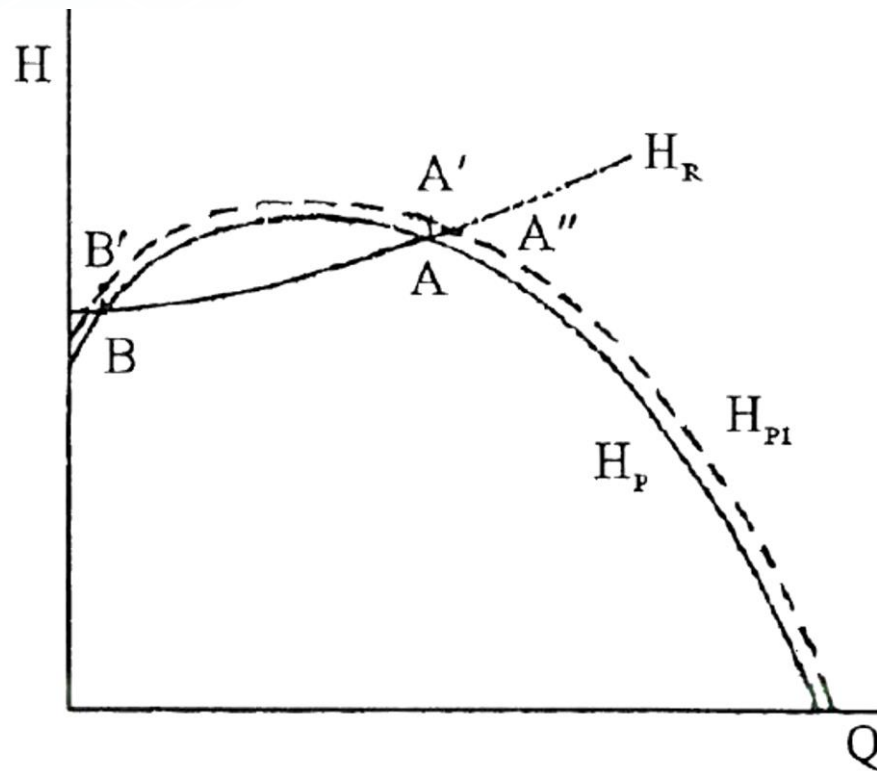




منحنی‌های عملکردی و ترکیب پمپ‌ها

❖ ناپایداری مدار

✓ پایداری: با یک تغییر کوچک، نقطه کاری کم جابجا می‌شود.





انواع شیرهای صنعتی در مدار

❖ تجهیزات اصلی در مدار

شیر ☐

پمپ ☐

الکتروموتور ☐

تجهیزات اندازه گیری دبی، دما و فشار ☐





انواع شیرهای صنعتی در مدار

❖ دسته‌بندی بر اساس هدف و عملکرد

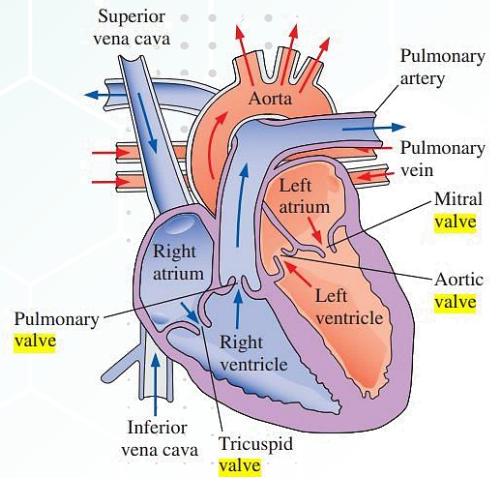
قطع و وصل جریان (توقف جریان یا مسدود کننده)
تنظیم یا کنترلی (کنترل جریان و کنترل فشار)
یکطرفه یا جلوگیری از برگشت جریان
خودکار (جلوگیری از تغییرات ناخواسته فشار خطوط لوله مانند تخلیه هوا و فشار شکن)
قطع اضطراری

❖ دسته‌بندی بر اساس نوع اتصال آن به خط لوله

اتصال رزوه‌ای
اتصال جوشی
اتصال فلنجی

❖ دسته‌بندی بر اساس روش بهره‌برداری

کنترل دستی
کنترل خودکار



Gate Valve



Diaphragm Valve



Globe Valve



Check Valve



Needle Valve



Plug Valve



Butterfly Valve



Piston Valve



Relief Valve



Ball Valve



Control Valve



Rotary Valve



Pinch Valve



Pressure Regulator



Solenoid Valve





انواع شیرهای صنعتی در مدار

❖ دسته‌بندی بر نوع حرکت قطعه مسدودکننده

✓ شیرهای انسداد محوری (closing-down) : جهت حرکت قطعه متحرک موازی با جریان آب است.

شیرهای کروی یا بشقابی (globe valve)

شیرهای پیستونی (piston valve)

✓ شیرهای کشویی (slide) : قطعه همانند دریچه‌ای در جهت عمود بر جریان آب حرکت می‌کند.

شیرهای دروازه‌ای یا کشویی (gate valve)

✓ شیرهای گردان (rotary) : قطعه متحرک یک توپی یا صفحه دیسک است که با چرخش حول محور ساقه شیر باعث قطع جریان می‌شود.

(دارای چرخش ۹۰ درجه) شیرهای سماوری (plug valve)

شیرهای توپی (ball valve)

شیرهای پروانه‌ای (butterfly valve)

✓ شیرهای بدنه انعطافی (flex-body) : قطعه متحرک با خم کردن بدنه انعطافی شیر باعث قطع کردن جریان می‌شود.

شیرهای فشردنی (pinch valve)

شیرهای دیافراگمی (diaphragm valve)

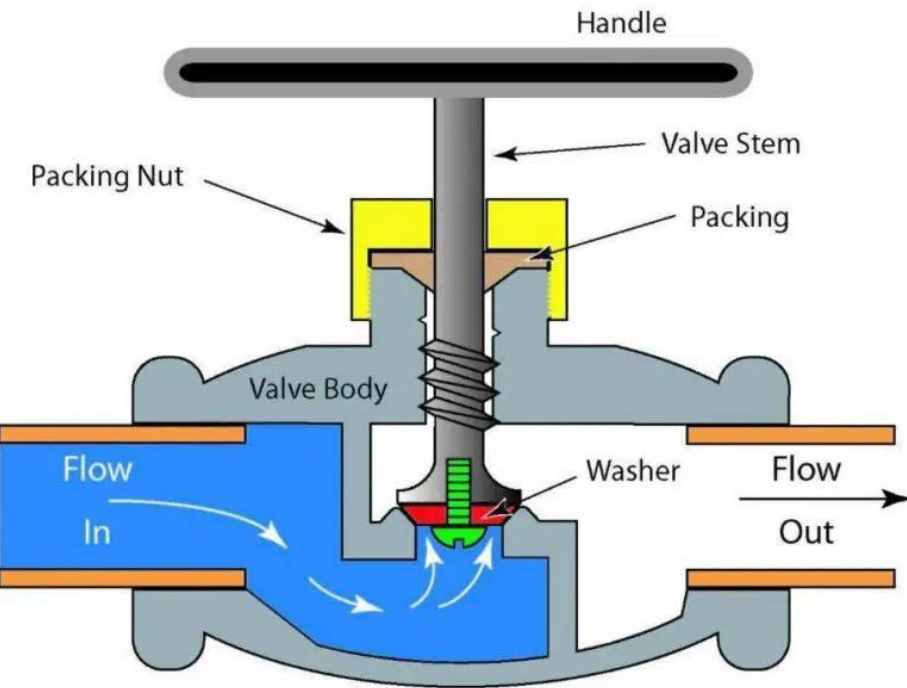




انواع شیرهای صنعتی در مدار

شیر کف فلزی (بشقابی) Globe Valve

- ❖ معمولاً جهت تنظیم جریان و کنترل دبی و فشار (با دو بار تغییر امتداد ۹۰ درجه)
- ❖ به علت مسیر پر پیچ و خم جریان، افت هد بالایی داشته و برای قطع و وصل جریان مناسب نیستند.
- ❖ شیرهای زانویی مانند شیر رگلاژ رادیاتور، ساختار و کاربردی مشابه دارند.
- ❖ قطعه متحرک معمولاً دیسک نامیده می‌شود.
- ❖ کاربرد عمده این شیر در تنظیم دبی است. البته به شرط معقول بودن افت هد برای قطع و وصل جریان نیز به کار می‌رود.
- ❖ سیال درون این نوع شیر به صورت مستقیم جریان ندارد و با دو گردش ۹۰ درجه جاری می‌شود.

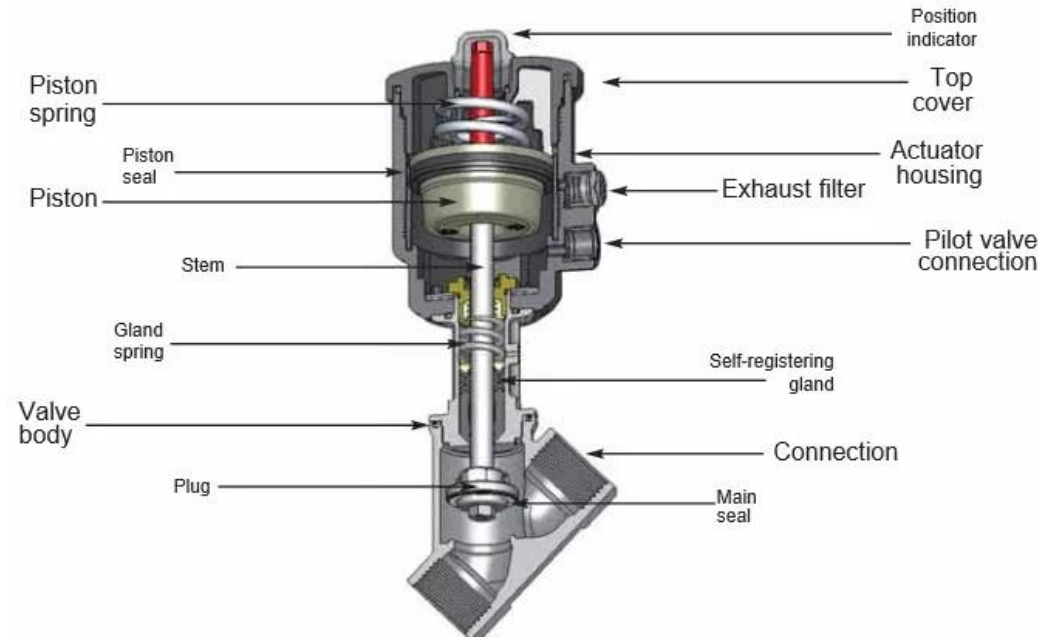




انواع شیرهای صنعتی در مدار

شیر پیستونی Piston Valve

- ❖ کاربرد عمده این شیرها همانند شیرهای بشقابی، تنظیم دبی است.
- ❖ برای افزایش دقت تنظیم جریان، معمولاً قطعه‌ای سوزنی شکل به انتهای پیستون وصل می‌کند.
- ❖ شیرهای پیستونی برای سیالاتی که مواد جامد معلق دارند مناسب است.
- ❖ پکینگ (Packing) برای آب بندی شیر یا قسمتی از نشیمن شیر نصب شده روی بدنه شیر و یا جزئی از پیستون است.
- ❖ پکینگ‌های مورد استفاده معمولاً از جنس آزبست فشرده، تفلون و واشر حلقوی (O-ring) هستند.

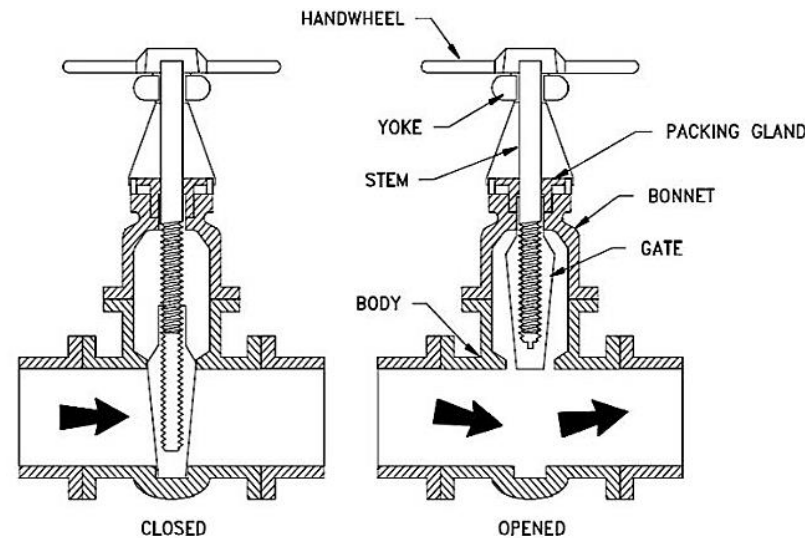
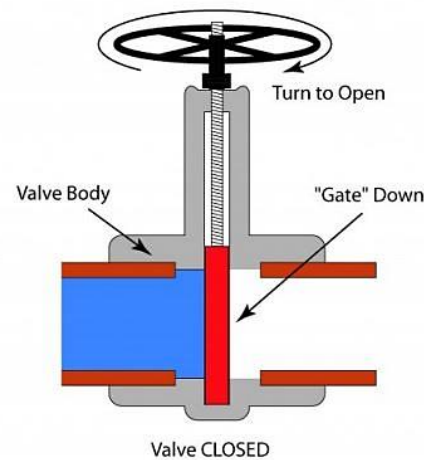
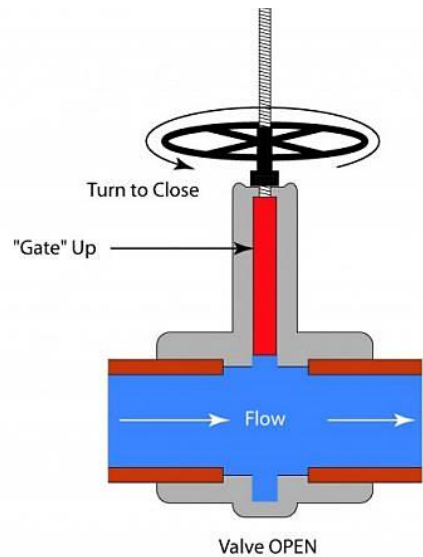




انواع شیرهای صنعتی در مدار

Gate Valve (شیر کشویی (دروازه‌ای))

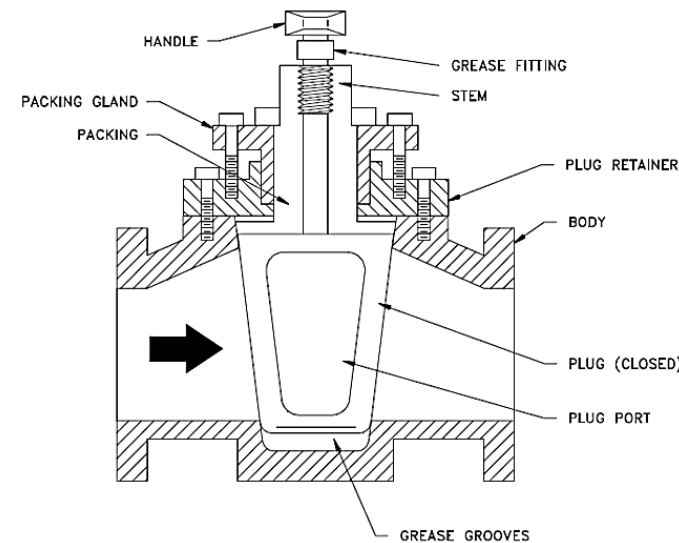
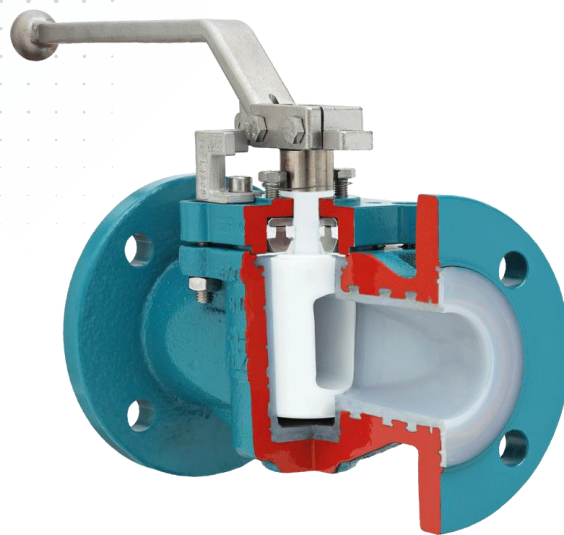
- ❖ مزیت این شیرها افت هد کم آنها است.
- ❖ این شیرها را می‌توان برای سیالاتی که مواد جامد معلق دارند هم به کار برد.
- ❖ معمولاً به عنوان شیر قطع و وصل
- ❖ بهترین عملکرد آن زمانی است که به صورت کاملاً باز یا کاملاً بسته مورد استفاده قرار گیرد.
- ❖ هدف از گوه‌دار کردن بهبود آب‌بندی شیر است.





شیر سماوری Plug Valve

❖ جهت قطع و وصل جریان، انحراف جریان و گاهی کنترل دبی



❖ شیرهای سماوری از نوع شیرهای گردان هستند که در آن‌ها قطعه متحرک با چرخش ۹۰ درجه‌ای باعث قطع و وصل جریان می‌شود.

❖ ساختمان آن شبیه شیر سماور بوده و در بازار ایران با نام شیر سماوری شناخته می‌شود.

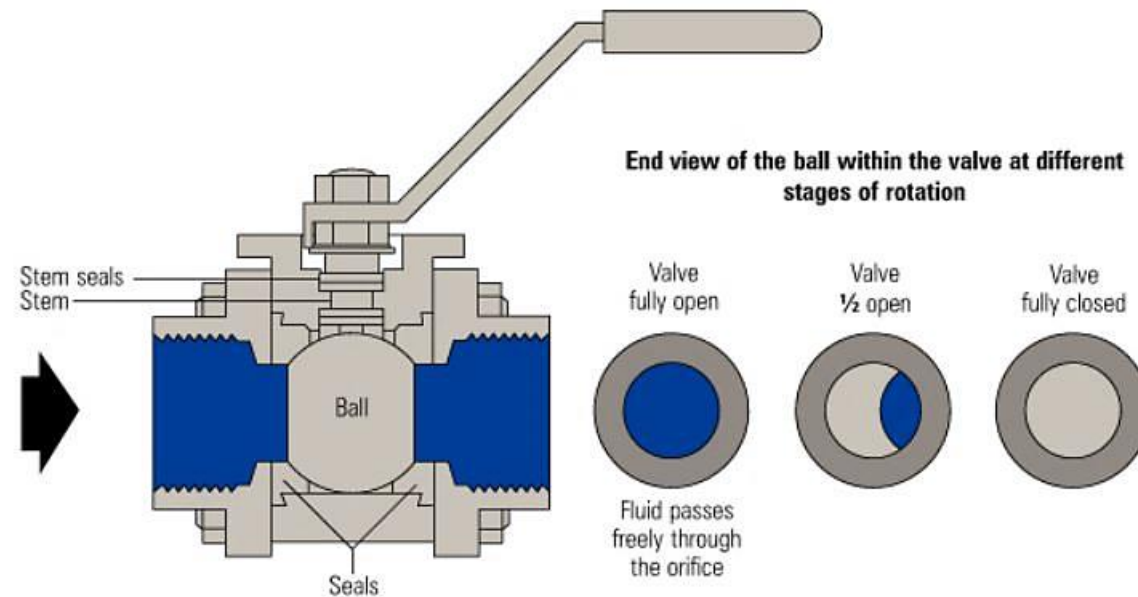
❖ برای سیالات با مواد جامد معلق نیز به کار می‌روند زیرا قطعه متحرک درون نشیمن شیر می‌چرخد.



انواع شیرهای صنعتی در مدار

شیر توپی Ball Valve

❖ جهت قطع و وصل سریع جریان



❖ به علت پاک‌کنندگی توپی متحرک، برای سیالات با مواد جامد معلق نیز به کار می‌روند.

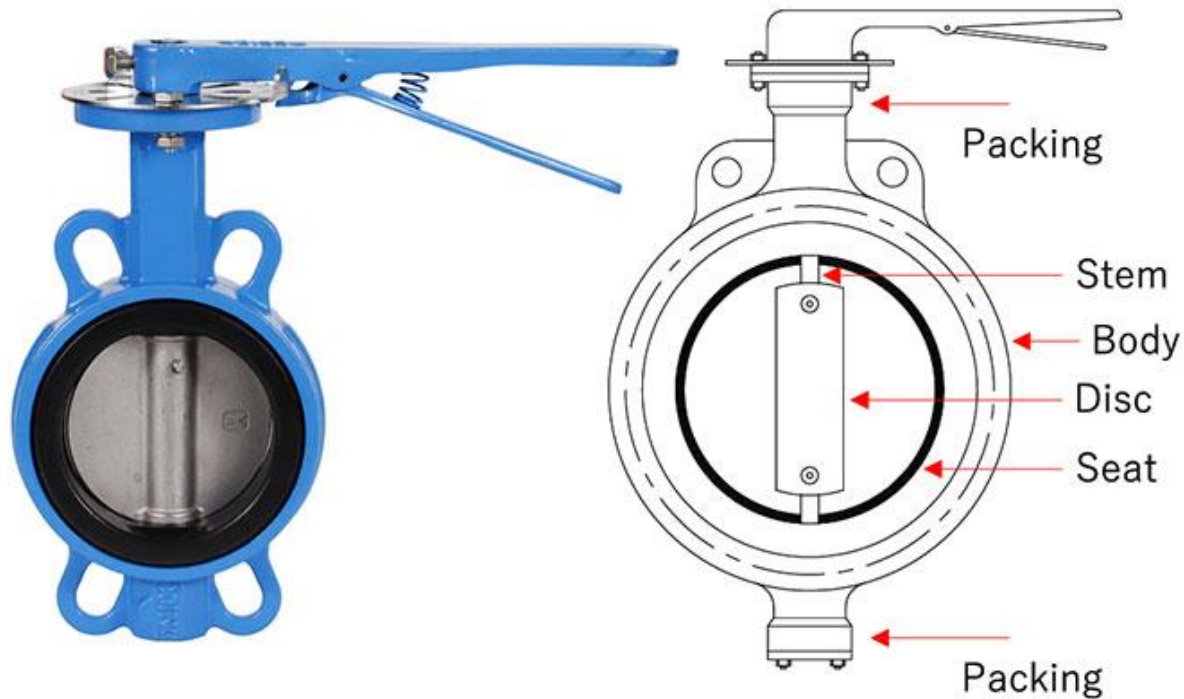
❖ نشیمن این شیر دایره‌ای ساخته می‌شود تا تنش وارد بر آن یکنواخت توزیع شود.



انواع شیرهای صنعتی در مدار

شیر پروانه‌ای Butterfly Valve

❖ در شیر پروانه‌ای دیسک محرک با چرخش‌های ۹۰ درجه‌ای موجب قطع و وصل جریان می‌شود.



❖ افت هد بسیار کم در حالت تمام باز، تنظیم دبی خوب به ازای زاویه بازشدگی ۱۵ تا ۷۰ درجه ولی عموماً جهت قطع و وصل جریان

❖ به علت پاک‌کنندگی دیسک، برای سیالات با مواد جامد معلق نیز به کار می‌روند.





انواع شیرهای صنعتی در مدار

❖ انواع شیرهای با کنترل خودکار

✓ شیرهای یکطرفه (check valve) : در مقابل جریان رو به جلو باز و در برابر جریان برگشتی بسته می‌شوند.

شیر یکطرفه بالارونده (lift check valve)

شیر یکطرفه بادزنی (swing check valve)

شیر یکطرفه دورانی (tilting-disc check valve)

✓ شیرهای تنظیم فشار (Pressure relief valve) : در شرایطی که فشار سیستم به حد نامطلوبی برسد، باعث کاهش فشار تا حد مطلوب برای سیستم می‌شوند.

شیرهای کاهنده فشار (pressure reducing valve)

شیرهای اطمینان (safety valve)

✓ شیرهای هوا (air valve) : برای تخلیه هوا یا ورود هوا به سیستم به کار می‌روند.

شیرهای تخلیه هوا (air release valve)

شیرهای خلا (vacuum valve)

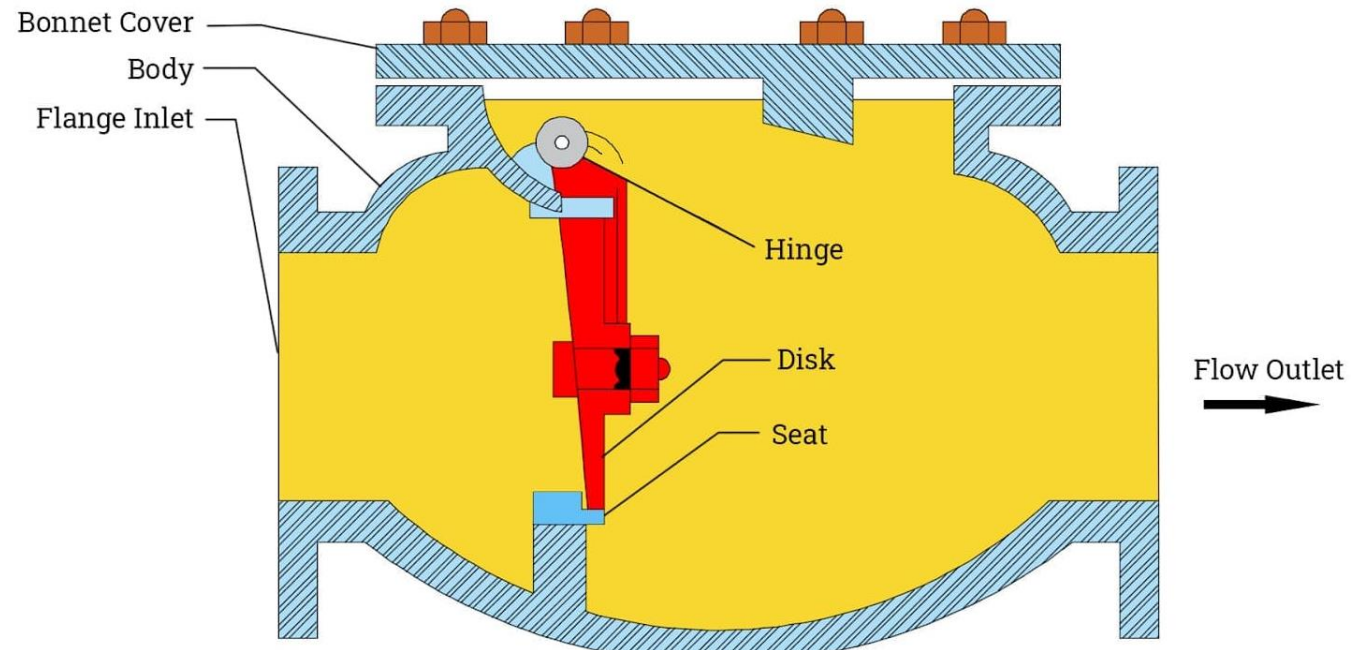
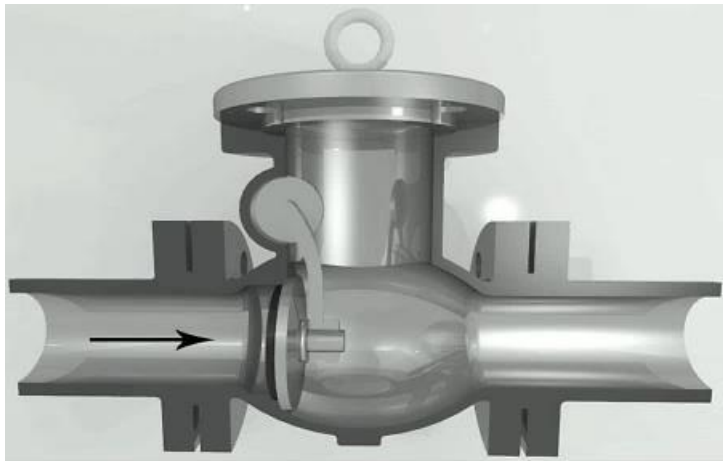




انواع شیرهای صنعتی در مدار

شیر یکطرفه Check Valve

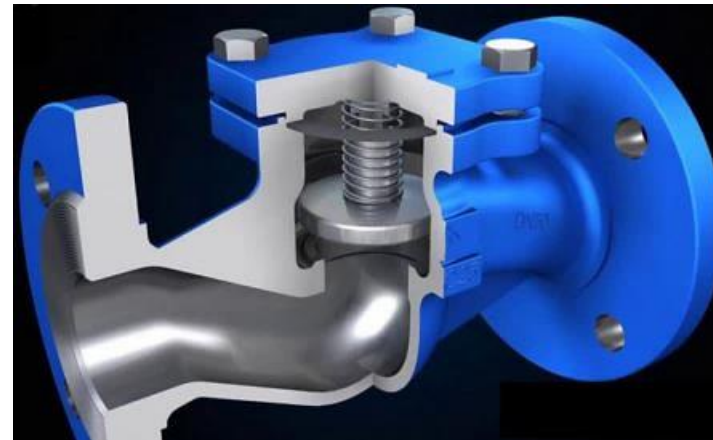
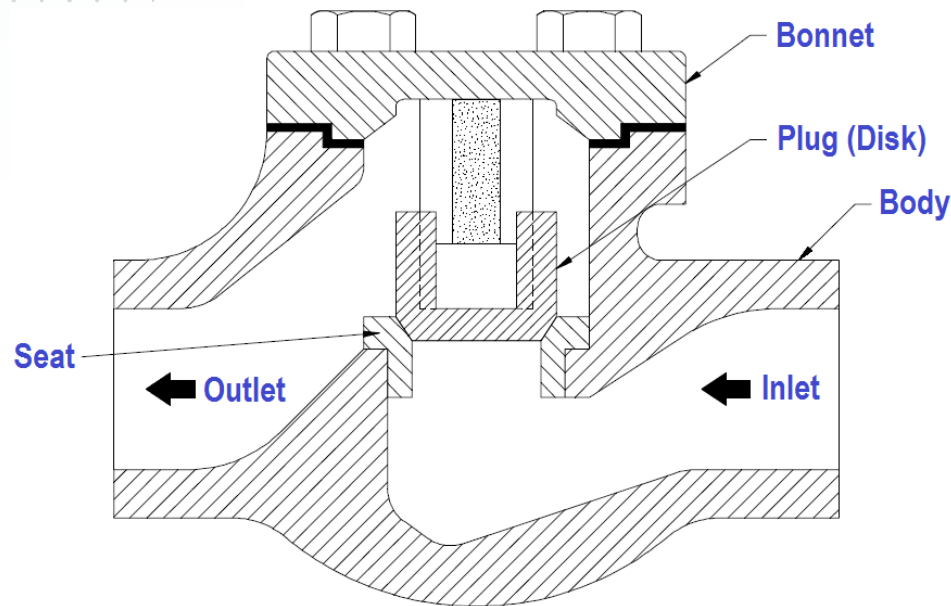
- ❖ جریان را تنها در یک جهت از خود عبور می‌دهد.
- ❖ در لوله‌های متصل به سیستم‌های ثانویه که فشار آنها ممکن است بیش از فشار سیستم اصلی شود به کار می‌رود تا مانع جریان سیال از سیستم ثانویه به سیستم اصلی شود.
- ❖ شیرهای یک‌طرفه به طور خودکار کار می‌کنند و بیشتر آنها توسط فرد یا هر کنترل خارجی کنترل نمی‌شوند.





شیر یکطرفه بالارونده Lift Check Valve

❖ جهت حرکت قطعه متحرک عمود بر صفحه نشیمن شیر



❖ شکل بدنه این شیر مشابه شیرهای بشقابی است.

❖ مزیت نسبت به دیگر انواع شیرهای یکطرفه: سریع بسته می شوند.

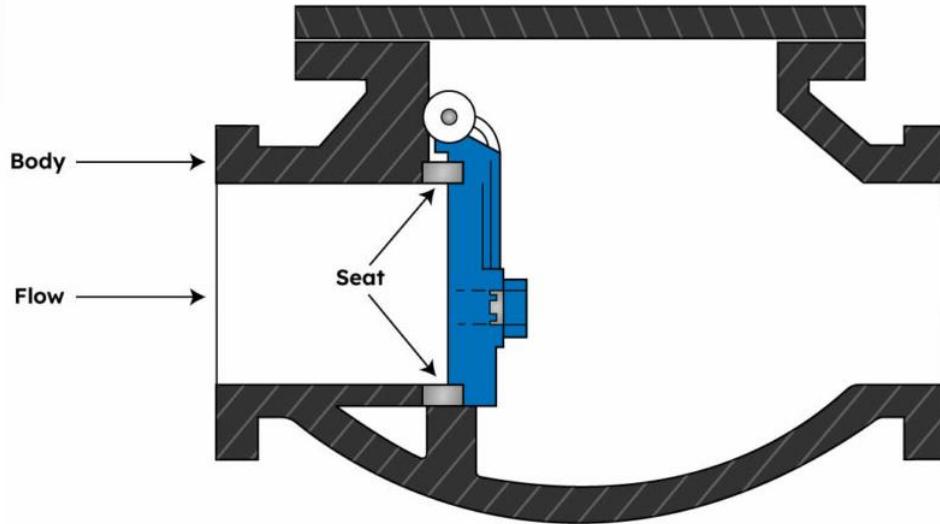
❖ برای سیالات عاری از ذرات جامد به کار می روند زیرا ذرات جامد باعث گیر کردن قطعه متحرک می شود.



انواع شیرهای یکطرفه (check valve)

شیر یکطرفه بادبزی Swing Check Valve

❖ قطعه متحرک دیسکی حول لولای بالای نشیمن شیر می چرخد.



❖ تولید صدا حین بسته شدن سریع شیر، عدم آب بندی کامل به ویژه وقتی نشیمن و دیسک هر دو فلزی باشند.

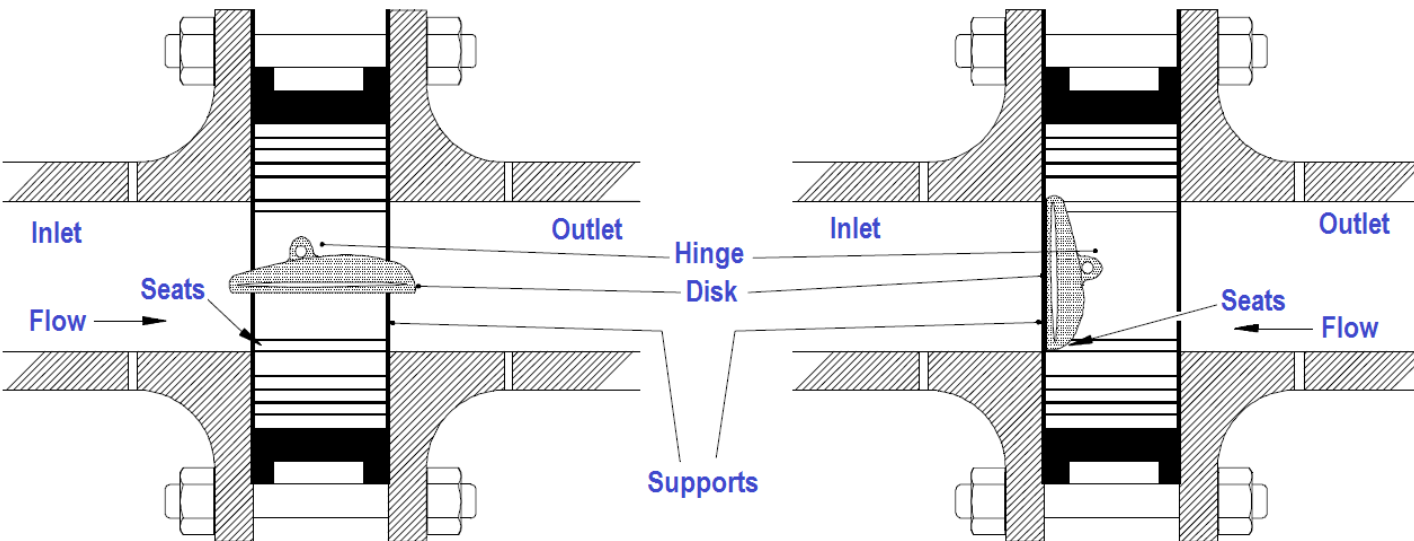
❖ برای سیالات با ذرات جامد معلق هم قابل استفاده است.





شیر یکطرفه دورانی Tilting-Disc Check Valve

❖ قطعه متحرک حول لولایی که کمی بالاتر از مرکز نشیمن شیر قرار دارد دوران می کند.



❖ این شیرها می توانند به عنوان شیر پروانه ای هم عمل کنند.

❖ شیرهای یکطرفه دورانی سریع بسته می شوند زیرا دیسک مسافت کمتری را از حالت تمام باز تا بسته طی می کند.



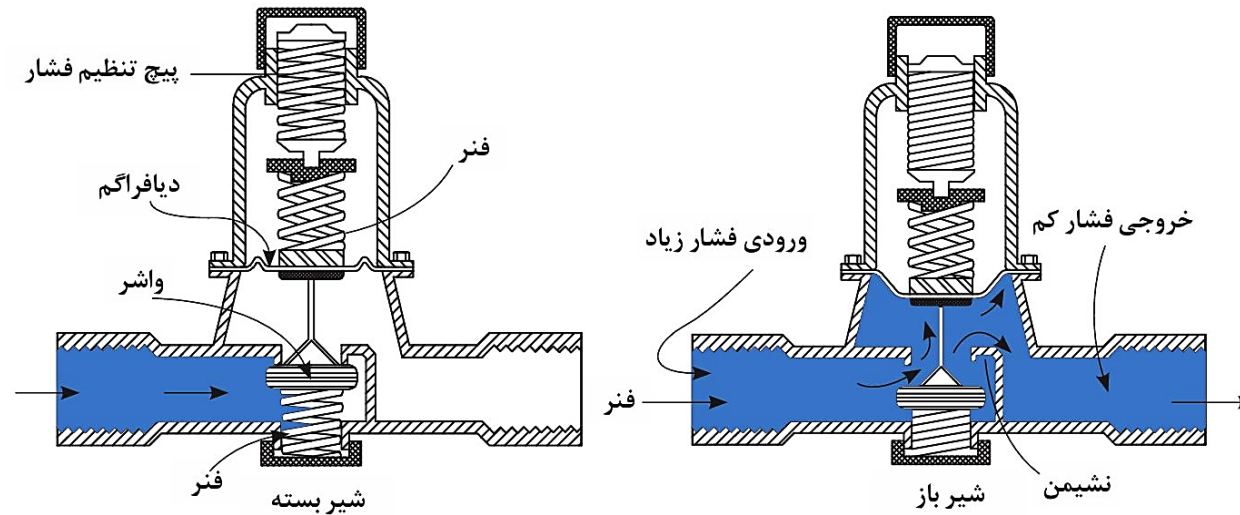


انواع شیرهای تنظیم فشار (Pressure relief valve)

انواع شیرهای صنعتی در مدار

شیر کاهنده فشار Pressure Reducing Valve

❖ به طور خودکار سیستم را در برابر فشار اضافی محافظت می کنند.



❖ بار مکانیکی این شیرها بوسیله وزنه یا فنر تامین می گردد.

❖ در صورتی که فشار خروجی از فشار بحرانی کمتر باشد، فنر دیسک شیر را به پایین برده و شیر را باز می کند.

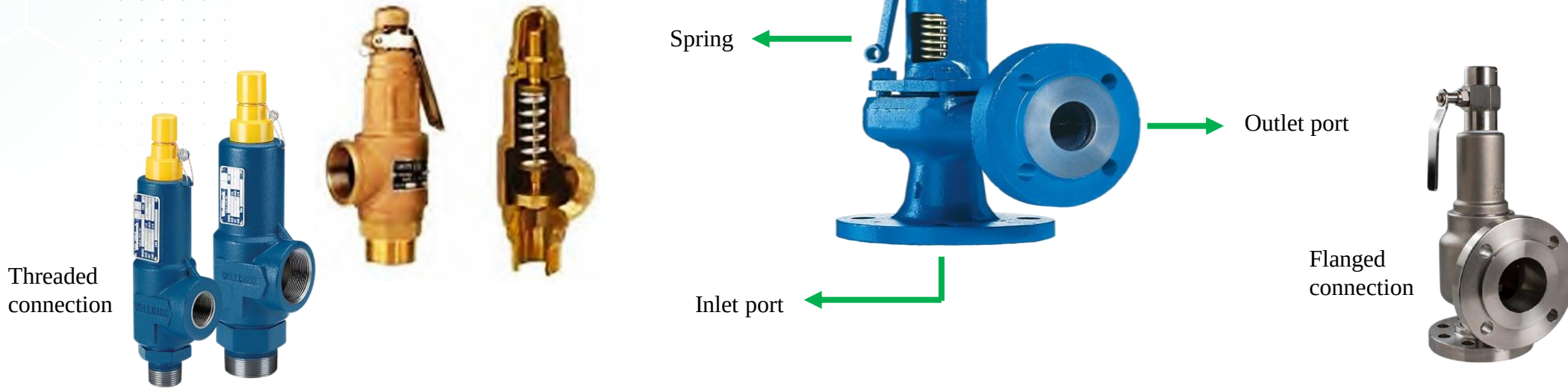




انواع شیرهای تنظیم فشار (Pressure relief valve)

Safety Valve

شیر اطمینان



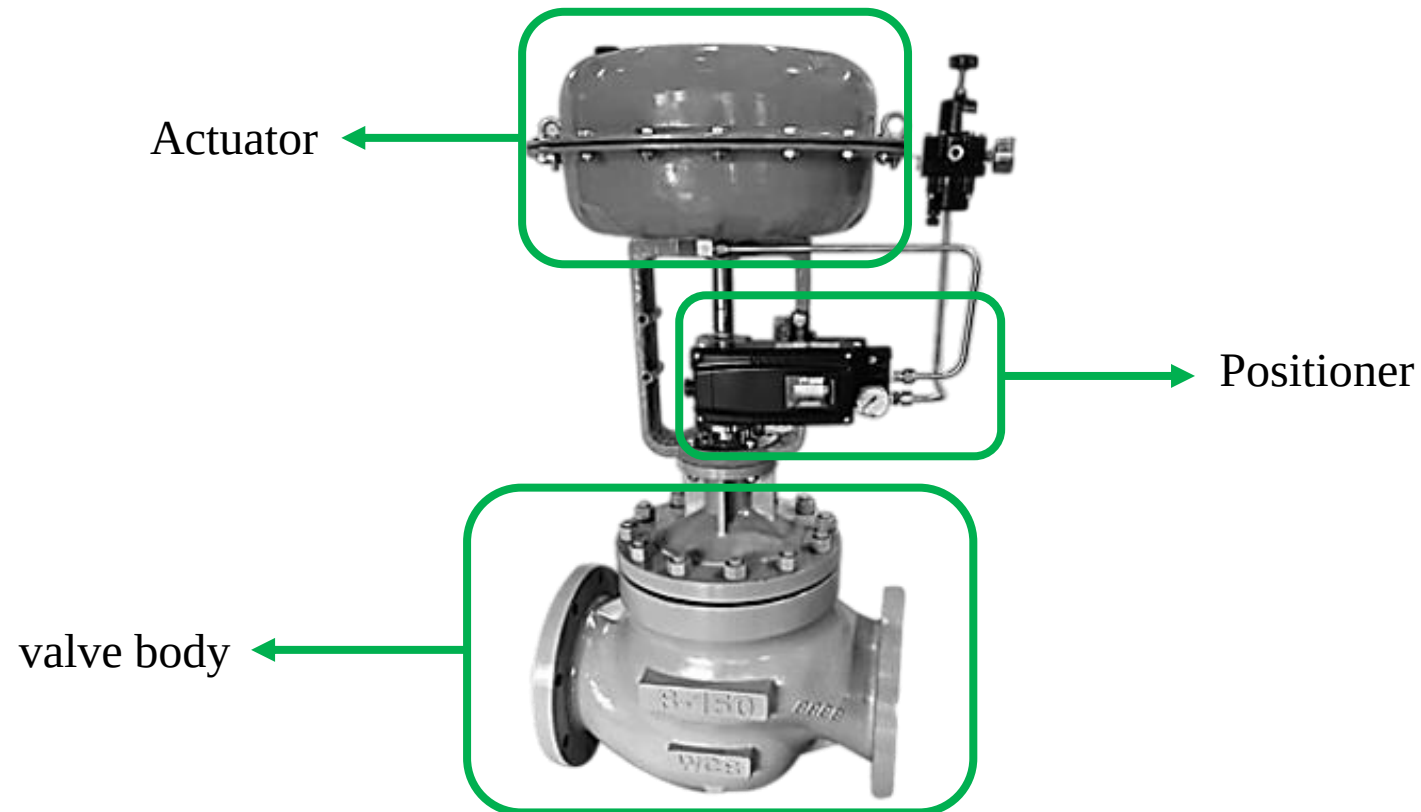
❖ به محض اینکه به هر دلیلی فشار داخل سیستم از حد تنظیم شده بر روی شیر اطمینان بالاتر رود، شیر باز شده و قسمتی از سیال داخل سیستم را تخلیه کرده تا زمانی که فشار از حد تنظیم شده بر روی شیر مقداری پایین تر رفته و در نهایت شیر بسته می شود.

❖ شیر اطمینان در دو نوع حساس به فشار و حساس به دما و فشار ساخته می شوند.



شیر کنترلی Control Valve

باز یا بسته شدن شیرهای کنترلی توسط عملگرهای شیر که به صورت نیوماتیکی، هیدرولیکی، الکتریکی، فنری و دستی است انجام می‌شود. معمولاً به دلیل سادگی و در دسترس بودن از شیرهایی با عملگر نیوماتیکی استفاده می‌گردد.





انواع شیرهای صنعتی در مدار

❖ تقسیم‌بندی بر اساس انواع محرک‌ها

محرک‌های دستی: محرک‌های دستی ساده‌ترین و رایج‌ترین نوع محرک‌هایی هستند که در شیرهای روشن/خاموش استفاده می‌شوند. این محرک‌ها شامل یک اهرم دستی هستند که برای باز و بسته کردن شیر استفاده می‌شود. محرک‌های دستی برای شیرهای کوچک و کاربردهای با فشار کم که نیاز به عمل کردن شیر به صورت کم‌تکرار دارند، مناسب هستند.

محرک‌های نیوماتیک: محرک‌های نیوماتیک از هوای فشرده برای باز و بسته کردن شیر استفاده می‌کنند. این نوع محرک‌ها معمولاً در کاربردهای صنعتی که شیر نیاز به عمل کردن سریع و مکرر دارد، استفاده می‌شوند. محرک‌های نیوماتیک برای کاربردهای با فشار بالا مناسب هستند و می‌توانند در محیط‌های خطرناک استفاده شوند.

محرک‌های الکتریکی: محرک‌های الکتریکی از یک موتور الکتریکی برای باز و بسته کردن شیر استفاده می‌کنند. این نوع محرک‌ها معمولاً در کاربردهایی که نیاز به عمل کردن شیر از راه دور یا عمل کردن مکرر شیر دارند، استفاده می‌شوند. محرک‌های الکتریکی برای کاربردهای با فشار بالا و پایین مناسب هستند.

محرک‌های هیدرولیک: محرک‌های هیدرولیک از فشار هیدرولیک و روغن برای باز و بسته کردن شیر استفاده می‌کنند. این نوع محرک‌ها معمولاً در کاربردهای با فشار بالا و محیط‌های خطرناک استفاده می‌شوند. محرک‌های هیدرولیک برای شیرهای بزرگ و کاربردهایی که نیاز به دقت بالا دارند، مناسب هستند.

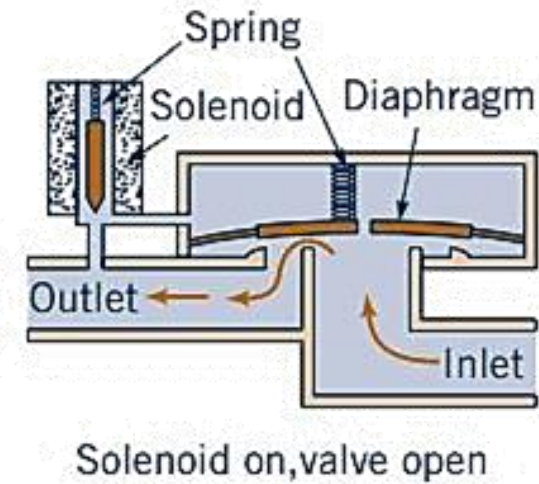
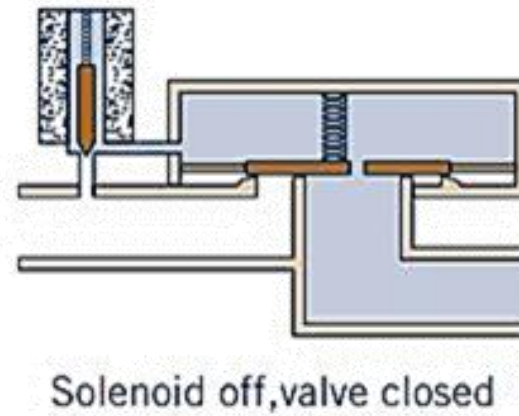
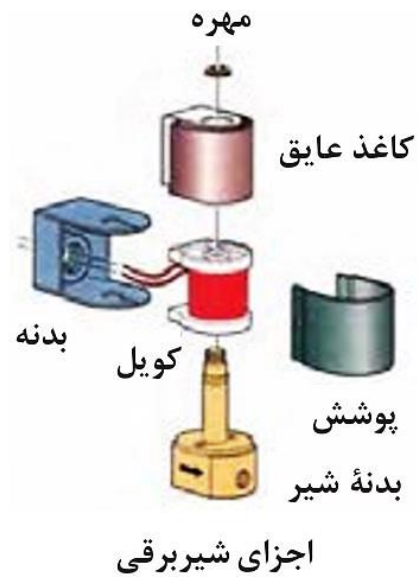
محرک‌های سلونوئید: محرک‌های سلونوئید از یک سیگنال الکتریکی برای باز و بسته کردن شیر استفاده می‌کنند. این نوع محرک‌ها معمولاً در کاربردهای با فشار کم که نیاز به عمل کردن سریع و مکرر شیر دارند، استفاده می‌شوند. محرک‌های سلونوئید برای کاربردهایی که نیاز به دقت بالا ندارند، مناسب هستند.





انواع شیرهای صنعتی در مدار

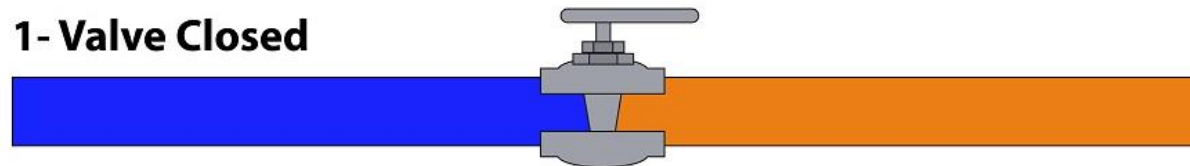
Solenoid Valve شیر سلونوئیدی



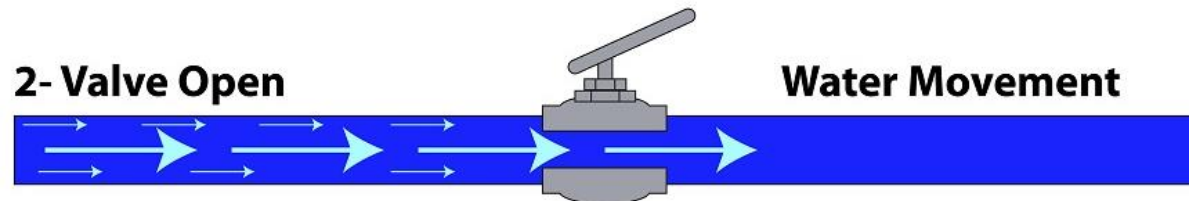
❖ عموماً برای کنترل جریان سیال استفاده می‌شوند.

❖ پدیده ضربه قوچ

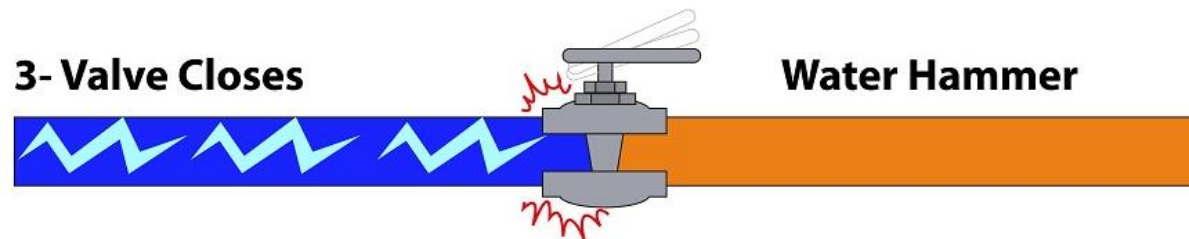
1- Valve Closed



2- Valve Open

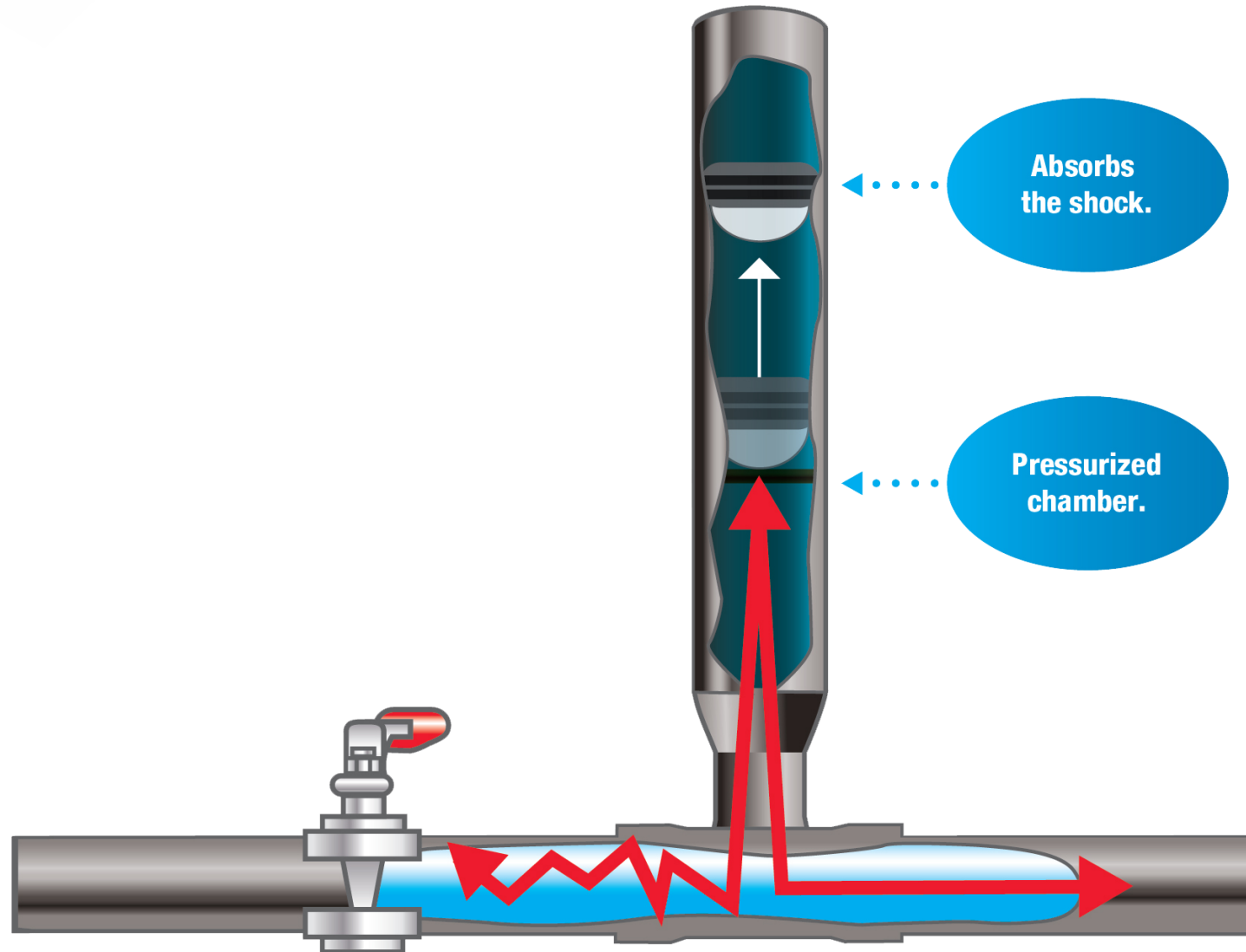


3- Valve Closes



انواع شیرهای صنعتی در مدار

❖ راهکار مقابله با پدیده ضربه قوچ

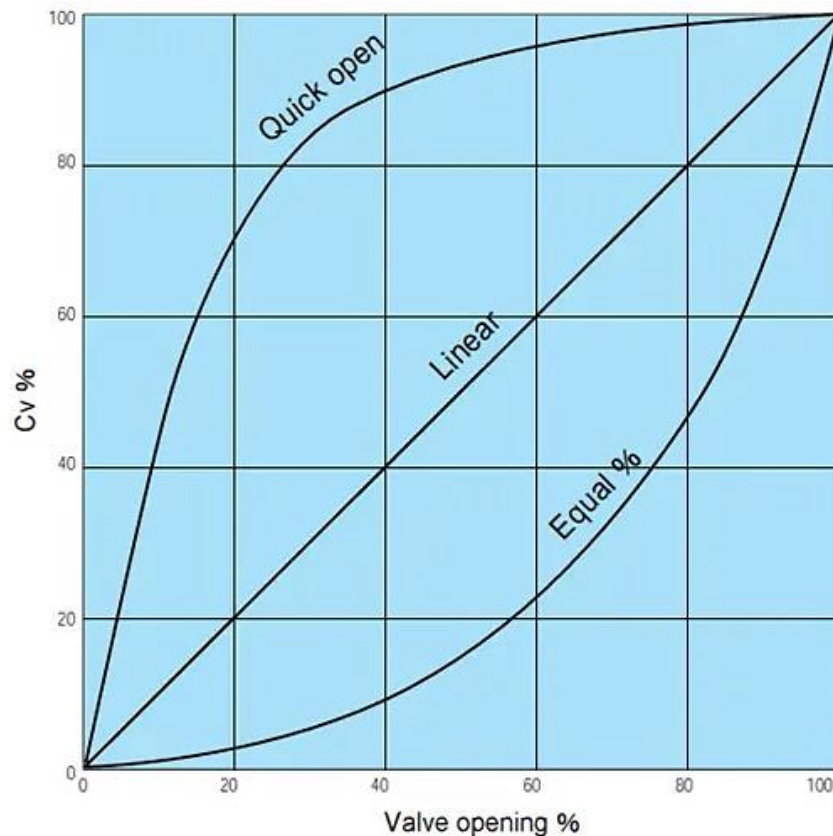




انواع شیرهای صنعتی در مدار

❖ مفهوم ضریب جریان Flow Coefficient (CV)

❑ ضریبی مرتبط با هندسه یک شیر بوده که برای یک بازشدگی معین، می‌تواند برای تعیین ظرفیت جریان استفاده شود و عملاً اندازه شیر را مشخص می‌کند.



❑ هرچه این ضریب بزرگ‌تر باشد، دبی عبوری سیال از شیر برای یک افت فشار مشخص، بیش‌تر است.

$$C_v = Q \sqrt{\frac{G}{\Delta P}}$$

$$Q = C_v \sqrt{\Delta P / G}$$

Q = Capacity in gallons per minute

C_v = Valve sizing coefficient determined experimentally for each style and size of valve, using water at standard conditions as the test fluid

ΔP = Pressure differential in psi

G = Specific gravity of fluid (water at 60°F = 1.0000)

$$\begin{aligned} K_v &= 0.865 C_v \\ C_v &= 1.16 K_v \end{aligned}$$





انواع شیرهای صنعتی در مدار

❖ نمادگذاری شیرهای صنعتی

	Hand-Operated Gate Valve		Check Valve 2		Solenoid Valve		4-way Plug Valve		Pinch Valve
	Gate Valve		Butterfly Valve		Hydraulic Valve		4-way Valve		Minimum Flow Valve
	Closed Gate Valve		Flanged Valve		Motor-Operated Valve		Electro-Hydraulic Valve		Auto Recirculation
	Hand-Operated Globe Valve		Flanged Valve 2		Pilot Gate Valve		Balanced Diaphragm Gate Valve		Gauge
	Globe Valve		Angle Valve Hand-Operated		Weight Gate Valve		Spring Gate Valve		Bleeder Valve
	Rotary Valve		Angle Globe Valve		Powered Valve		Ram Valve		Integrated Block Valve
	Needle Valve		Relief Valve		Float-Operated Valve		Slide Valve		Manual Integrated Valve
	Control Valve		Angle Valve		Needle Valve		Metering Cock		Orifice
	Piston-Operated Valve		Angle Blowdown Valve		3-Way Valve		Knife Valve		Rotameter
	Back Pressure Regulator		Ball		3-Way Valve 2		Excess Flow Valve		Quarter Turn Valve Double Acting
	Plug or Cock Valve		Normally Closed Ball		3-Way Plug Valve		Post Indicator		Quarter Turn Valve Spring Acting
	Check Valve		Diaphragm				Self Draining Valve		Water Flow Meter
			Plug Valve				Diaphragm Valve		Self-Operating Release Valve



طراحی مدار

❖ محاسبه مقاومت مدار
❖ طول معادل شیرها و اتصالات

Nominal pipe size in	Valves					
	Equivalent length in ft					
	Globe valve	Ball check valve	Angle valve	Swing check valve	Plug cock	Gate or ball valve
1.5	55	55	26	13	7	1
2	70	70	33	17	14	2
2.5	80	80	40	20	11	2
3	100	100	50	25	17	2
4	130	130	65	32	30	3
6	200	200	100	48	70	4
8	260	260	125	64	120	6
10	330	330	160	80	170	7
12	400	400	190	95	170	9
14	450	450	210	105	80	10
16	500	500	240	120	145	11
18	550	550	280	140	160	12
20	650	650	300	155	210	14
22	688	688	335	170	225	15
24	750	750	370	185	254	16

Nominal pipe size in	Fittings												
	Equivalent length in m												
	45 deg elbow		Short radius elbow		Long radius elbow		Hard tee		Soft tee		90 deg miter bend		
	Welded	Threaded	Welded	Threaded	Welded	Threaded	Welded	Threaded	Welded	Threaded	2 miter	3 miter	4 miter
1.5	0.3	0.6	0.9	1.5	0.6	0.9	2.4	2.7	0.6	0.9			
2	0.6	0.9	1.2	1.5	0.9	1.2	3.0	3.4	0.9	1.2			
2.5	0.6	0.6	1.5	1.5	0.9	0.9	3.7	3.7	0.9	0.9			
3	0.6	0.6	1.8	1.8	1.2	1.2	4.3	4.3	1.2	1.2			
4	0.9	0.9	2.1	2.1	1.5	1.5	5.8	5.8	1.5	1.5			
6	1.2	1.2	3.4	3.4	2.4	2.4	8.5	8.5	2.4	2.4			
8	1.8	1.8	4.6	4.6	2.7	2.7	11.3	11.3	2.7	2.7			
10	2.1	2.1	5.5	5.5	3.7	3.7	14.3	14.3	3.7	3.7			
12	2.7	2.7	6.7	6.7	4.3	4.3	16.8	16.8	4.3	4.3	8.5	6.4	6.1
14	3.0	3.0	7.9	4.9	4.9	4.9	18.9	18.9	4.9	4.9	9.8	7.3	6.7
16	3.4	3.4	8.8	8.8	5.5	5.5	21.9	21.9	5.5	5.5	11.6	8.2	7.3
18	3.7	3.7	10.1	10.1	6.1	6.1	25.0	25.0	6.1	6.1	12.8	9.1	8.5
20	4.3	4.3	11.0	11.0	7.0	7.0	27.4	27.4	7.0	7.0	14.0	10.1	9.8
22	4.6	4.6	12.2	12.2	7.6	7.6	30.5	30.5	7.6	7.6	15.8	11.0	10.4
24	4.9	4.9	13.4	13.4	8.2	8.2	33.5	33.5	8.2	8.2	17.1	11.9	11.0





طراحی مدار

❖ تعیین هد و دبی مورد نیاز

❖ تعیین توان قابل تامین

❖ مراجعه به کاتالوگ

GENERAL SPECIFICATIONS OF CENTRIFUGAL PUMPS

Output size	: 100 to 300 mm
Capacity	: 30 to 1800 m ³ / h
Head	: 3 to 90 m
Operating temperature with soft packed stuffing box	: from -50°C to 110°C
Operating temperature with mechanical seal	: from -50°C to 140°C

Material :

Shaft	: Steel Ck45
Impeller	: Cast - Iron GG - 25
Casing	: Cast - Iron GG - 25

Material are changeable on request.



پمپیران



راهنمای انتخاب پمپ‌های

گریز از مرکز ER

ER centrifugal pump



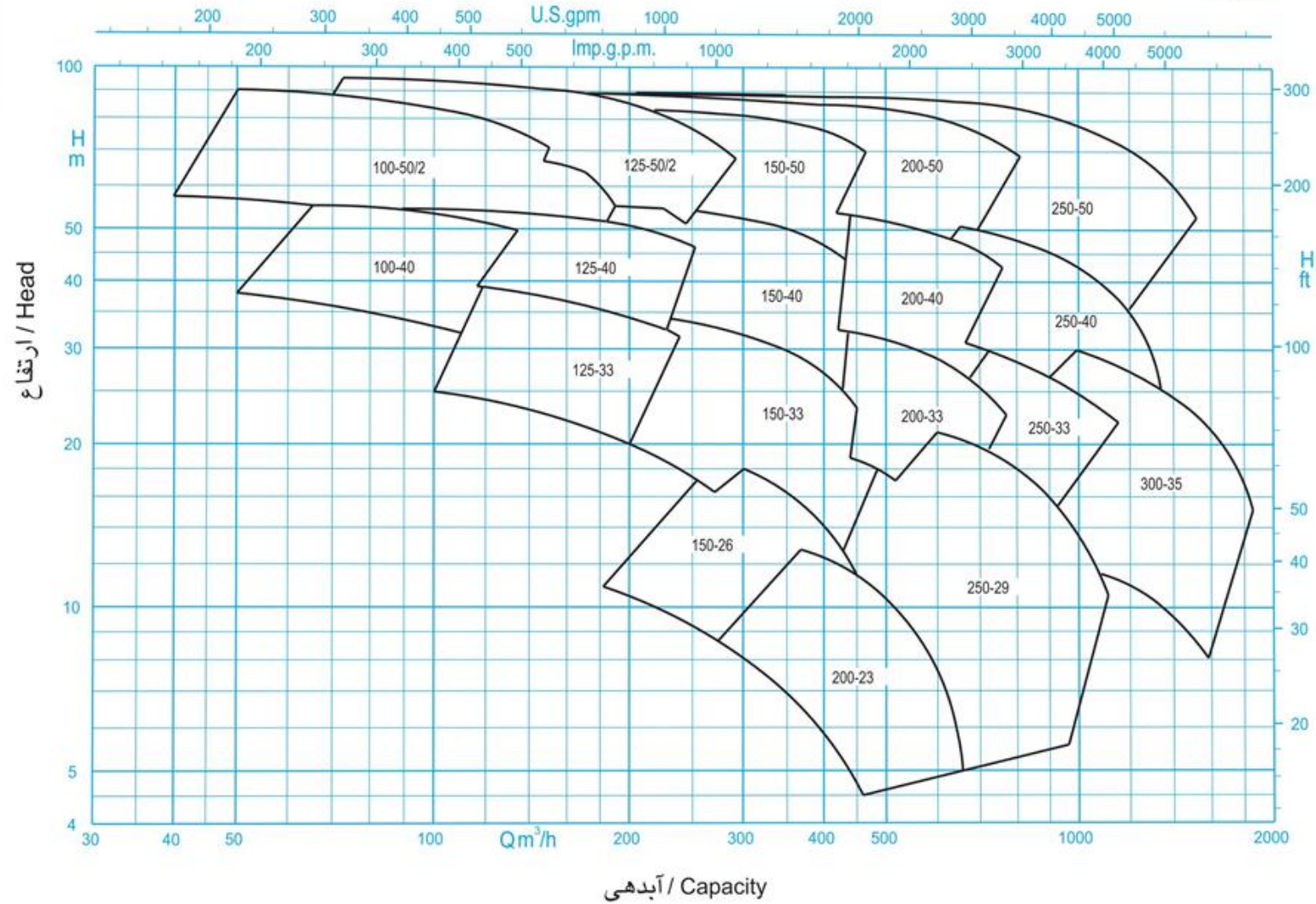


طراحی مدار

❖ انتخاب پمپ

❖ منحنی همپوشانی پمپ‌های تولید شده توسط یک شرکت

دور موتور ۱۴۵۰ rpm / ۱۴۵۰



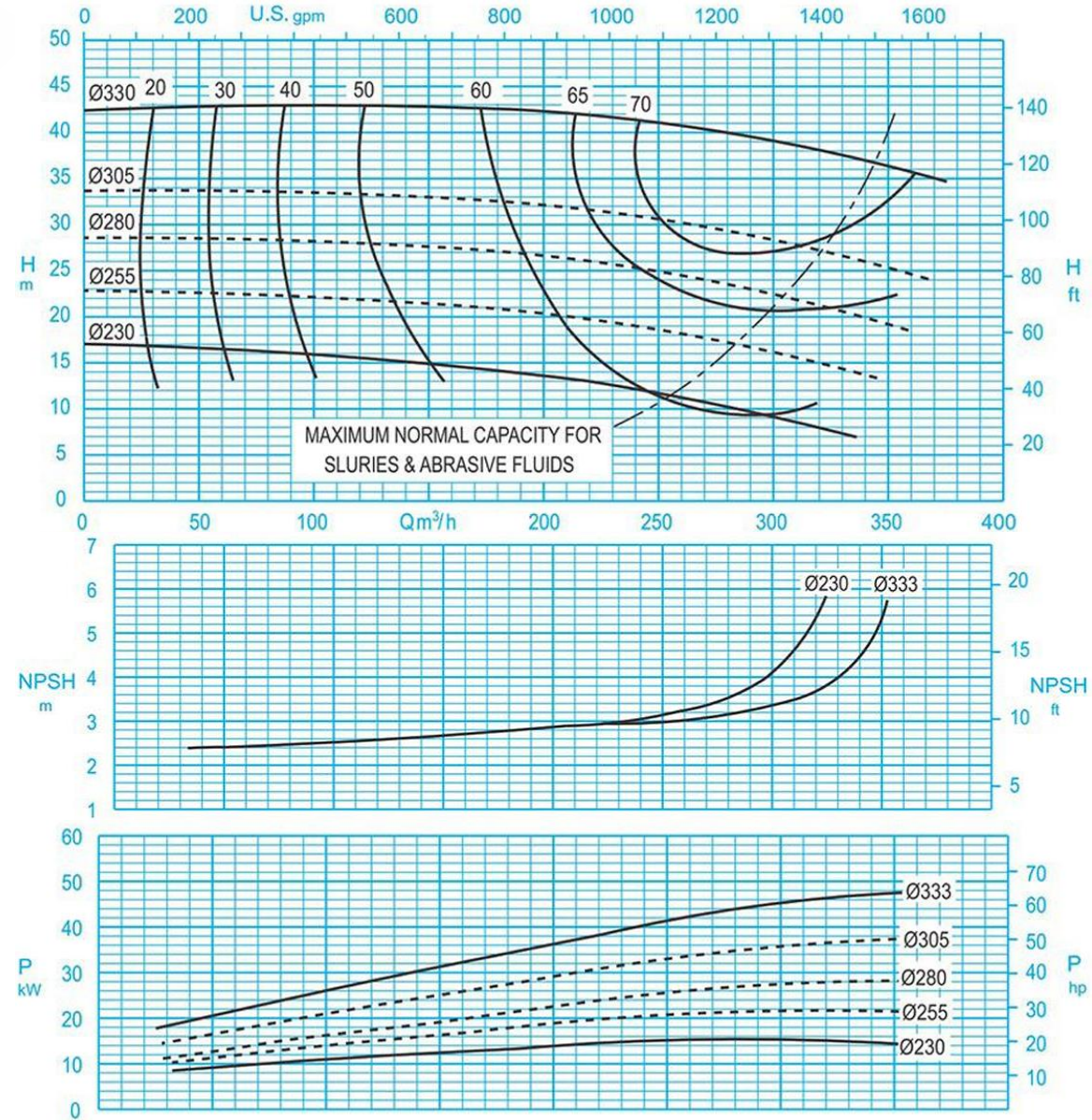


دور ۱۴۵۰ RPM 1450	آبدهی (مترمکعب بر ساعت) Capacity (m ³ /h)					قطر پروانه Imp. Dia. (mm)	فلنج پمپ Pump Flange (mm)		مشخصات موتور Motor Characteristics		
	200	300	400	500	600		مکش Inlet	رانش outlet	Power / قدرت A		I / جریان
									kW کیلووات	HP اسب بخار	Amp آمپر
ارتفاع (متر) Head (m)	15.3	14.1	12.4	10.3	7.2	230/230	200	200	22	30	44
	14.2	13	11.4	9.2	6.2	230/220			18.5	25	36.5
	13.3	12.2	10.7	8.4	5.2	230/210			15	20	32
	12.6	11.5	9.9	7.7	-	230/190			15	20	32



طراحی مدار

❖ انتخاب پمپ





طراحی مدار

❖ تهیه پمپ و موتور

❖ برپا کردن

❖ فونداسیون

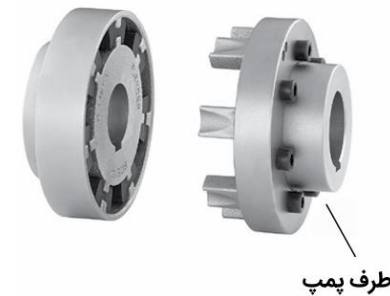
❖ حمل صحیح

❖ نصب

❖ تراز کردن موتور و پمپ روی شاسی

❖ اتصال کوپلینگ

❖ و ...



❖ لوله کشی و اتصالات

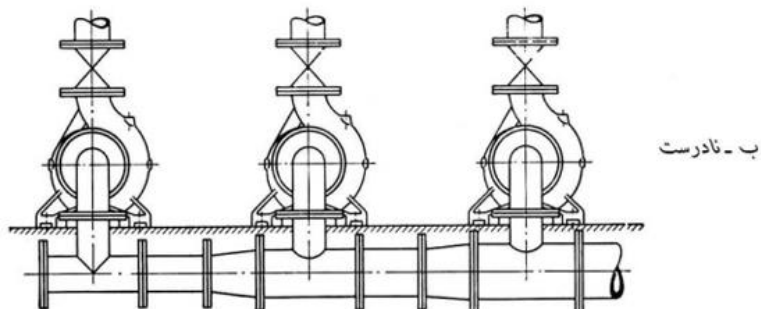
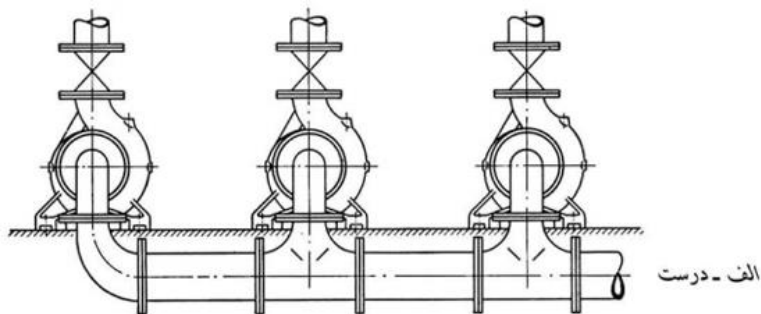
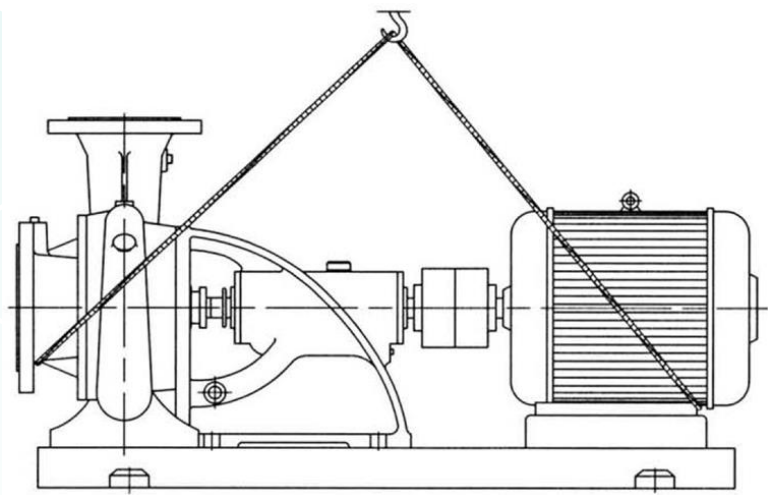
❖ اتصالات الکتریکی

❖ سربندی الکتروموتور

❖ سیم کشی مدار

❖ و ...

❖ بازرسی نهایی



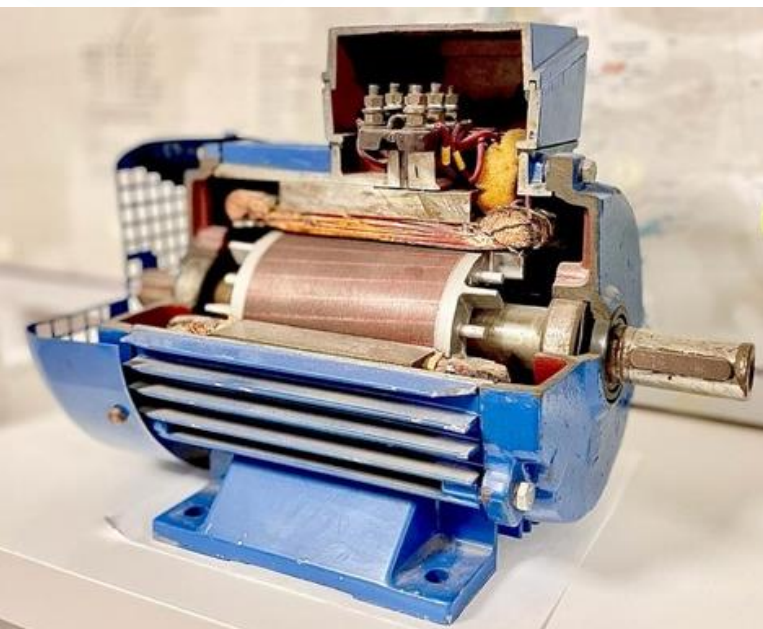
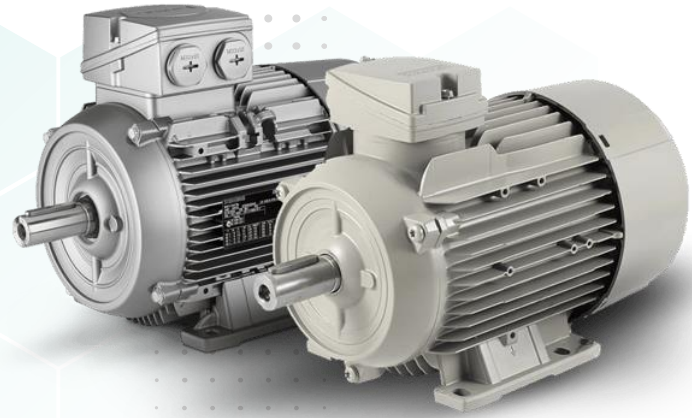
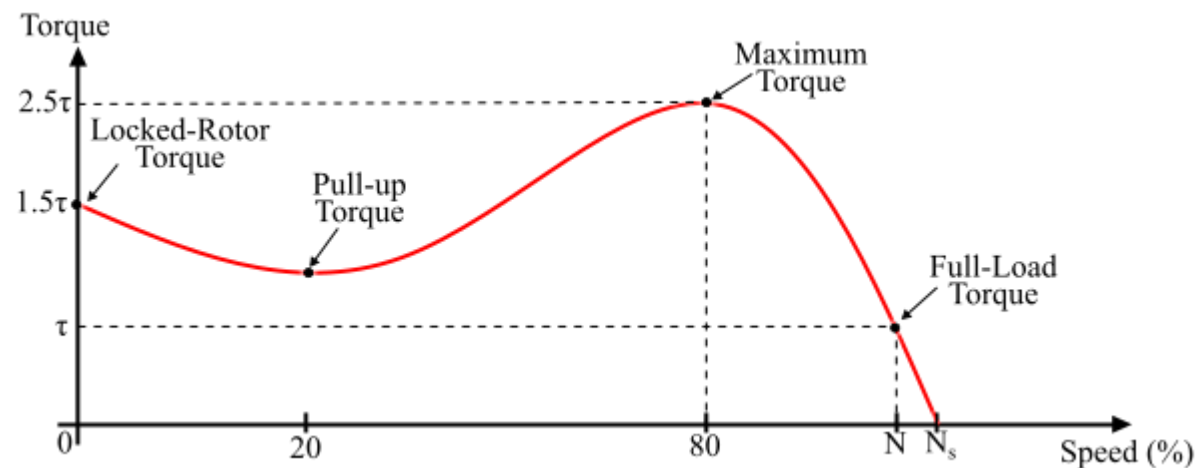


طراحی مدار

❖ الکتروموتور

- تک فاز: برای توان‌های کم (زیر ۵ کیلووات)
- سه فاز: برای توان‌های بالا

- ❖ متداول‌ترین نوع موتور در صنعت، موتور القایی یا آسنکرون با ساختار قفس سنجابی است.
- ❖ این موتور دارای یک روتور بدون سیم‌پیچی است که هادی‌های آلومینیومی در یک هسته آهنی دارد.
- ❖ ساخت آن بسیار ساده و اجزاء کمی دارد.
- ❖ به صورت تک فاز و سه فاز در دستگاه‌های زیادی استفاده می‌شود.
- ❖ با تعویض (تغییر) سر سیم‌ها، بدون افت راندمان، جهت چرخش عوض می‌شود.

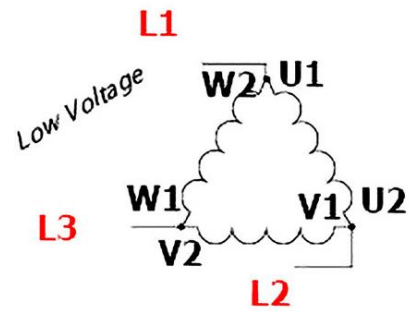
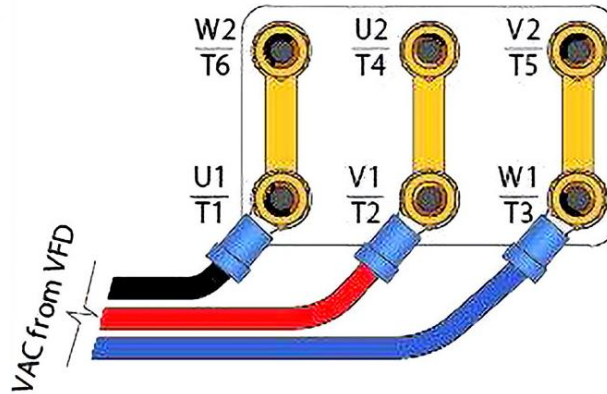




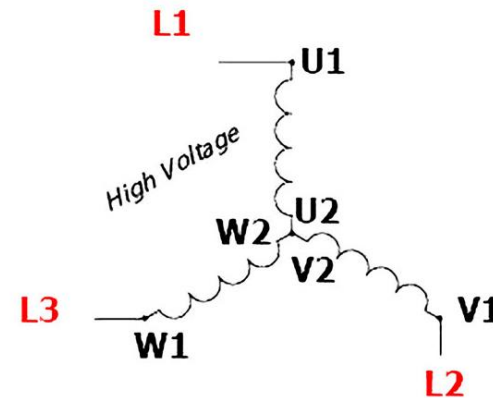
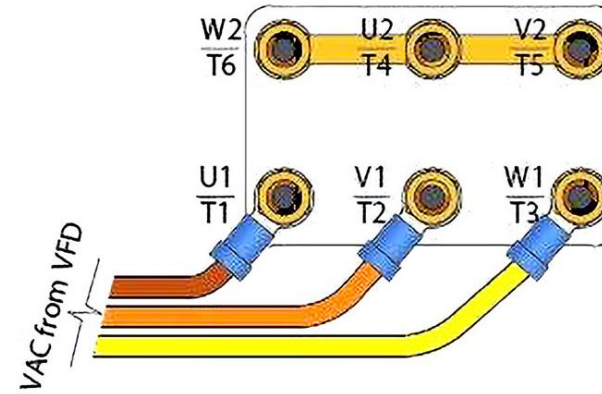
طراحی مدار

❖ سربندی الکتروموتور سه فاز

اتصال مثلث



اتصال ستاره





اندازه‌گیری دبی در مدار

❖ دسته‌بندی انواع دبی‌سنج

Variable Area Flow Meters	Positive Displacement Flow Meters	Velocity Measurement Flow Meters	Mass Flow Meters	Open Channel Flow Meters	Differential Pressure Flow Meters	Specialty Flow Meters
Glass type	Oval gear	Turbine	Coriolis	Ultrasonic	Venturi	Thermal Dispersion
Acrylic type	Helical gear	Paddle wheel	Thermal	Radar	Orifice	Target
Metal type	Spur gear	Magnetic		Bubbler	Nozzle	Laser doppler anemometry
Bypass type	Screw gear	Vortex		Weir	V-Cone	Laser doppler velocimetry (LDV)
Purge type	Reciprocating /Oscillating Piston	Ultrasonic		Parshall flume	Wedge	Laser doppler anemometry (LDA)
<u>Gilflo</u>	Multi-piston	Swirl Flow		Palmer/ <u>Bowlus</u> Flume	Pitot	Fiber Optic
	Nutating Disc/ Wobble Plate			Tracer method	Avg. pitot	Laser Two-Focus (L2F)
	Rotary/ Sliding Vane			Dilution method	<u>Gilflo</u>	...
				Mulvaney Vane Wheel		

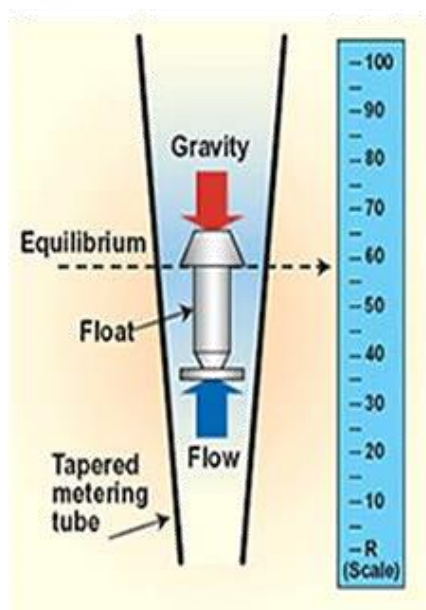
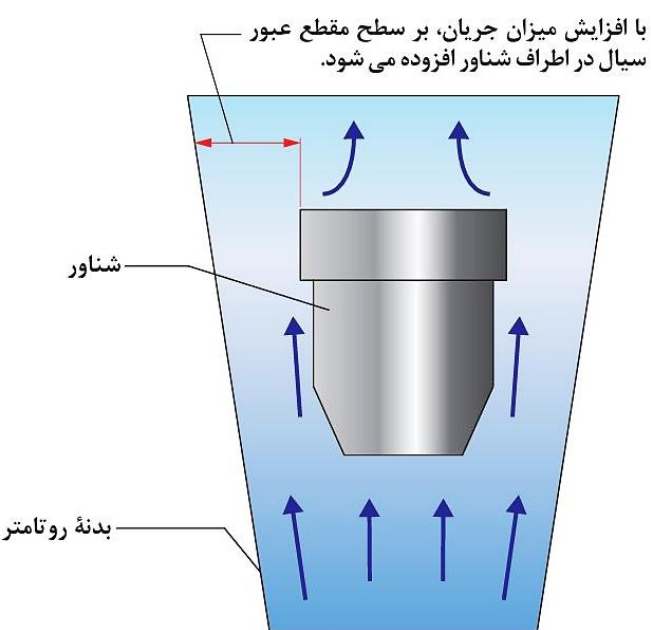




اندازه‌گیری دبی در مدار

❖ روتامتر Rotameter

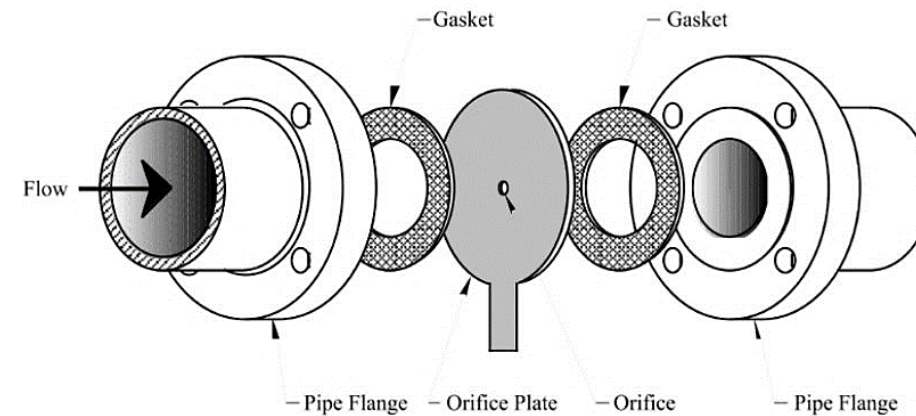
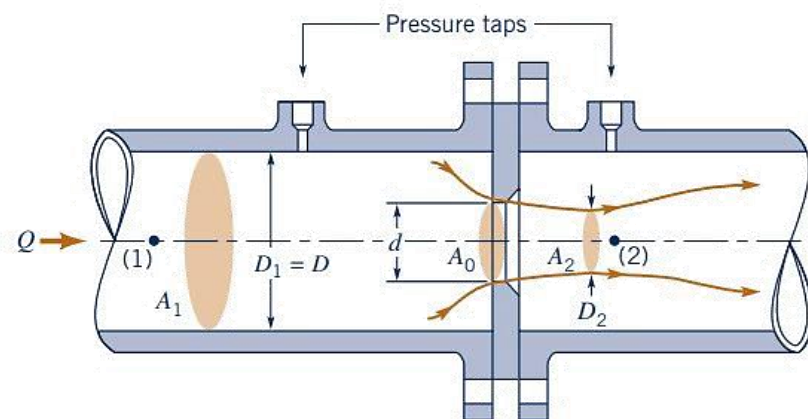
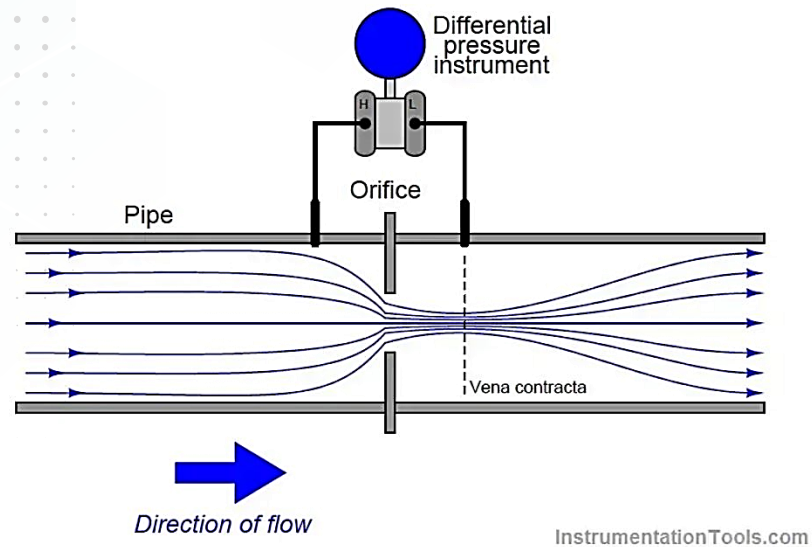
با بیشتر شدن فلوی سیال و بالاتر رفتن شناور، (با توجه به اینکه لوله اندازه‌گیری مخروطی شکل می‌باشد. هرچه به سمت بالا برود سطح مقطع آن بزرگ‌تر خواهد شد) فاصله بین طرفین شناور با دیواره‌های لوله اندازه‌گیری بیش‌تر خواهد شد و سیال عبوری بیش‌تری از طرفین شناور عبور خواهد کرد. همین موضوع باعث کاهش اختلاف فشار سیال در قسمت پایین شناور و بالای شناور خواهد شد و به همین جهت شناور با سرعت آرام‌تری به بالا حرکت خواهد کرد. این فرآیند ادامه پیدا خواهد کرد دقیقاً تا زمانی که نیروی حاصل از جریان عبوری سیال با نیروی وزن شناور به تعادل برسد و شناور در نقطه مشخصی ثابت شود. این نقطه طبق درجه‌بندی‌های مشخص شده روی لوله روتامتر، دقیقاً معادل مقدار جریان حجمی عبوری سیال از آن خواهد بود.





Orifice

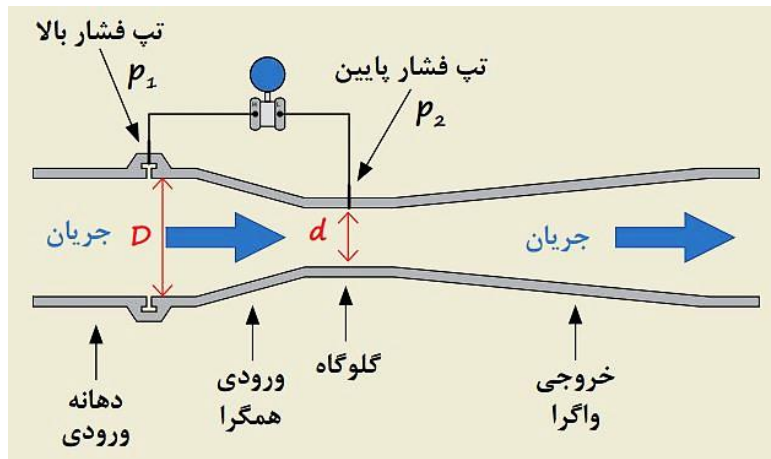
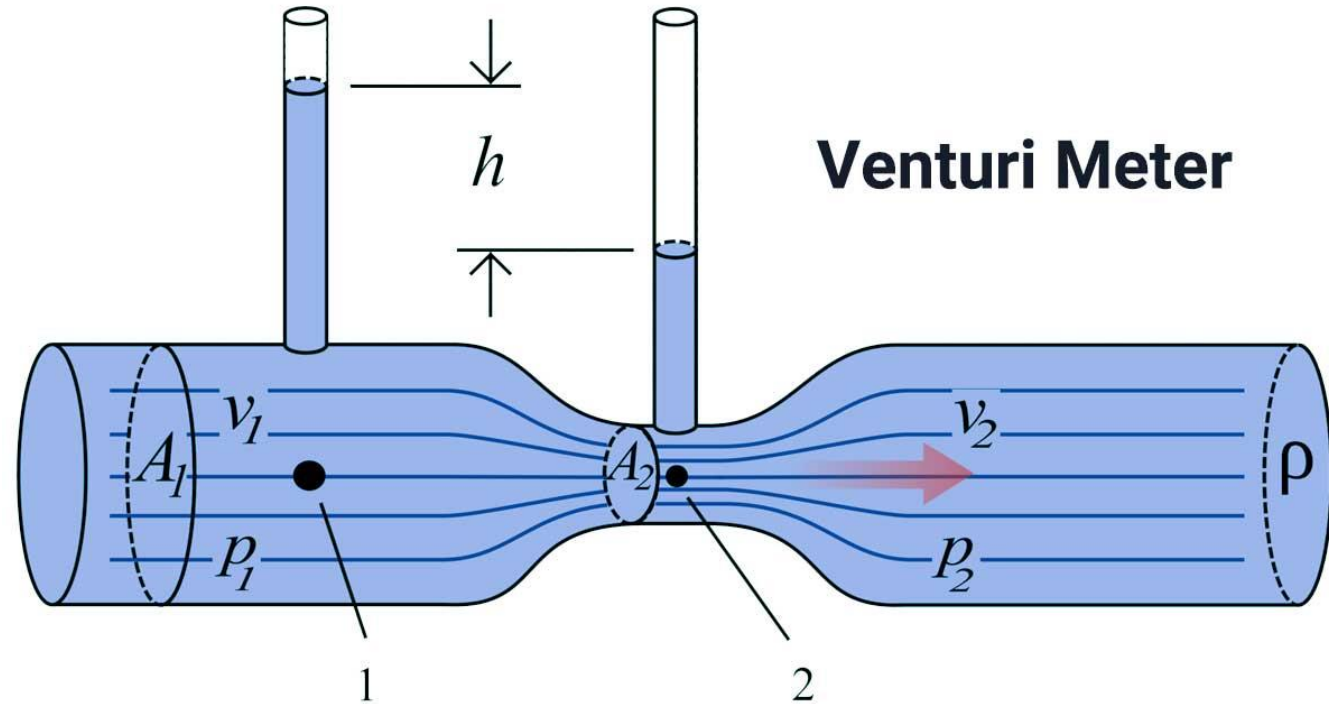
❖ اوریفیس





اندازه گیری دبی در مدار

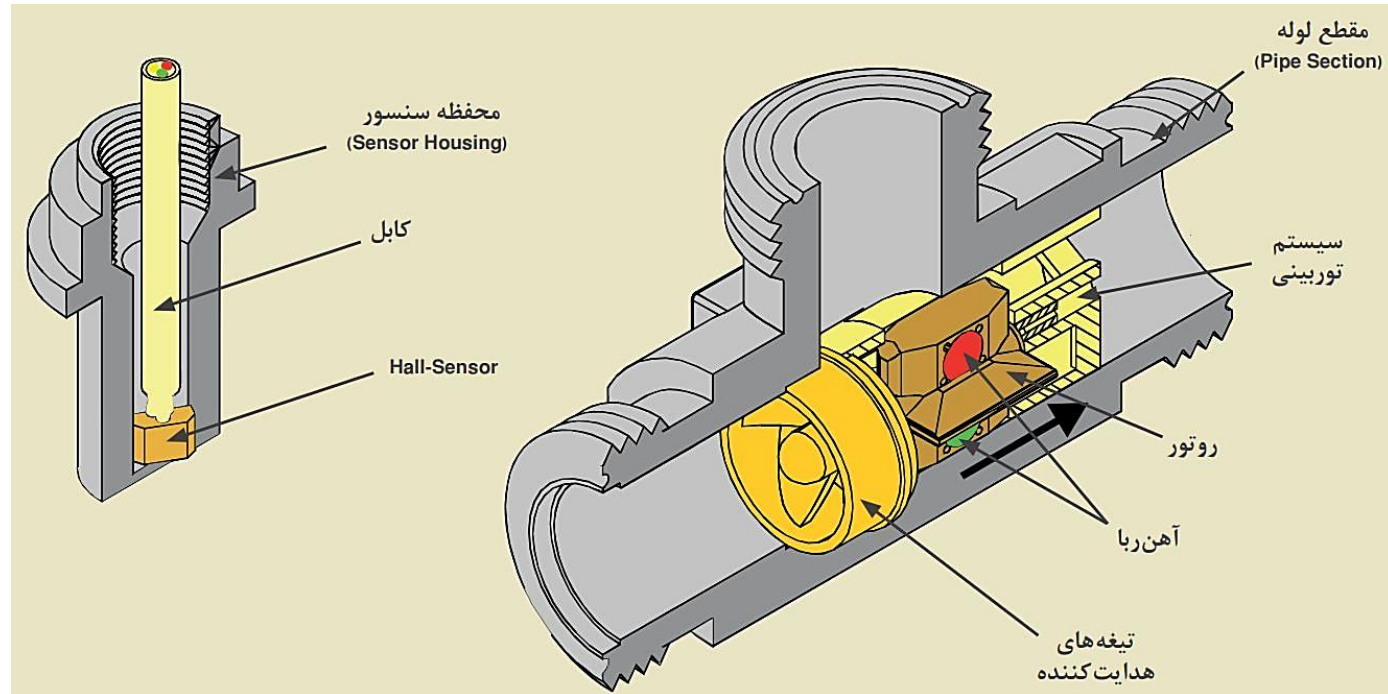
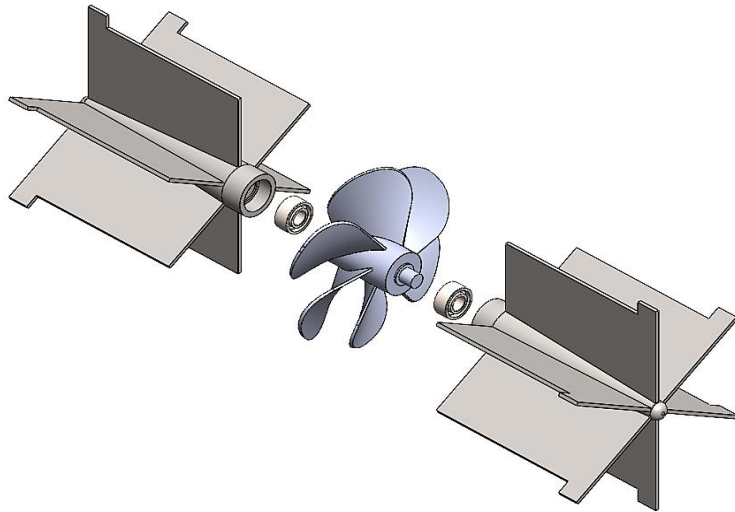
❖ دبی سنج ونتوری Venturi flow meter





اندازه گیری دبی در مدار

❖ دبی سنج توربینی Turbine or Propeller flow meter

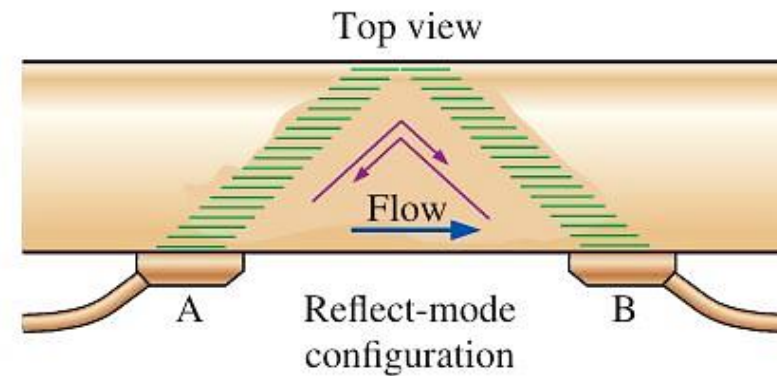
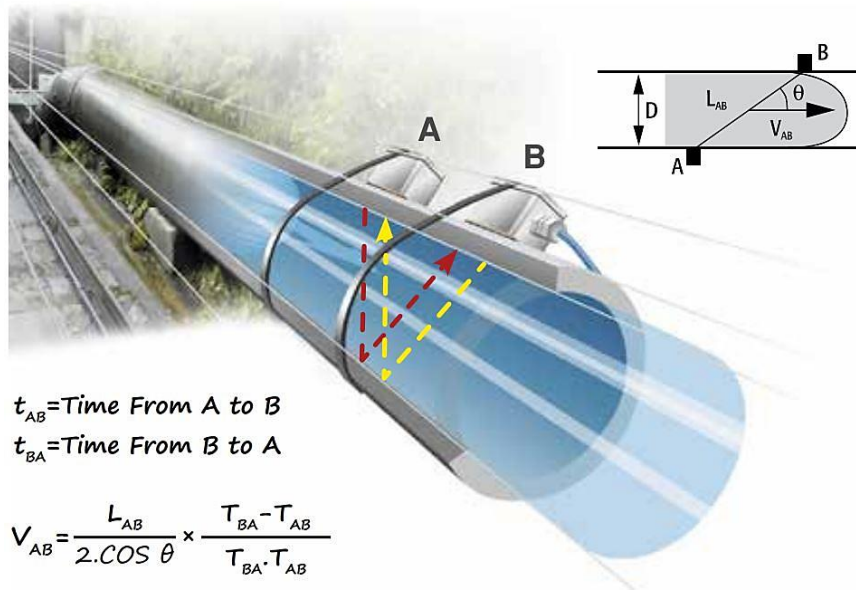
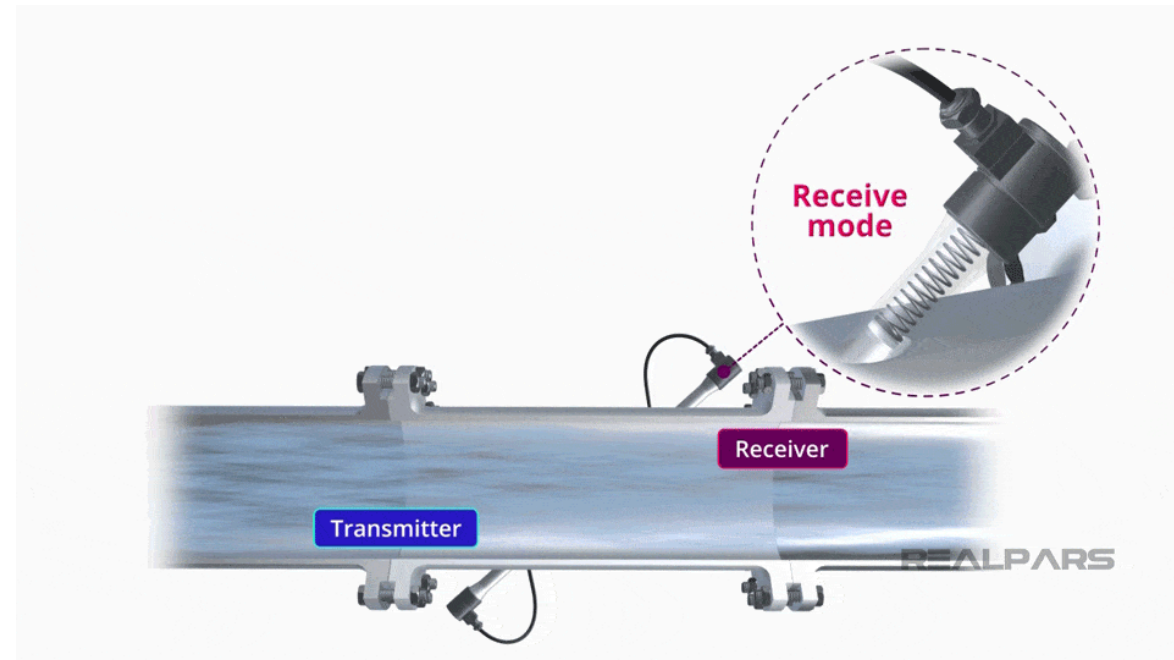




اندازه گیری دبی در مدار

Ultrasonic or acoustic flow meter

❖ دبی سنج التراسونیک

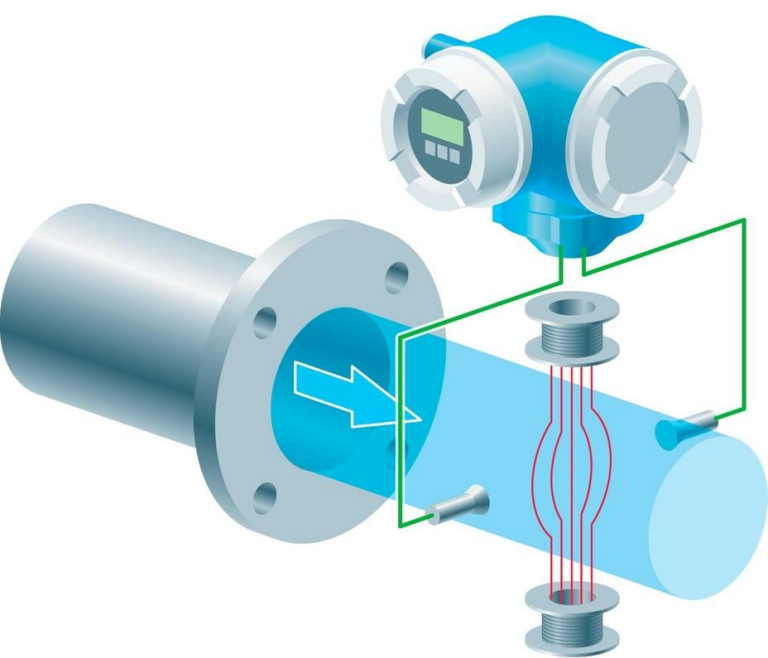




اندازه گیری دبی در مدار

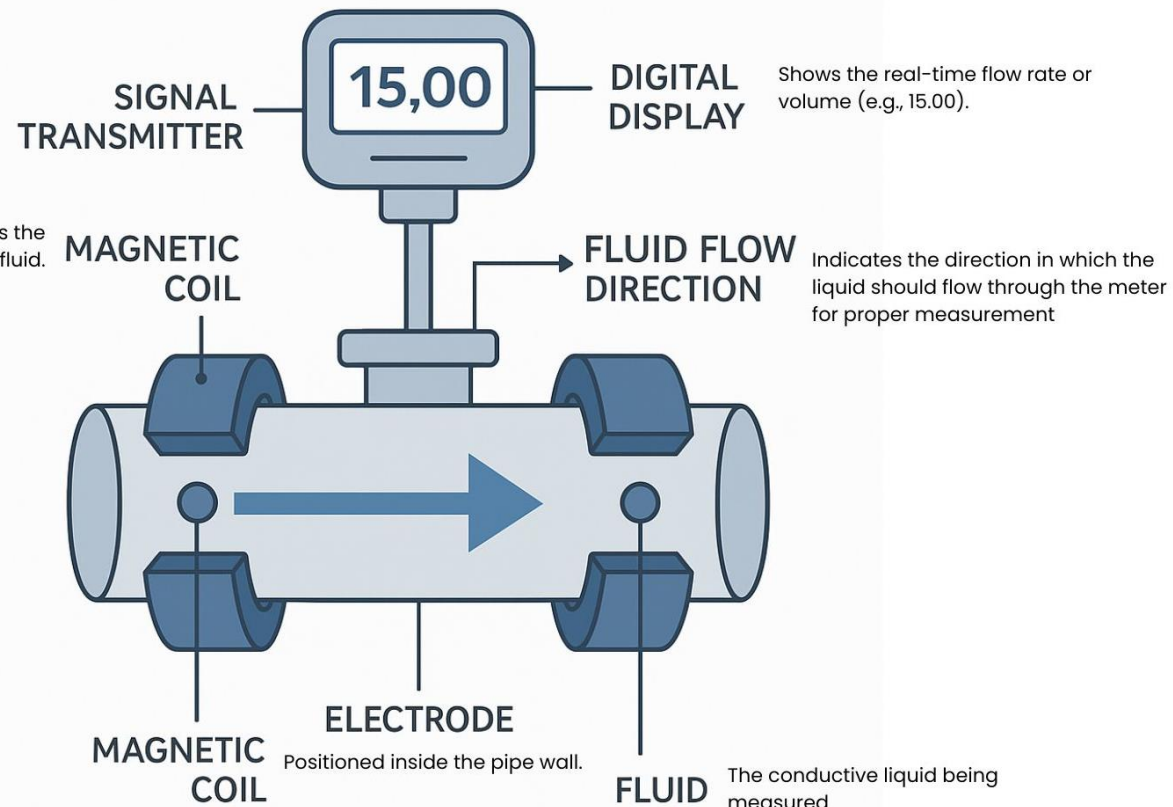
❖ دبی سنج الکترومغناطیسی Electromagnetic flow meter

بر طبق قانون فارادی در مورد القاء مغناطیس، در صورت اتصال برق به یک سیم پیچ، یک میدان مغناطیسی در اطراف آن ایجاد می گردد. با عبور یک مایع رسانا مانند آب از این میدان، ولتاژ ضعیفی ایجاد می گردد، که مقدار آن متناسب با سرعت عبور آب از میدان خواهد بود. این جریان توسط دو الکترود میدان دریافت، تقویت و در نهایت سرعت مایع مشخص می گردد. با توجه به مشخص بودن قطر لوله، دبی جریان مایع معین می گردد.



Converts the electrical signal from the electrodes into readable flow data

Generate a magnetic field across the flowing fluid.

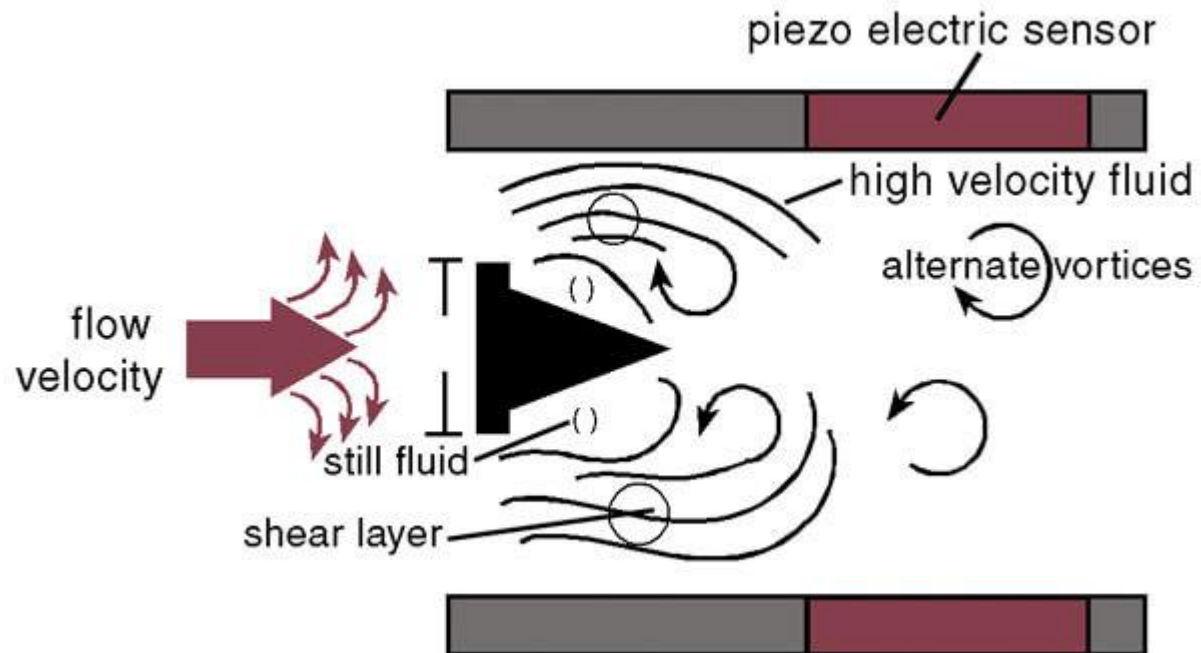
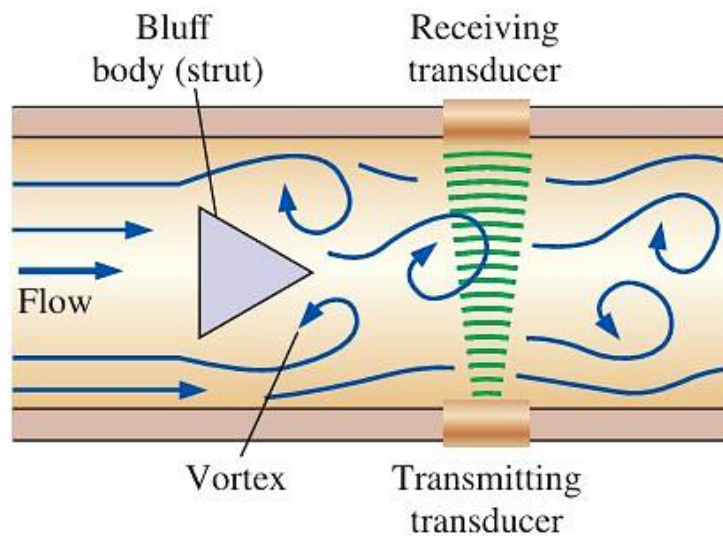




اندازه گیری دبی در مدار

❖ دبی سنج ورتکس Vortex flow meter

برای درک نحوه عملکرد جریان سنج ورتکس می‌توانید یک جسم خاص را به صورت ثابت در مسیر عبور آب قرار دهید. زمانی که آب به این جسم برخورد می‌کند مجبور به حرکت از کناره‌های آن می‌شود که در نهایت باعث ایجاد تلاطم و تغییر وضعیت سیال می‌شود. بخش دیگر از فلومتر ورتکس یک حسگر مکانیکی است که کمی عقب تر از موانع فیزیکی قرار گرفته است. تلاطم به وجود آمده از برخورد سیال با جسم فیزیکی، منجر به حرکت مکانیکی حسگر می‌شود که این حسگر به طور مستقیم به یک مبدل وصل شده است (البته حسگرهای الکتریکی و انواع دیگر غیر متحرک نیز استفاده می‌شود).

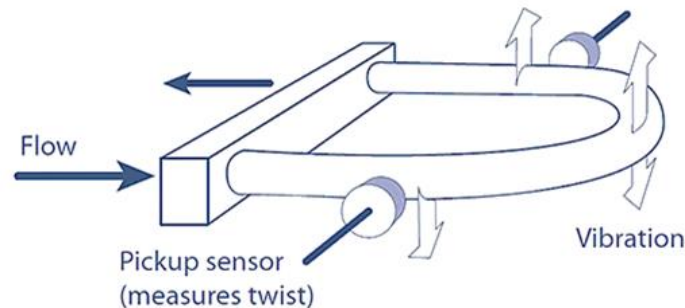
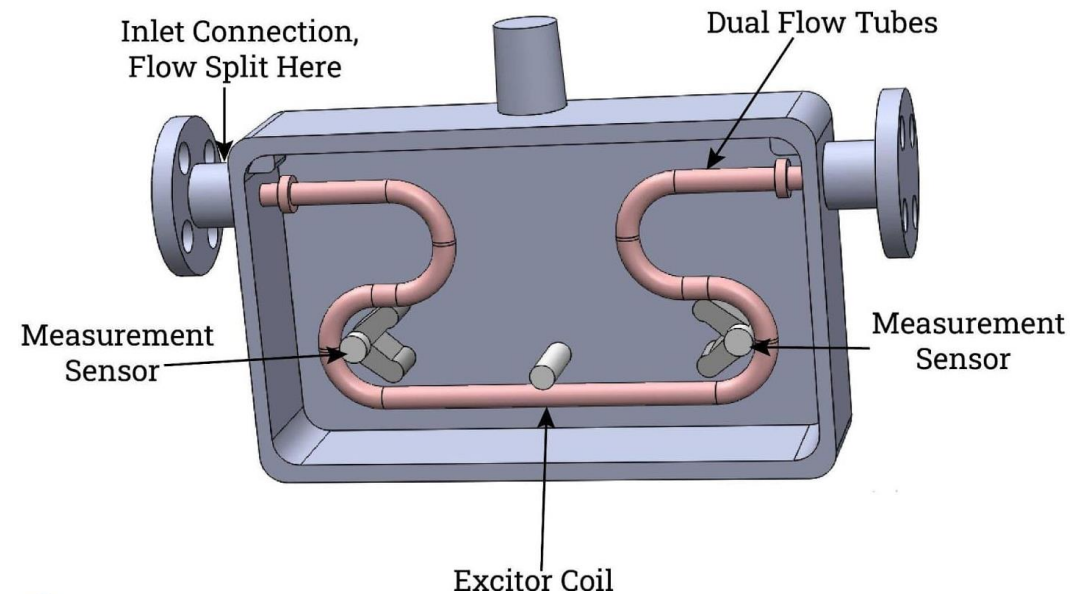
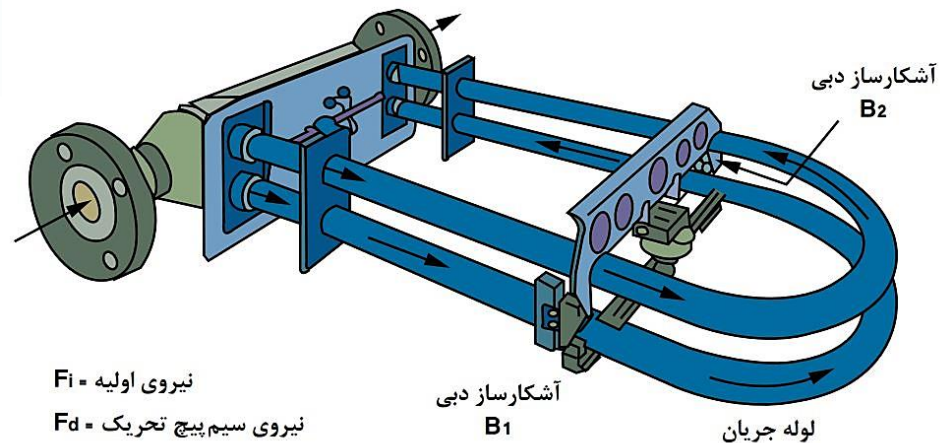




اندازه‌گیری دبی در مدار

❖ دبی‌سنج کوریولیس Coriolis mass flow meter

دبی‌سنج جرمی کوریولیس با استفاده از اینرسی ناشی از حرکت سیال کار می‌کند. این اینرسی یا لختی باعث می‌شود که لوله متناسب با سرعت جرمی چرخش کند که این پیچش‌ها بوسیله سنسور اندازه‌گیری می‌شود.



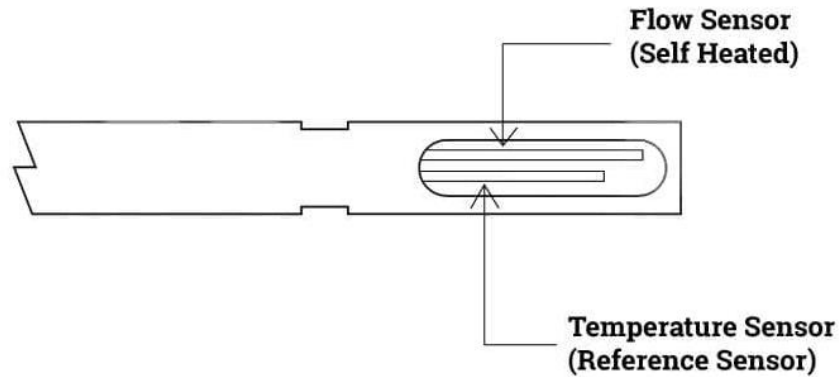
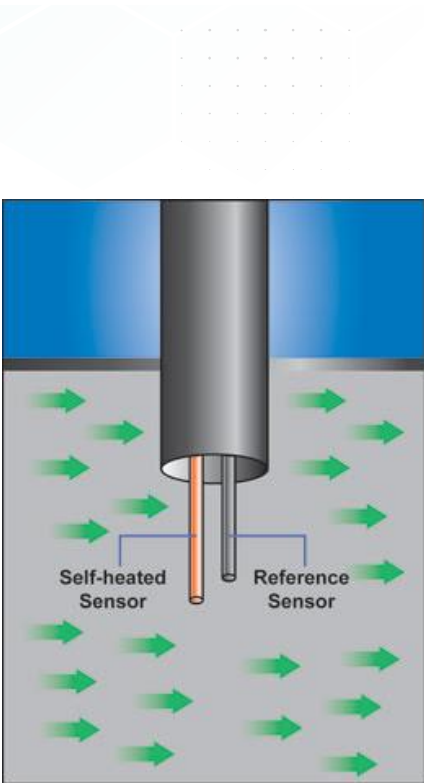


اندازه‌گیری دبی در مدار

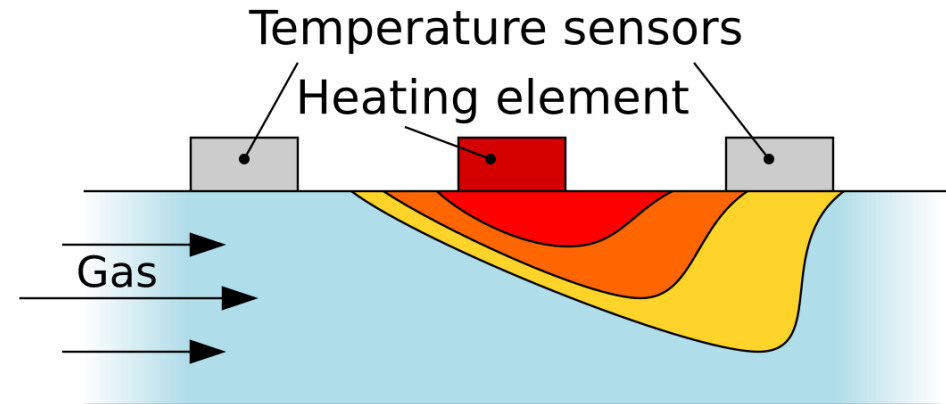
Thermal mass flow meter

❖ دبی‌سنج حرارتی

دماها اندازه‌گیری شده در حالی که مقدار گرمای الکتریکی ورودی ثابت نگه داشته می‌شود.



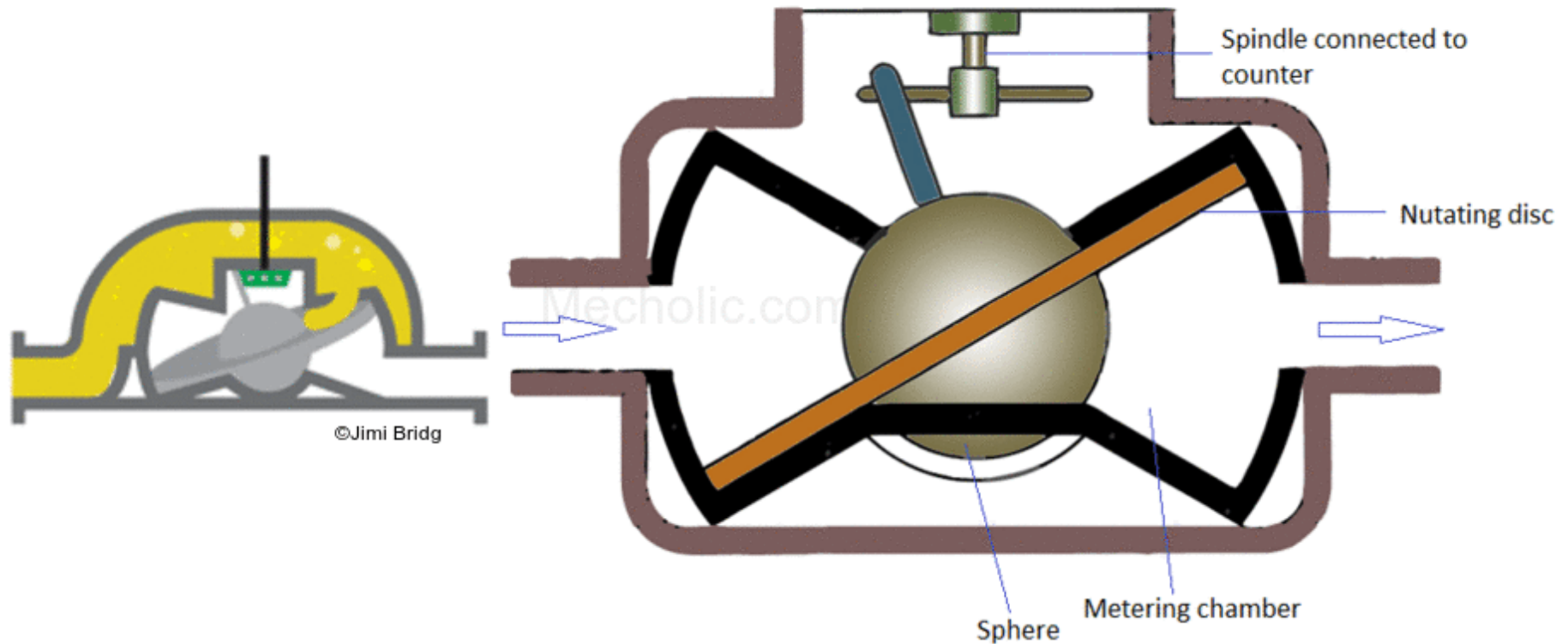
$$\dot{m} = \frac{KQ}{C_p(T_2 - T_1)}$$





اندازه گیری دبی در مدار

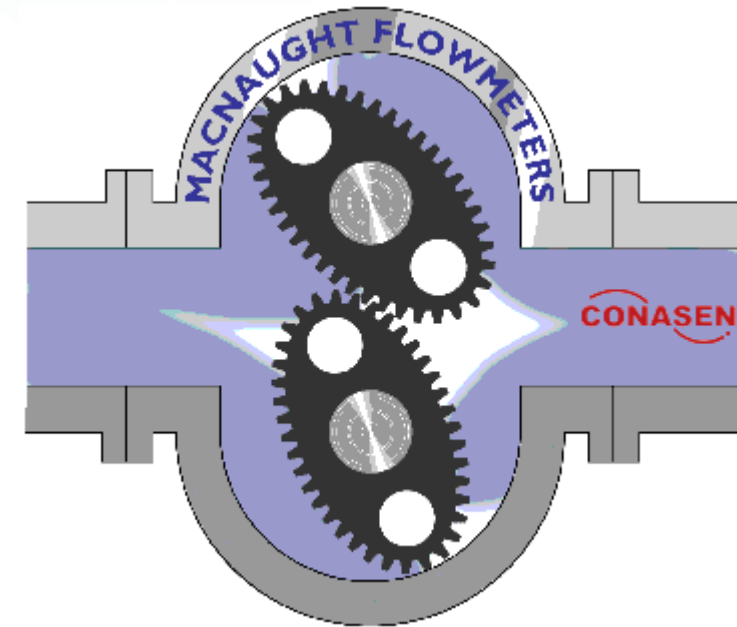
❖ دبی سنج تغذیه دیسکی Nutating disk flowmeter





اندازه‌گیری دبی در مدار

Positive displacement flowmeter ❖ دبی‌سنج جابجایی مثبت

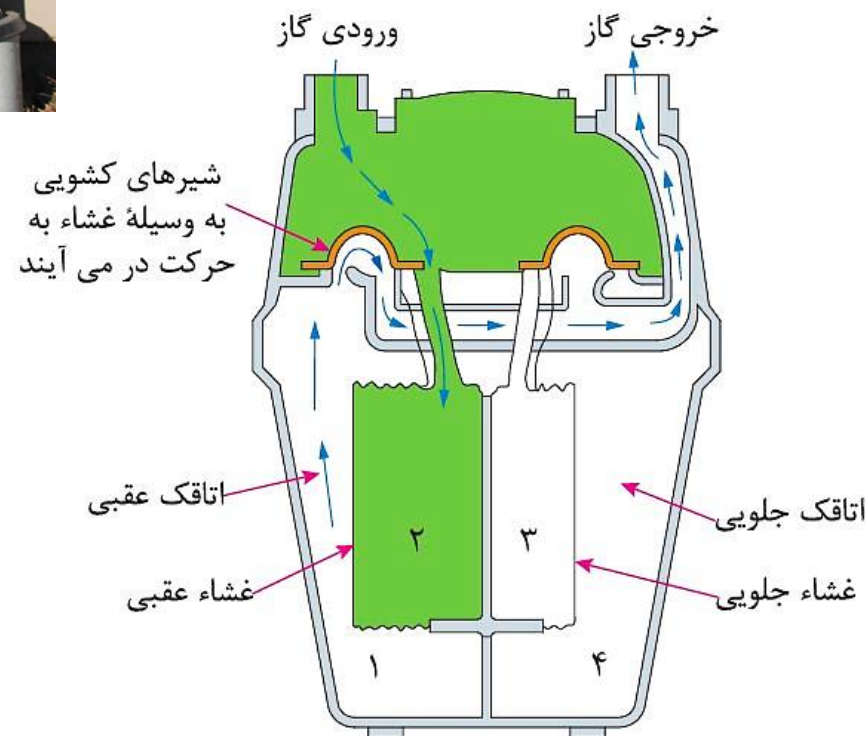




اندازه‌گیری دبی در مدار

❖ کنترل گاز خانگی

یک ساز و کار مکانیکی، حرکت متناوب دو شیر کشویی را به شمارنده کنترل وصل می‌کند. چون حجم اتاقک‌ها و محفظه‌ها دقیقاً مشخص است، میزان گاز طبیعی مصرف شده متناسب با دفعات پر و خالی شدن آنها به دست می‌آید. توجه داشته باشید که فشار گاز طبیعی در لوله‌کشی تأمین‌کننده آن، در میزان معینی و به طور پیوسته به وسیله ابزار دقیق مربوطه تنظیم و تثبیت می‌گردد. استفاده از دو اتاقک، به میزان زیادی نوسانات جریان گاز خروجی از کنترل را حذف می‌کند.





اندازه‌گیری دبی در مدار

❖ مقایسه انواع دبی‌سنج

جدول زیر براساس اطلاعات ارائه شده توسط شرکت‌های Omega و Krohne تنظیم شده است.

نوع فلومتر	روش اندازه‌گیری	قطر لوله مناسب (اینچ)	Turndown Ratio	مقدار افت فشار	درصد خطا	وابستگی به ترکیب گاز
۱ لوله ونتوری	اختلاف فشاری	۲ - ۴۸	۱۰:۱	ΔP ۱۰ - ۲۰٪ (وابسته به زاویه β و زاویه مخروط خروجی)	۱٪ - ۲٪ Full Scale	دارد
۲ صفحه اریفیس	اختلاف فشاری	۰/۵ - ۷۲	۵:۱	ΔP ۳۰ - ۹۰٪	۲٪ - ۴٪ Full Scale	دارد
۳ توربینی	سرعتی	۰/۲۵ - ۲۴	۲۰:۱	۵ - ۶ psig	۰/۱٪ Flow Rate	ندارد
۴ ورتکس	سرعتی	۱ - ۱۲	۳۰:۱	۵ - ۶ psig	۲٪ Flow Rate	ندارد
۵ التراسونیک (گذر زمانی)	سرعتی	$\sim > ۰/۱۲۵$	۲۰۰۰:۱	ندارد	۲٪ - ۵٪ Value	ندارد
۶ گرمایی	جرمی	۲/۵ - ۶۰	۱۰۰:۱	بسیار کم	۱٪ - ۳٪ Flow Rate	دارد
۷ لوله پیتوت	اختلاف فشاری	۲ - ۷۲	۳:۱	کم	۰/۵٪ - ۵٪ Full Scale	دارد
۸ کریولیس	جرمی	بیشتر از ۶	۱۰:۱	بسیار کم	۰/۴٪ Flow Rate	ندارد

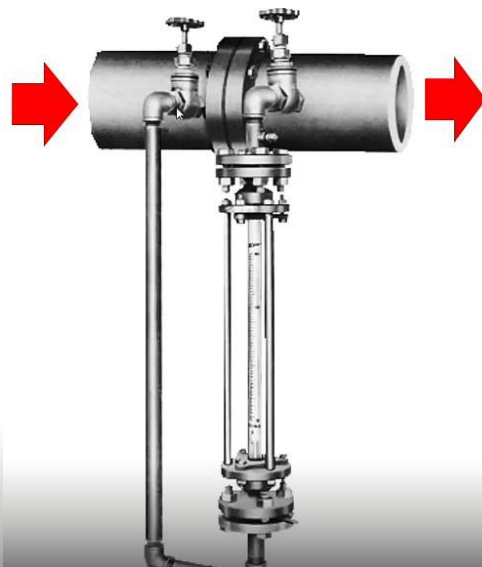


❖ انواع روش نصب دبی سنج

In-Line



By-Pass



Insertion



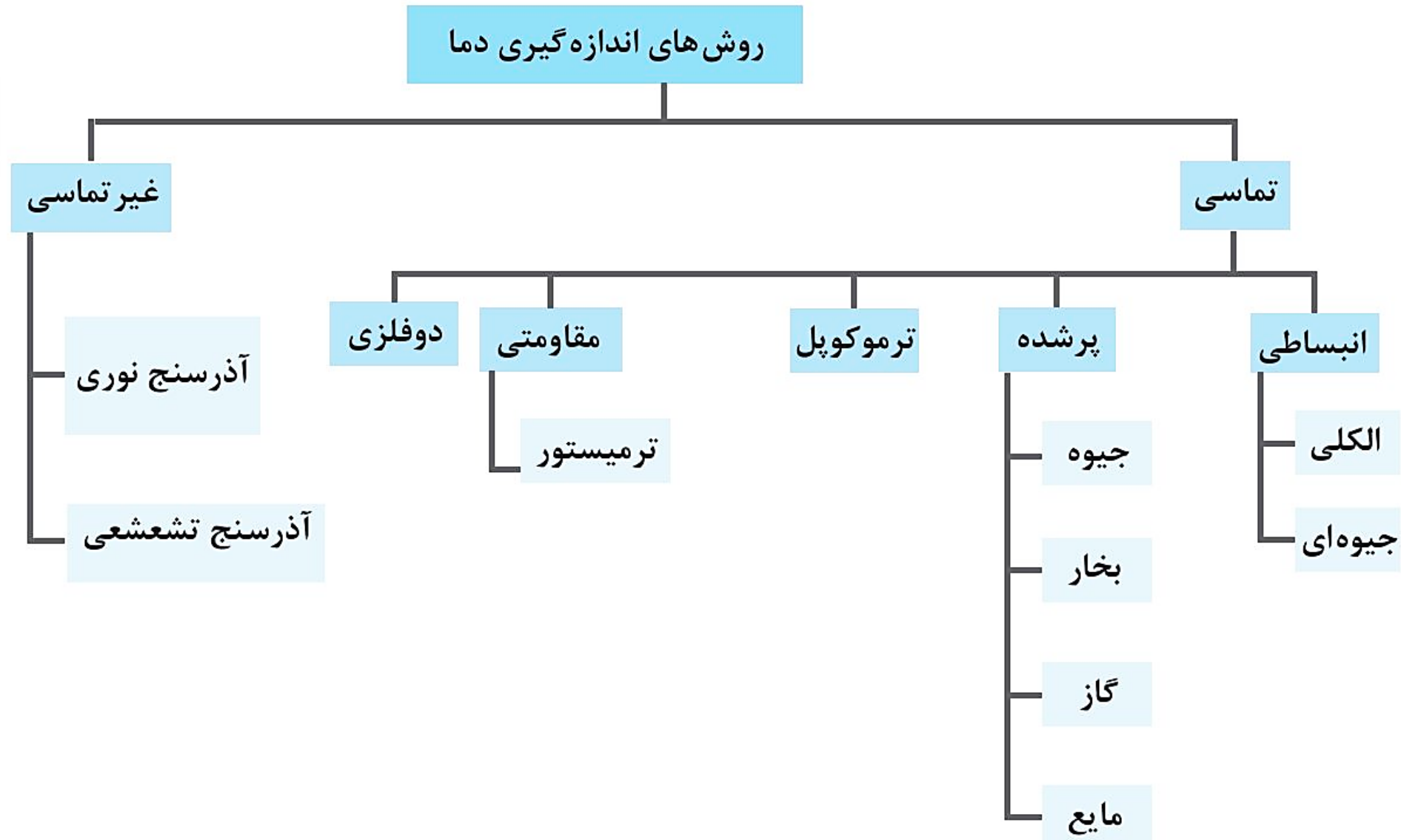
Clamp-on





اندازه‌گیری دما در مدار

❖ دسته‌بندی روش‌های اندازه‌گیری دما



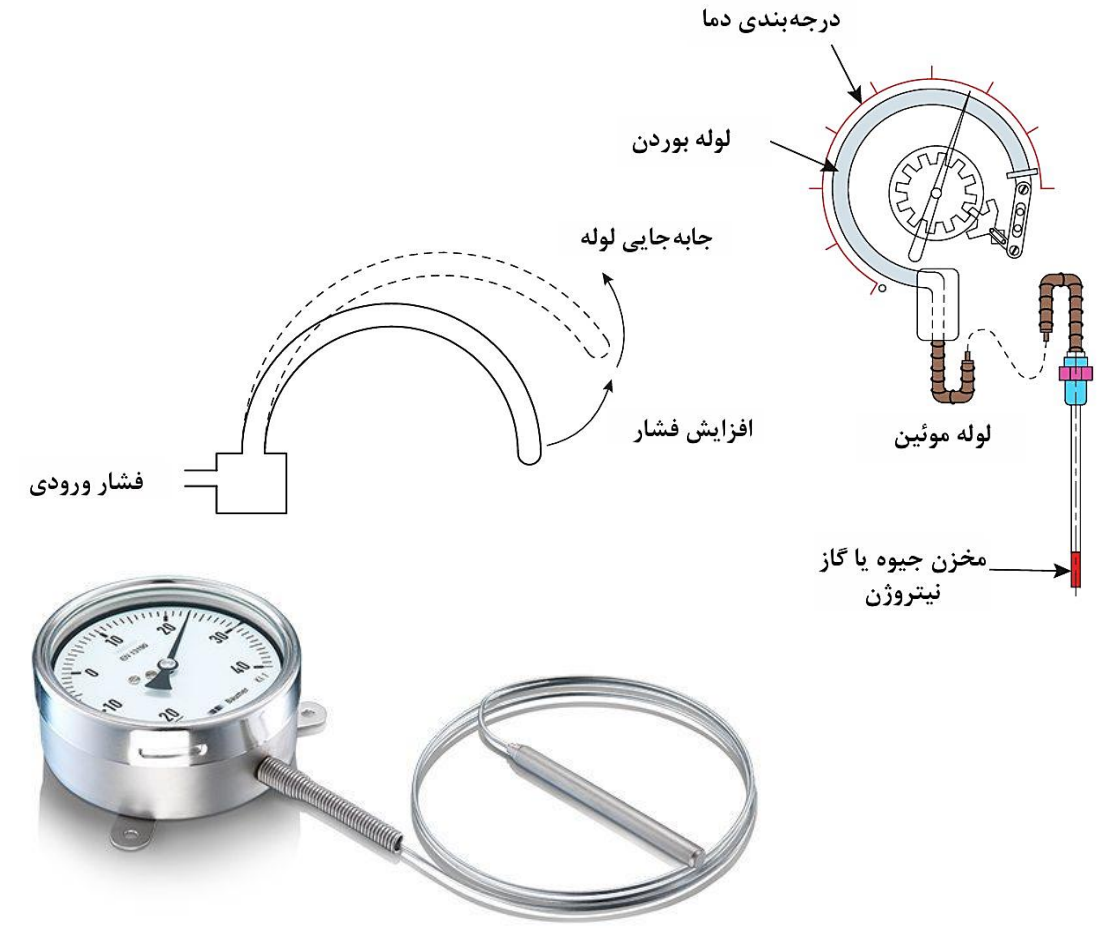
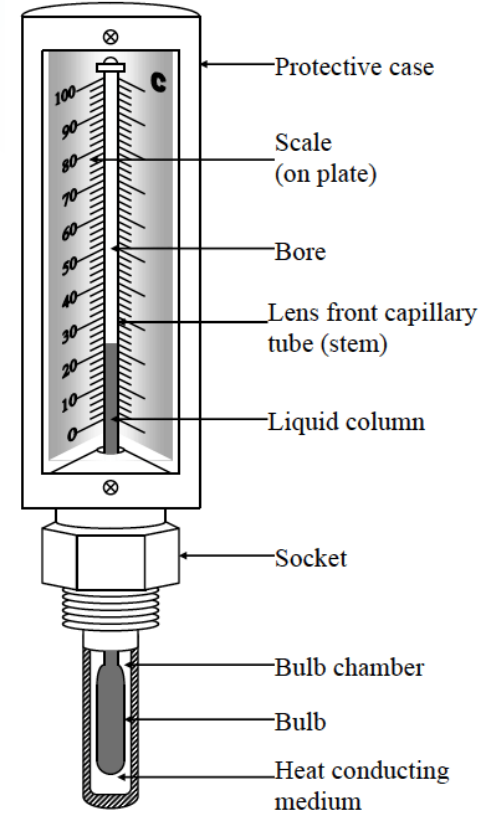


اندازه‌گیری دما در مدار

❖ دماسنج پر شده Filled Type Thermometer



در دماسنج انبساطی هرچه قطر لوله شیشه‌ای کمتر باشد، خطای اندازه‌گیری کاهش می‌یابد.

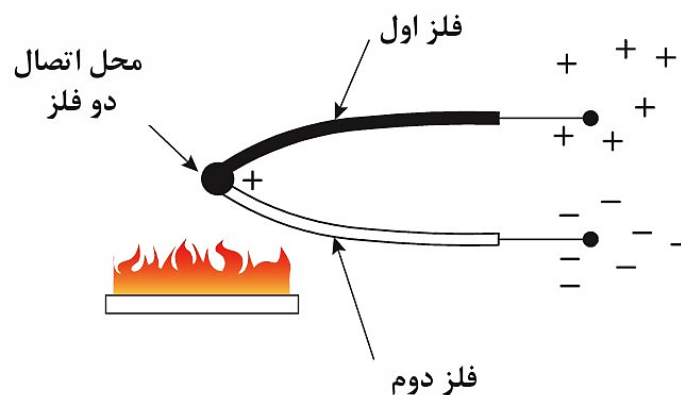
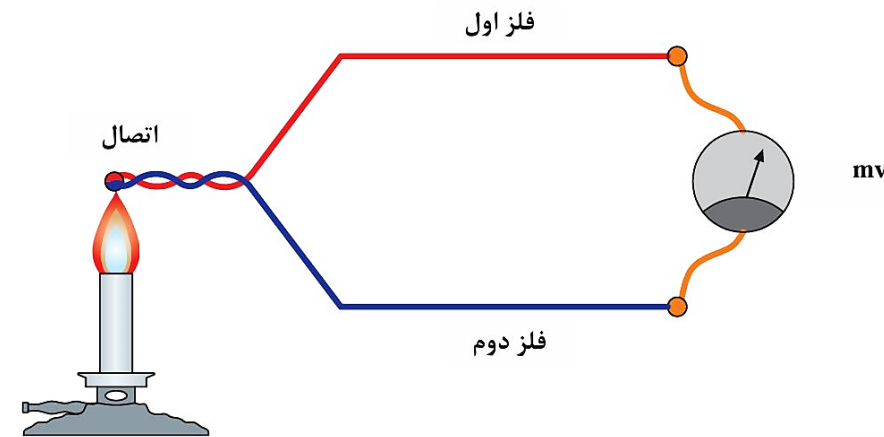
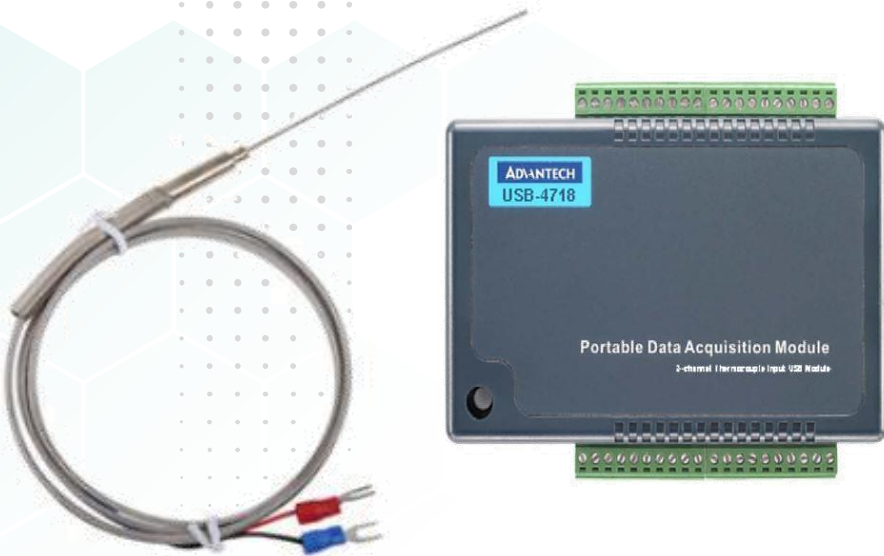


با توجه به ثابت بودن حجم، در اثر افزایش دما مطابق قانون گازها، فشار گاز افزایش یافته و موجب جابه‌جایی لوله بوردن می‌شود.



❖ ترموکوپل Thermocouple

ترموکوپل نوعی سنسور دما است که از دو سیم غیر همجنس ساخته شده است که از یک طرف به یکدیگر کوپل شده‌اند. زمانی که محل جوش این دو سیم گرما ببیند، در دو سر باز این دو سیم، به دلیل تفاوتی که در جنس دارند، اختلاف ولتاژی ایجاد می‌شود که می‌توان با استفاده از آن، دما را اندازه‌گیری کرد.



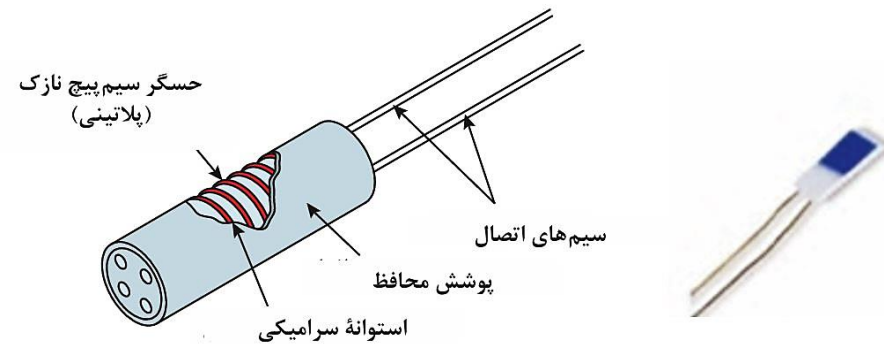
نوع	جنس فلز	محدوده دمایی (°C)
T	مس / کنستانتان	۲۰۰- الی ۴۰۰
J	آهن / کنستانتان	۰ الی ۸۷۰
E	کروم / کنستانتان	۲۰۰- الی ۹۰۰
K	کروم / آلومینیوم	۲۰۰- الی ۱۲۵۰
R	پلاتین / رودیوم (۱۳ درصد)	۰ الی ۱۴۵۰
S	پلاتین / رودیوم (۱۰ درصد)	۰ الی ۱۴۵۰
C	تنگستن / رنیوم	۰ الی ۲۷۶۰



اندازه‌گیری دما در مدار

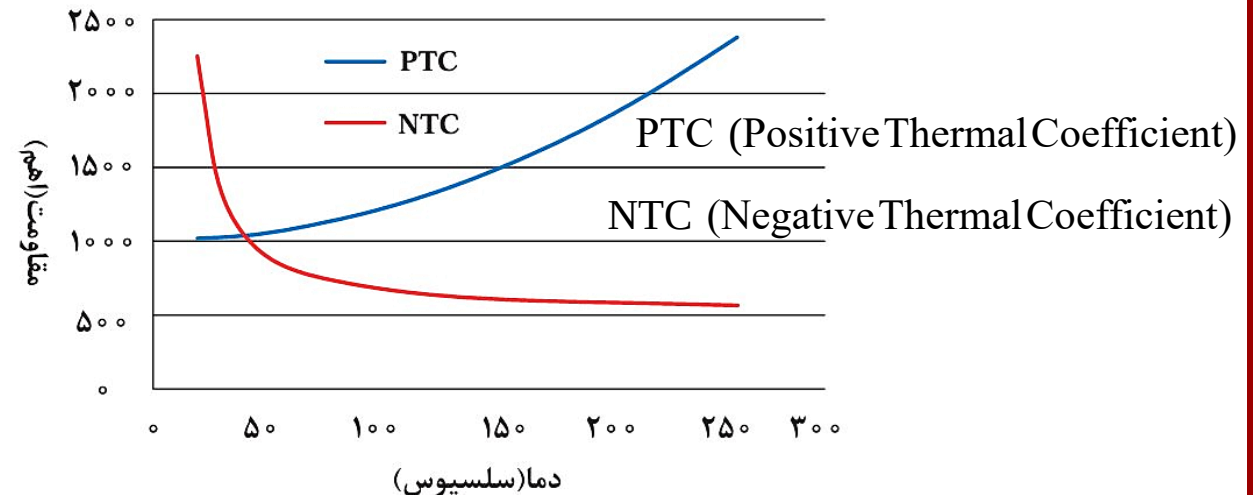
❖ دماسنج مقاومتی (RTD (Resistance Temperature Detector

سنسورهای دمای مقاومتی یا همان RTD مخفف Resistance Temperature Detector است. اساس اندازه‌گیری دما توسط سنسورهای مقاومتی تغییر مقاومت سیم پیچ سنسور با تغییر دما می‌باشد که جنس این سیم پیچ عموماً از آلیاژ پلاتین می‌باشد که درون کپسول‌های سرامیکی و یا شیشه‌ای تعبیه شده‌اند. محبوب‌ترین و پر استفاده‌ترین آن در صنایع مختلف PT100 می‌باشد، که PT مخفف Platinum است به این معنا که آلیاژ استفاده شده در سیم پیچ از جنس پلاتین می‌باشد و عدد ۱۰۰ نشان دهنده مقاومت خروجی سیم پیچ سنسور در دمای 0°C است که معادل ۱۰۰ اهم می‌باشد.



Thermistor ترمیستور Temperature sensor(NTC)

ترمیستورها از نیمه هادی‌ها ساخته شده برخلاف سنسورهای مقاومتی که معمولاً از جنس فلز هستند.



❖ مقایسه RTD, Thermocouple, Thermistor



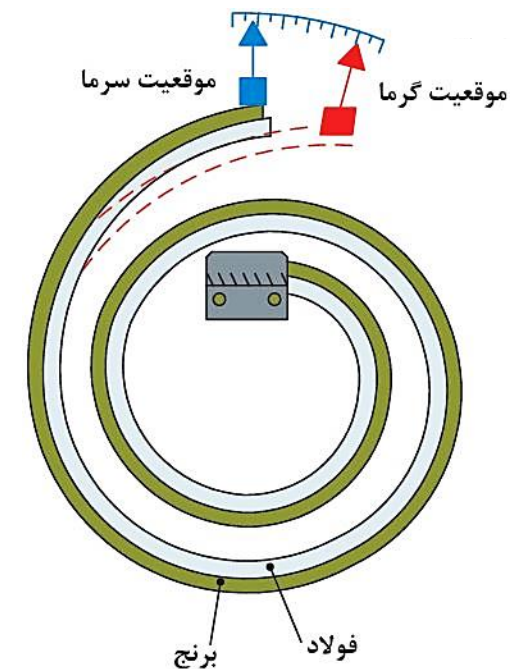
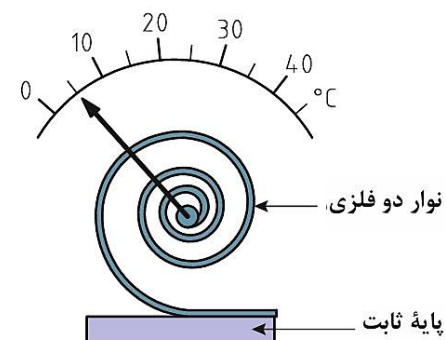
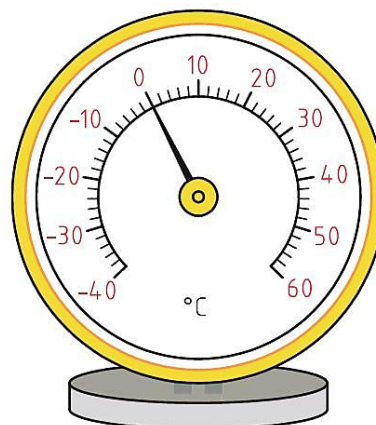
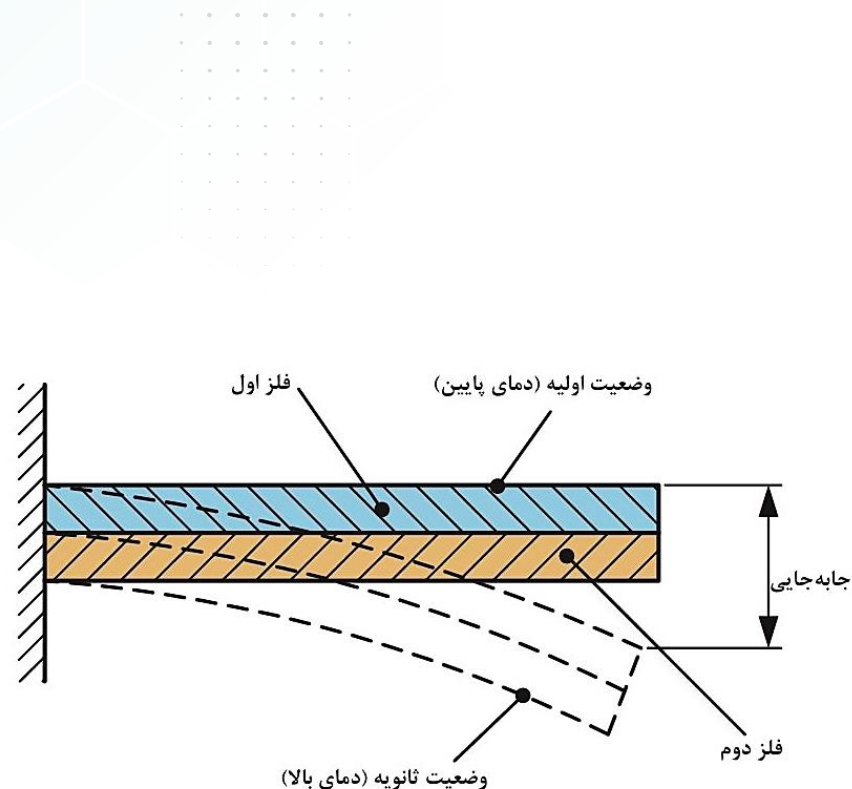
	RTD	Thermocouple	Thermistor
Temp. range	-260 to 850°C (-436 to 1562°F)	-270 to 1800°C (-454 to 3272°F)	-80 to 150°C (-112 to 302°F) (typical)
Sensor cost	Moderate	Low	Low
System cost	Moderate	High	Moderate
Stability	Best	Low	Moderate
Sensitivity	Moderate	Low	Best
Linearity	Best	Moderate	Poor
Specify for:	• General purpose sensing • Highest accuracy • Temperature averaging	• Highest temperatures	• Best sensitivity • Narrow ranges (e.g. medical) • Point sensing





❖ دماسنج دوفلزی Bimetallic Thermometer

در دماسنج‌های دو فلزی، دو فلز غیر هم جنس را که در دمای محیط هم طول می‌باشند، به یکدیگر متصل می‌کنند (با فرض بیشتر بودن ضریب انبساط طولی فلز اول نسبت به دوم). با اعمال گرما به یک انتهای دماسنج، فلز با ضریب انبساط بالاتر تغییر طول بیشتری داشته و در نتیجه دماسنج در جهت فلز با ضریب انبساط پایین‌تر خم می‌شود





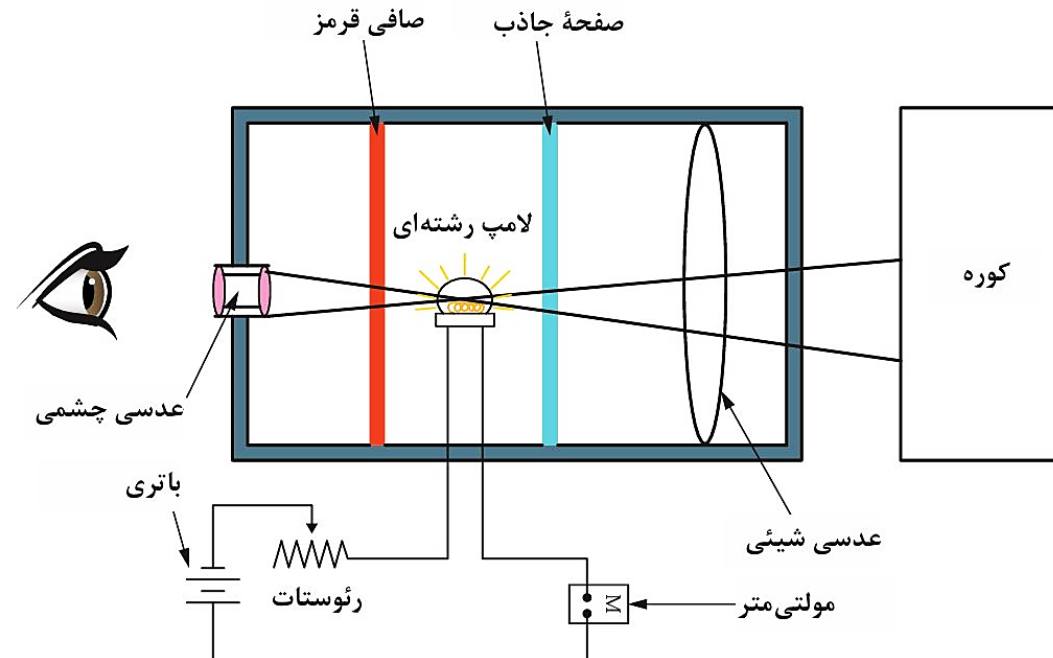
اندازه‌گیری دما در مدار

❖ دماسنج غیرتماسی Non-Contact Thermometer

دماسنج غیرتماسی کاربرد بسیار وسیعی در بخش‌های مختلف صنعتی دارد به‌طوری‌که استفاده از آن در کنترل تولید فولاد، تولید آلیاژهای مختلف، ریخته‌گری‌های دقیق، آبکاری‌های صنعتی، جوشکاری‌های دقیق، تولید محصولات پتروشیمی اجتناب‌ناپذیر است. معمولاً به‌دلیل بالا بودن دمای فرایند (بیش از 1500°C) نمی‌توان از تجهیزات اندازه‌گیری دما با تماس مستقیم استفاده کرد، زیرا قرار دادن تجهیزات در چنین دمایی سبب ذوب شدن یا خراب شدن آنها خواهد شد. همچنین در مواردی که تماس حسگر دما با فرایند امکان‌پذیر نیست، (وقتی که فرایند متحرک باشد، یا دمای آن خیلی بالا باشد و هنگامی که فرایند دارای مواد مخرب و زیان‌آور است) استفاده از دماسنج‌های غیرتماسی بسیار ضروری خواهد بود.

آذر سنج تشعشی Radiation Pyrometer

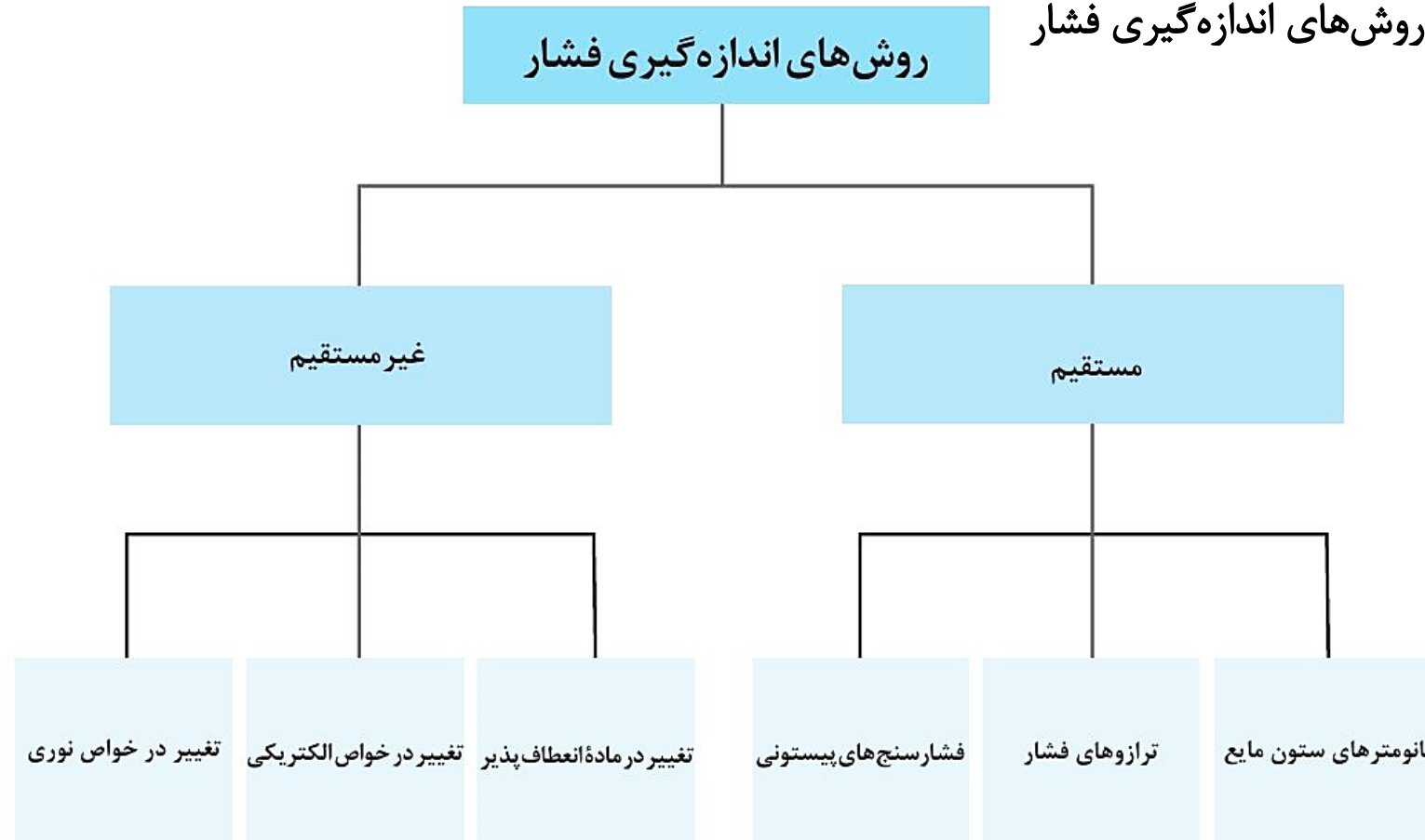
آذر سنج نوری Optical Pyrometer





اندازه‌گیری فشار در مدار

❖ دسته‌بندی روش‌های اندازه‌گیری فشار



روش مستقیم: در این روش از معادلات اساسی فشار $P = \rho \cdot g \cdot h$ یا $P = F/A$ استفاده می‌شود و در نهایت با اندازه‌گیری مستقیم متغیرهای مربوطه، فشار محاسبه می‌گردد.

روش غیرمستقیم: در این روش مقدار فشار از انحراف در یک ماده‌انعطاف‌پذیر یا تغییر در خواص نوری، الکتریکی، یا شیمیایی سامانه، اندازه‌گیری می‌شود.





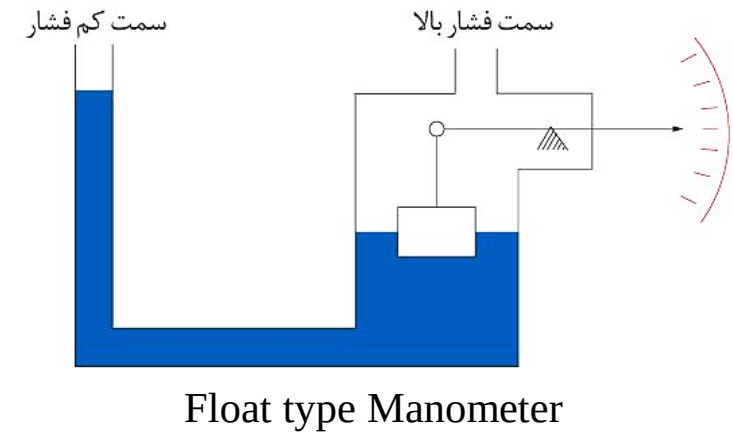
اندازه‌گیری فشار در مدار

❖ مانومتر Manometer

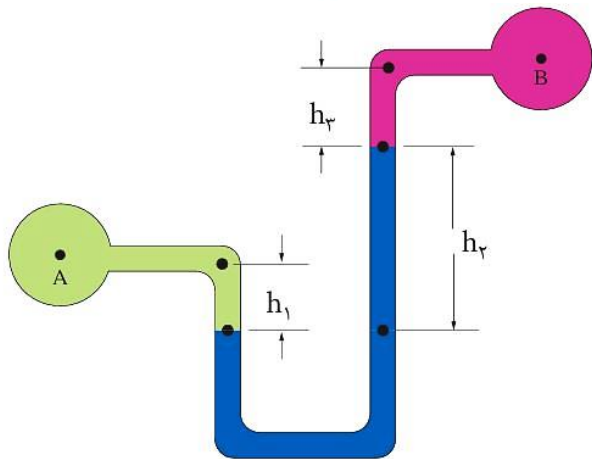


روش‌های مستقیم
اندازه‌گیری فشار

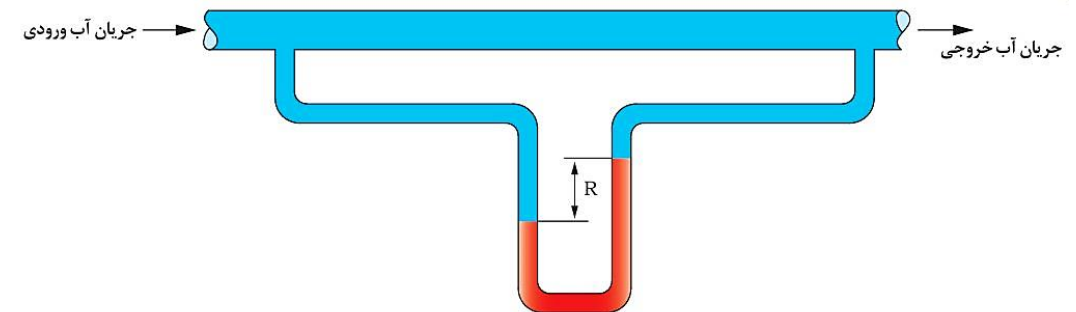
Inclined Tube Manometer
در مواردی که فشار یا اختلاف فشار کم باشد (کم‌تر از ۱۰۰۰ پاسکال).



Float type Manometer



Multiple Liquid Manometer



U Type Manometer





اندازه‌گیری فشار در مدار

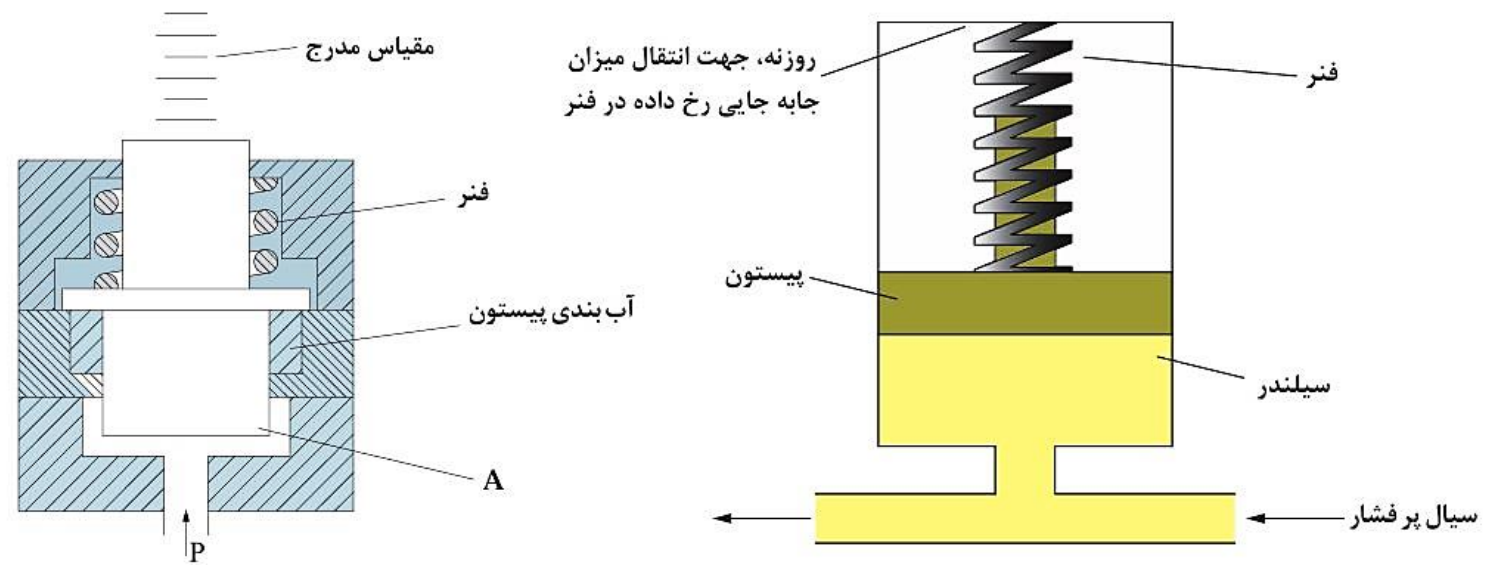
❖ ترازوی فشار و فشارسنج پیستونی

روش‌های مستقیم
اندازه‌گیری فشار

Pressure Balance



Piston type Pressure Measuring Instrument



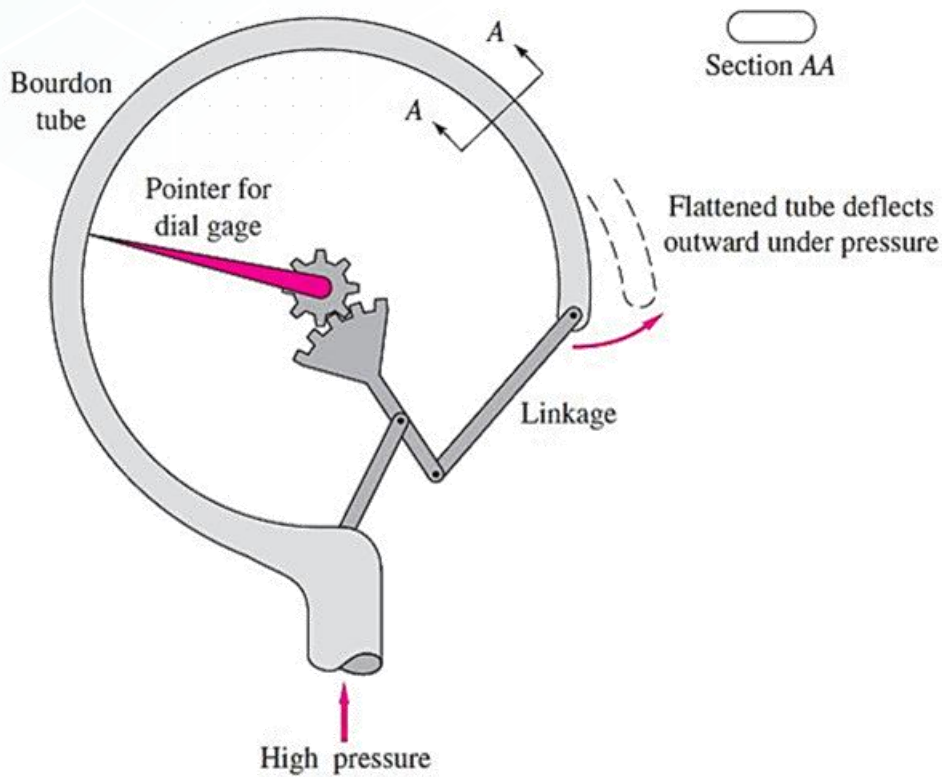


اندازه‌گیری فشار در مدار

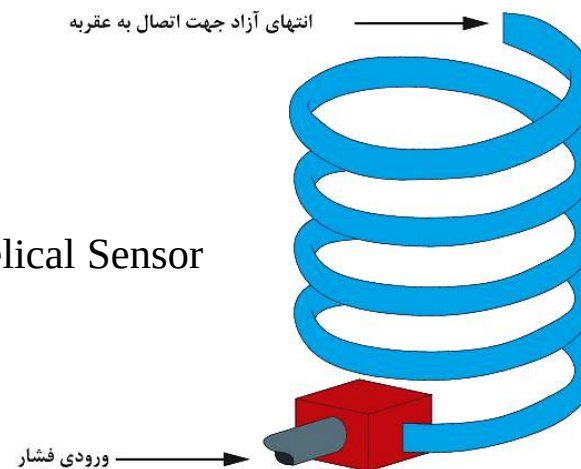
❖ گیج بوردون Burdon Gauge

فشارسنج لوله بوردون از یک لوله فلزی خمیده بیضوی شکل تشکیل شده است. با افزایش فشار سیال، لوله بوردون تمایل به باز شدن دارد و با کاهش فشار انحنای لوله بیشتر می‌شود. تغییرات انحنای لوله توسط یک چرخ دنده به عقربه منتقل می‌شود. مقدار حرکت عقربه به جهت و میزان انحنای لوله بستگی دارد.

در اندازه‌گیرهای ارتجاعی مانند فشارسنج بوردون، معمولاً فشار اندازه‌گیری شده باید به کمیتی الکتریکی تبدیل شود. این امر استفاده از قطعات و اجزای اضافی و افزایش هزینه را به دنبال داشته و همچنین میزان خطا را افزایش می‌دهد. اندازه‌گیرهای الکتریکی فشار، فشار را مستقیماً به کمیتی الکتریکی مانند ولتاژ و یا شدت جریان الکتریکی تبدیل می‌نمایند و از این نظر صرفه‌جویی قابل ملاحظه‌ای در هزینه‌ها می‌شود و دقت اندازه‌گیری نیز افزایش می‌یابد.



Helical Sensor

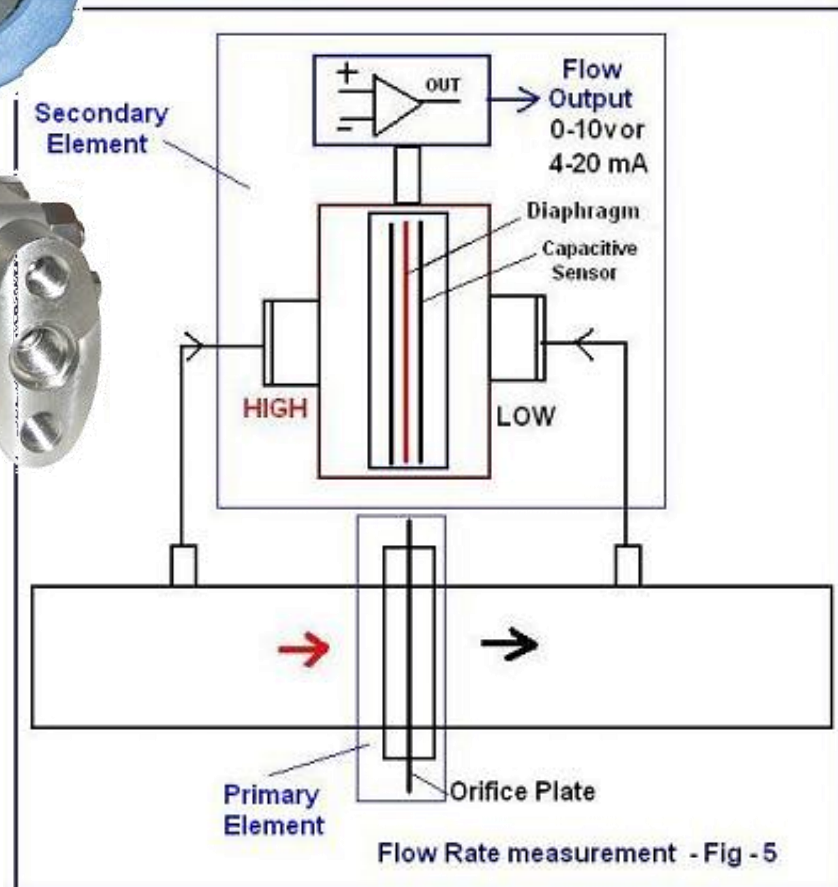




اندازه‌گیری فشار در مدار

❖ سنسور فشار: ترانسمیتر و ترانسدیوسر

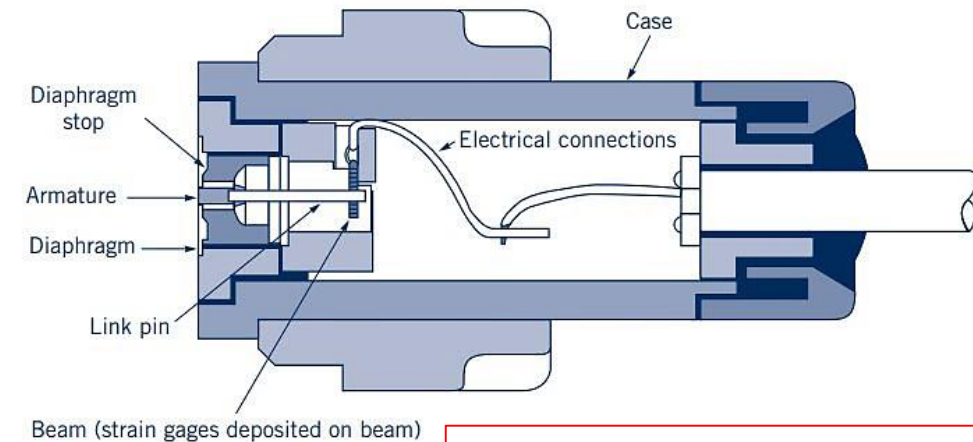
Pressure transmitter



روش‌های غیر مستقیم اندازه‌گیری فشار



Pressure transducers



تفاوت اصلی ترانسمیتر و ترانسدیوسر این است که معمولا سیگنال خروجی ترانسمیتر بر حسب ولت یا میلی ولت است ولی سیگنال خروجی ترانسدیوسر بر حسب میلی آمپر.



سپاس از توجه شما
