

معرفی جریان سنج های بخار – قسمت سوم

شرکت پارس جم کنترل

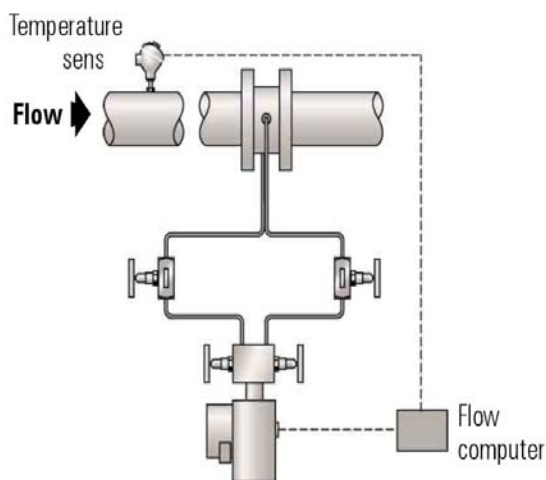
از: مهندس زهرا کبیر

در دو مقاله پیشین به معرفی جریان سنج های روزنه ای، توربینی، سطح متغیر و سطح متغیر فنری، ویژگی ها، مزایا و معایب آنها پرداختیم. در این قسمت به معرفی جریان سنج های سطح متغیر مستقیم در خط، لوله های پیتو و جریان سنج های گردابی اشاره می گردد.

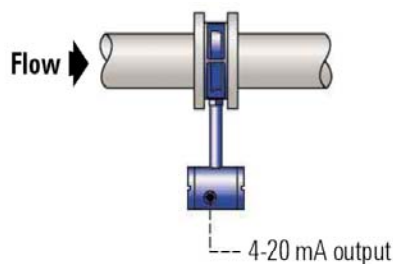
جریان سنج های سطح متغیر مستقیم در خط (DIVA)^۱

جریان سنج سطح متغیر مستقیم در خط (DIVA)، طبق اصول عملکرد جریان سنج سطح متغیر فنری (SLVA) کار می کند. در این جریان سنج، فضای حلقوی روزنه توسط مخروطی با ابعاد دقیق و در حال حرکت، به طور پیوسته تغییر می نماید. این مخروط به طور آزادانه در جهت عکس نیروی فنر دارای حرکت محوری می باشد. در جریان سنج های DIVA، بر خلاف جریان سنج های SLVA، میزان جریان بر اساس اختلاف افت فشار در جریان سنج محاسبه نمی گردد. در عوض با اندازه گیری نیروی حاصل از انحراف مخروط و ثبت آن توسط کشش سنج های مناسب، میزان جریان محاسبه می شود. هرچه میزان جریان بیشتر باشد، اندازه این نیرو نیز بیشتر می شود. با در نظر گرفتن این اصل، نیاز استفاده از سنسور اختلاف فشار گران قیمت، هزینه های مربوط به نصب و مشکلات بالقوه نیز حذف می گردد. (شکل شماره ۱)

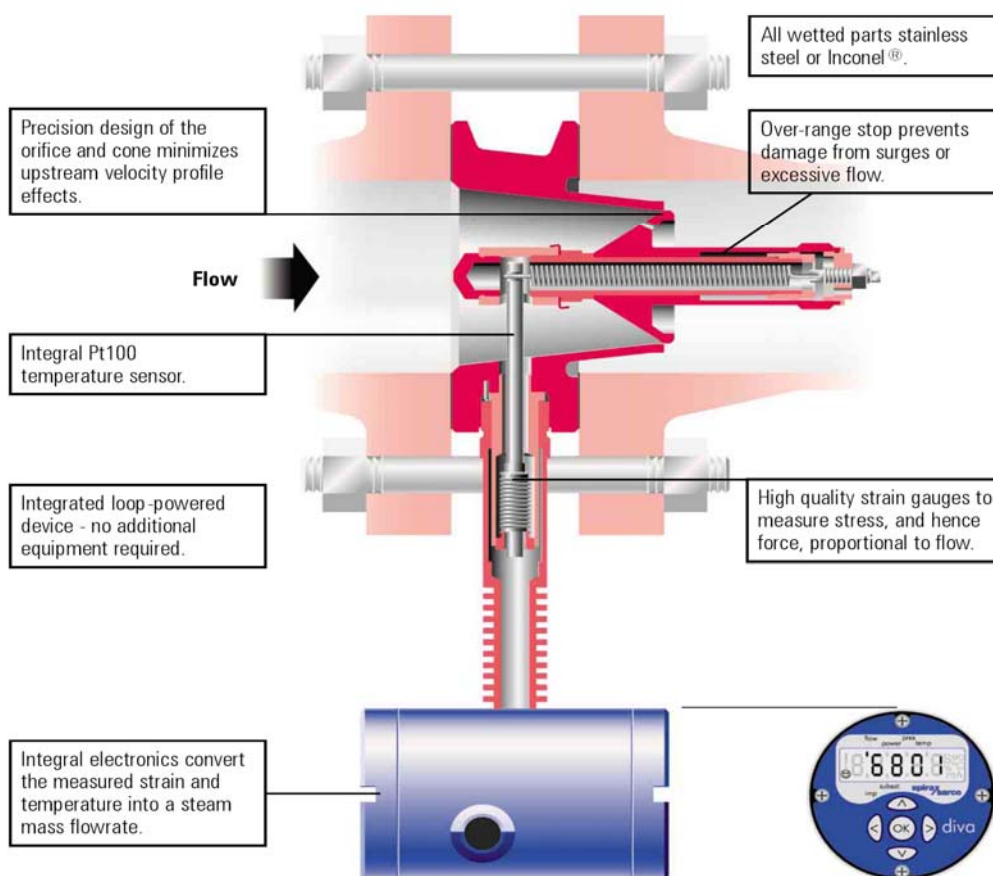
سیستم سنتی جریان سنج



سیستم جریان سنج DIVA



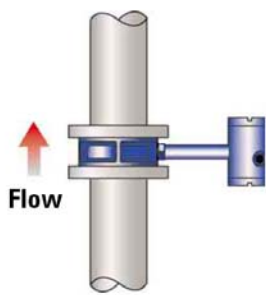
شکل شماره ۱: سیستم جریان سنج سنتی مقابل سیستم جریان سنج DIVA



شکل شماره ۲: جریان سنج DIVA

جهت های جریان:

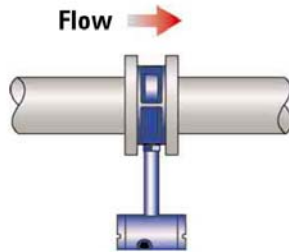
جهت جریان در جریان سنج های DIVA بر روی عملکرد آن تاثیر می گذارد. در صورت نصب افقی بر روی لوله، این جریان سنج به استفاده در سیستم بخار با نهایت فشار 32 barg محدود شده و نسبت بین حداقل و حداکثر جریان در این حالت 50:1 می باشد. همانطور که در شکل شماره ۳ مشاهده می کنید، اگر جریان سنج DIVA عمود بر جهت جریان نصب گردد، از محدودیت فشار کاسته می شود. در شرایطی که جریان به طور عمودی رو به بالا باشد، نسبت بین حداقل و حداکثر جریان تحت تاثیر قرار می گیرد.



Flow orientation:
Vertically upwards

Turndown:
Up to 30:1

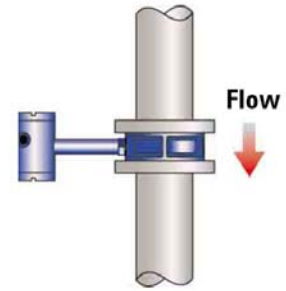
Pressure limitation:
11 bar g



Flow orientation:
Horizontal

Turndown:
Up to 50:1

Pressure limitation:
32 bar g



Flow orientation:
Vertically downwards

Turndown:
Up to 50:1

Pressure limitation:
11 bar g

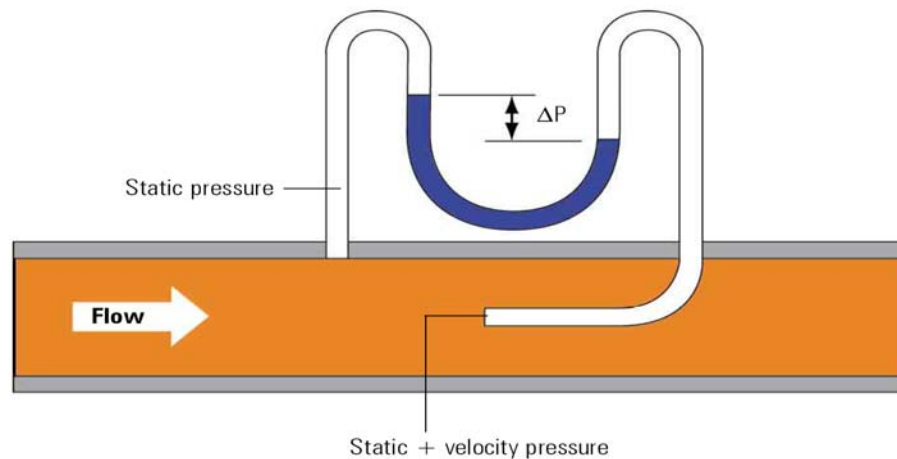
شکل شماره ۳: جهت جریان

لوله پیتو^۲

در لوله های اصلی و بزرگ بخار، هزینه تامین یک جریان سنج با قطر کامل بسیار بالا می باشد (هزینه تهیه و نصب جریان سنج)

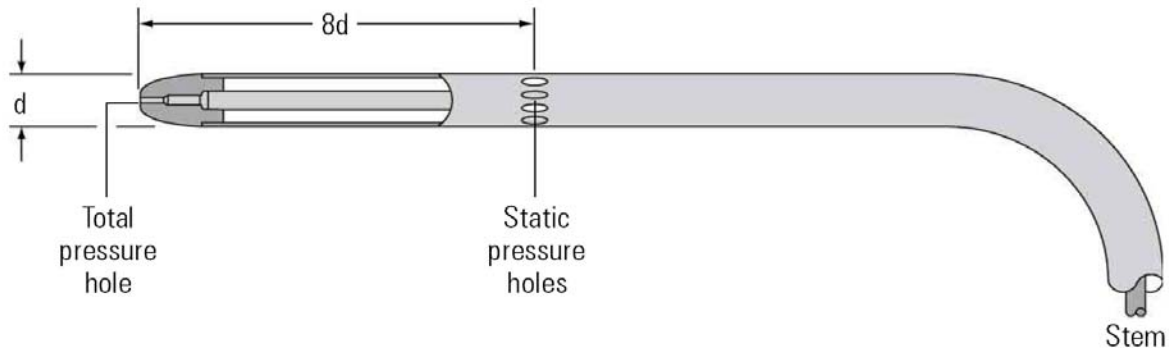
جریان سنج لوله پیتو می تواند به عنوان یک روش ارزان قیمت جهت محاسبه میزان جریان به کار گرفته شود. جریان سنج و هزینه نصب آن ارزان بوده، و حتی می توان یک جریان سنج را برای چندین کاربرد در نظر گرفت.

لوله های پیتو، یکی از انواع رایج جریان سنج های به کار گرفته شده درون خط می باشند. شکل شماره ۴ اصول کارکرد لوله پیتو را نشان می دهد. به علت سرعت سیال در لوله در لحظه گذر جریان، فشار بوجود می آید. این فشار با فشار مرجع (یا فشار استاتیک) در لوله مقایسه می شود. با استفاده از یک معادله ساده می توان اندازه سرعت سیال را محاسبه نمود.



شکل شماره ۴: شکل یک لوله پیتو

به طور تجربی، نصب دو لوله در لوله بخار کار سخت و طاقت مشکلی است. همانطور که در شکل شماره ۵ مشاهده می کنید، روزنه ای که در آن فشار (بر اساس سرعت) و روزنه ای که در آن فشار مرجع یا استاتیک اندازه گیری می شود، هر دو در یک دستگاه جمع شده اند.



شکل شماره ۵: یک لوله پیتو ساده

با توجه به شکل ۵، به علت اینکه جریان سنج پیتو تنها از یک نقطه در خط، جریان را دریافت کرده و به دلیل اینکه پروفیل جریان (و به طبع پروفیل سرعت) در طول لوله تغییر می کند، جاگذاری دقیق نازل ضروری است.

در نظر داشته باشید که بین سرعت و افت فشار، رابطه ریشه دوم وجود دارد. (معادله شماره ۱). این رابطه در نسبت های پایین بین حداقل و حداکثر جریان، دقت جریان سنج را محدود می کند.

$$u_1 = \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}}$$

معادله شماره ۱

در حالی که:

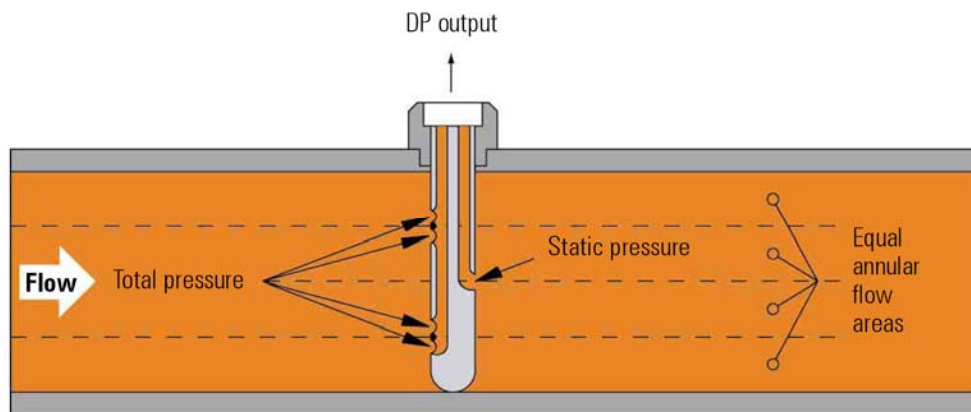
u_1 = سرعت سیال در لحظه گذر از لوله

ΔP = فشار دینامیک - فشار استاتیک

ρ = چگالی

لوله پیتو متوسط گیر

لوله پیتو متوسط گیر (شکل شماره ۶) از چند لوله دریافت کننده در بالادست تشکیل شده است. این نوع لوله جهت حل مشکلات مربوط به نصب صحیح لوله پیتو ساده طراحی شده است. این لوله های دریافت کننده، فشارهای ناشی از سرعت در طول لوله را دریافت می کنند. با در اختیار داشتن میزان جریان در تمامی سطح مقطع، در نهایت متوسط فشارهای دریافت شده، در لوله ای گردآوری می شود.



شکل شماره ۷: لوله پیتو متوسط گیر

مزایای لوله پیتو:

- مقاومت بسیار کمی را در برابر جریان ایجاد می کند.
- هزینه تهیه و نصب نسبتاً پایینی دارد.
- انواع ساده آن را می توان بر روی لوله های با قطر متفاوت نصب نمود.

معایب لوله پیتو:

- نسبت بین حداقل و حداکثر میزان جریان با در نظر گرفتن ریشه دوم رابطه بین فشار و سرعت، به طور تقریبی محدود به 4:1 می باشد.
- در حالتی که بخار مرطوب باشد، روزنه پایینی تحت تاثیر قرار گرفته و مسدود می شود. به منظور جلوگیری از این اتفاق، برخی از مدل ها را می توان به طور افقی نصب نمود.
- در برابر تغییرات ناشی از آشفته‌گی های سیال حساس بوده و باید در نصب و نگهداری آن دقت کافی صورت پذیرد.
- کم بودن میزان افت فشار، موجب کاهش دقت، بویژه در خطوط بخار می شود.
- نصب آن درون لوله کشی موجب ایجاد شرایط بحرانی می شود.

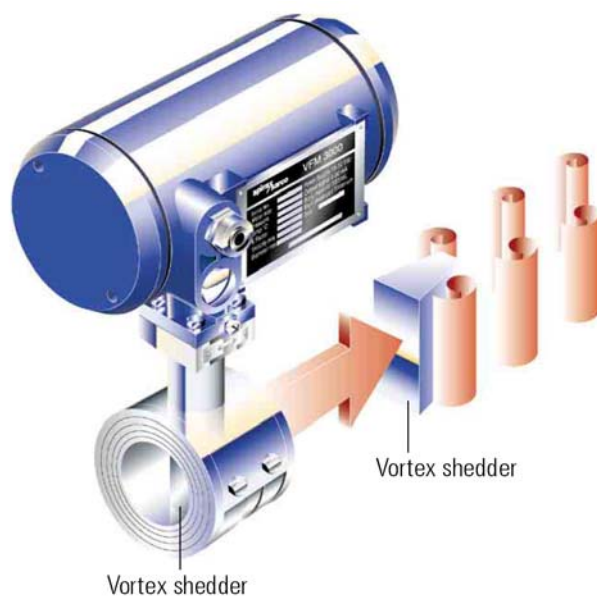
جریان سنج های گردابی^۳:

در زمانی که جریان در خط مستقیم نبوده یا بدنه^۴ ای بر سر راه جریان قرار داشته باشد، گرداب هایی منظم در پشت بدنه تشکیل می شود. جریان سنج گردابی با استفاده از این اصل، میزان جریان سیال را محاسبه می کند. این گرداب ها را می توان

^۳ Vortex Shedding Flowmeters
^۴ Bluff Body

یافت، شمرد و به تصویر کشید. در اکثر جریان ها، نسبت گرداب های تشکیلی با نرخ جریان متناسب است امکان محاسبه سرعت را ایجاد می کند.

بدنه مانعی را بر سر جریان سیال ایجاد می کند. با هدایت و گذر جریان از اطراف بدنه، جهت جریان تغییر کرده و در پی آن سرعت ایجاد می شود. نزدیکترین بخش سیال به بدنه، در برخورد با بدنه دچار اصطکاک شده و از سرعت آن کاسته می شود. به علت کاهش فضای بین بدنه و قطر لوله، بخش دورتر سیال از بدنه، باید با افزایش شتاب موجب گذر مقدار ضروری جریان از فضای کوچک شود. در همین لحظه سیال عبوری، سعی در پر کردن فضای خالی ایجاد شده قبل از خود را دارد. این امر موجب ایجاد حرکت چرخشی در سیال و تشکیل گرداب چرخشی می شود.



شکل شماره ۸: جریان سنج گردابی

سرعت ایجاد شده در سیال بر اثر برخورد با مانع، در دو سمت بدنه ثابت نیست. زمانی که سرعت در یک سمت افزایش می یابد، در سمت دیگر کاسته می شود. این اتفاق برای فشار نیز رخ می دهد. در سمتی که سرعت زیاد است فشار کم بوده و در سمتی که سرعت کم باشد فشار زیاد است. به همین ترتیب فشار نیز تمایل به یکنواختی داشته و بخش فشار بالا به سمت بخش فشار پایین حرکت می کند. با تغییر منطقه فشارها گرداب هایی با قدرت های متفاوت در سمت دیگر بدنه تشکیل می شوند. فرکانس چرخش و سرعت سیال در زمانی که مناسب ترین شرایط فراهم باشد، رابطه خطی دارد.

فرکانس چرخش با عدد استروهال و سرعت سیال رابطه مستقیم و با قطر بدنه، رابطه عکس دارد. این فاکتورها در معادله شماره ۲ خلاصه شده اند.

$$f \propto \frac{Sr u}{d}$$

معادله شماره ۲

f = فرکانس چرخش (Hz)

در جایی که:

Sr = بدون اندازه عدد استروهال

u = سرعت متوسط در لوله (m/s)

عدد استروهال به طور تجربی تعیین شده و عموماً در محدوده وسیع اعداد رینولدز ثابت است.

مزایای جریان سنج های گردابی:

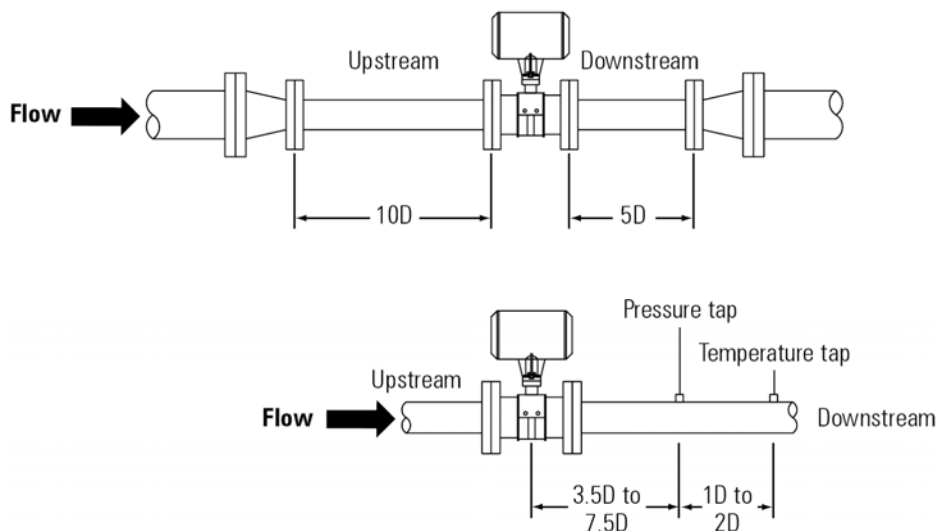
- عدم استفاده از قطعات متحرک.
- ایجاد مقاومت بسیار کم در مقابل سیال.

معایب جریان سنج های گردابی:

- در جریان های کم، پالس ها تولید نشده و عدد نشان داده شده توسط جریان سنج بسیار کم یا صفر است.
- بیشترین نرخ های جریان در سرعت های 80m/s یا 100m/s بدست می آیند، که این امر موجب بروز مشکلات شدیدی در سیستم بخار خواهد شد، مخصوصاً زمانی که بخار مرطوب و یا کثیف باشد.
- ارتعاشات موجب ایجاد خطا در دقت دستگاه می شود.
- نصب صحیح این نوع جریان سنج الزامیست.
- مانند جریان سنج های روزنه ای، لوله کشی در بالا دست باید بلند و مستقیم باشد.

کاربردهای متداول جریان سنج های گردابی:

- اندازه گیری مستقیم میزان جریان در خروجی بویلر و در نقطه مصرف.
- اندازه گیری میزان جریان گاز طبیعی برای سوخت بویلر.



D = Nominal Vortex flowmeter diameter

شکل شماره ۹: طریقه نصب جریان سنج گردابی

علاقمندان جهت دریافت اطلاعات بیشتر می توانند با شرکت پارس جم (شماره تلفن های 24, 88708223 و : E-mail : info@pars-jam.com) تماس حاصل فرمایند. به ادامه این مبحث در شماره بعد توجه فرمائید.

