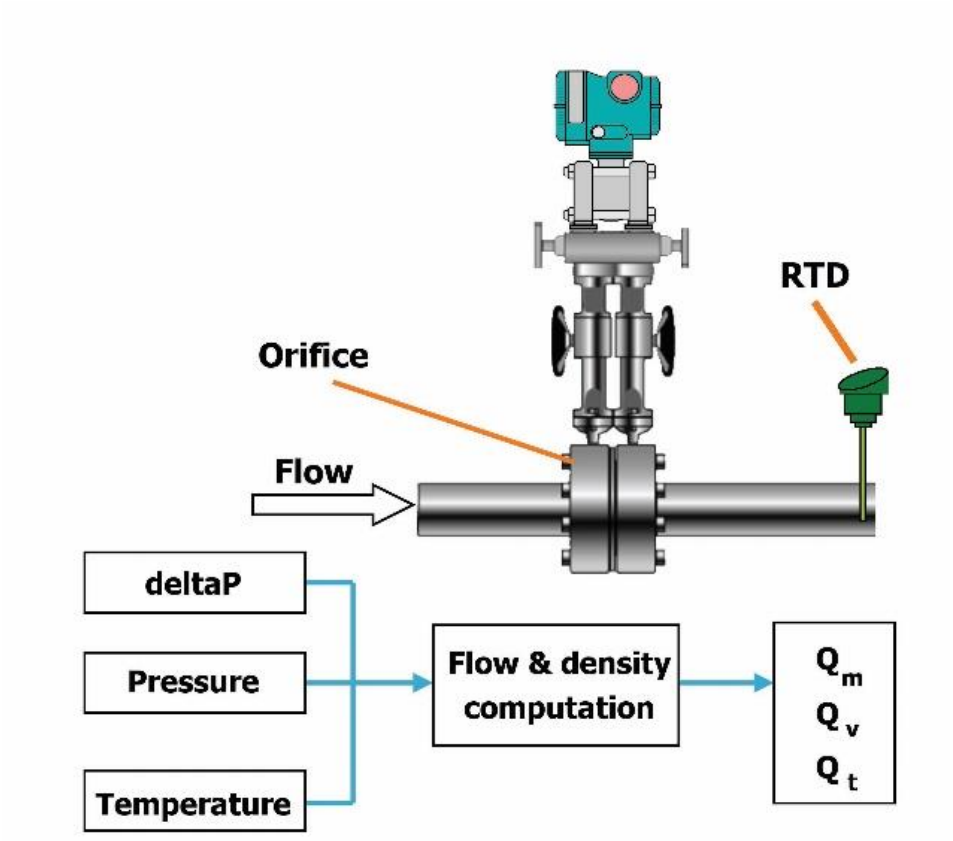
اندازه گیری فلو با استفاده از اختلاف فشار

مولف: شرکت EMERSON

مترجم: مهندس احمد پور اسکندری
کارشناس کنترل و ابزاردقیق



۱,۱ معرفی

۱,۱,۱ اندازه گیری فلوی اختلاف فشاری[۱]

اندازه گیری فلوی اختلاف فشاری (DP Flow) یکی از مرسوم ترین تکنولوژی های اندازه گیری فلو در لوله[۲] های سربسته است. فلوی سیال درون لوله از اختلاف فشار بین بالادستی و پایین دستی تنگه مهندسی ایجاد شده[۳] در لوله نشات می گیرد.

دلایل زیادی برای استفاده گسترده از تکنولوژی اختلاف فشاری وجود دارد :

- تکنولوژی آن براساس قوانین شناخته شده فیزیک، بویژه پدیده های دینامیک سیال و انتقال جرم است
- سابقه طولانی استفاده از آن منجر به توسعه استانداردها برای سازندگان و کاربران فلومتر اختلاف فشاری شده است
- تولید کنندگان رنج زیادی از انواع آن با کاربری عمومی و حالت خاص و شیوه نصب را پیشنهاد می کنند
- تکنولوژی فلوی اختلاف فشاری می تواند به دقت و تکرار پذیری بالا برسد

۱,۲ موضوعات این کتاب

این کتابچه قصد دارد برای کمک به مهندسان و تکنسین های فرآیند تمام المان های فلوی اختلاف فشار را در یک مرجع کامل جمع آوری کند. کتابچه تئوری و اطلاعات فنی کافی برای فراهم آوردن متن قوی در زمینه مهندسی، خرید و پیکربندی تکنولوژی های فلوی اختلاف فشاری ارائه می دهد و بر مشکلات و چالش های عملی مهندسی تمرکز کرده است. که شامل موارد ذیل می شود:

- معادلات و محاسبات لازم که معمولا برای سیستم های فلوی اختلاف فشاری نیاز است
- بحث کامل درباره اجزایی که معمولا در سیستم های اختلاف فشاری یافت می شوند
- مباحثی درباره تکنولوژی های به کار رفته در عنصر اولیه و ترانسمیتر
- چالش ها و نکاتی که باید برای کاربرد های خاص در نظر گرفته شود
- راهنمای نصب
- تعمیر و نگه داری و روال کالیبراسیون
- تاریخچه فلومتر اختلاف فشاری

۱,۳ تاریخچه اندازه گیری به روش اختلاف فشار

اندازه گیری فلو از هزاران سال پیش انجام می شده است . مصریان باستان پیش بینی تقریبی برداشت را براساس ارتفاع نسبی طغیان بهاری نیل را انجام می دادند.همچنین چند قرن بعد مهندسان رومی زمانی که آب قنات ها را به شهر ها برای مصرف روزانه و بهداشتی انتقال می دادند مانیتورینگ فلو عبوری اهمیت پیدا کرد.

پیشرفت در زمینه اندازه گیری فلو بعد از کشف قانون جاذبه نیوتون شدت بیشتری یافت و ریاضیدانان و فیزیکدانان شروع به فرمول بندی رنج وسیعی از تئوری ها و فرضیه در باب نیرو و حرکت نمودند و این در عوض باعث توسعه تعدادی تجهیز ابزار دقیق قادر به اندازه گیری فلو شد.

۱,۳,۱ برنولی

ریاضیدان سوییسی دانیل برنولی[۴] (۱۷۰۰-۱۷۸۲) که مطالعه هیدرودینامیک با محوریت قاعده پایداری انرژی، اولین کلید موفقیت توسعه تکنولوژی اندازه گیری فلو را فراهم کرد.

[۱] DP Flow Measurement
[۲] Pipe
[۳] منظور از تنگه مهندسی می تواند اریفیس یا ونتوری یا... باشد
[۴] Daniel Bernoulli

تلاش برنولی برای کشف در مورد فلوی سیالات منجر به توسعه قاعده ای شد که قاعده برنولی شناخته می شود. این قاعده بیان می کند که برای سیال فرضی بدون چسبندگی[۵]، افزایش در سرعت سیال به طور همزمان کاهش انرژی پتانسیل سیال را منجر میشود.

پایداری انرژی پایه و اساس اندازه گیری فلو به روش اختلاف فشار است. قاعده برنولی بیان می کند که مجموع انرژی های سیال بدون در نظر گرفتن وضعیت ثابت باقی می ماند. زمانی که سرعت سیال افزایش می یابد، فشار استاتیک و انرژی پتانسیل افزایش می یابد در حالی که فشار دینامیک و انرژی جنبشی آن افزایش می یابد.

بر اساس قاعده برنولی مجموع فشار سیستم برابر جمع فشار دینامیک و استاتیک است.

$$p + q = p_0$$

در حالی که :

P: فشار استاتیک q: فشار دینامیک p_0: مجموع فشار

اطلاعات بیشتر درباره قاعده برنولی در فصل بعد ارائه می شود. قاعده برنولی پایداری انرژی هیدرولیک در تنگه درون لوله را توصیف می کند. این قاعده بیان می کند که جمع انرژی استاتیک (فشار)، انرژی جنبشی (سرعت) و انرژی پتانسیل (بلندی) بالادستی و پایین دستی تنگه با هم برابرند.

سال ها بعد از برنولی، بسیاری عبارت های بر پایه قاعده برنولی توسعه داده شد که رفتار رنج وسیعی از سیالات تراکم پذیر و تراکم ناپذیر در انواع کاربرد را پوشش می دهند.

فلوی عبوری از تنگه که به افتخار جیووانی باتیستا ونتوری[۶] (۱۷۴۶-۱۸۲۲)، ونتوری نامیده شده، قاعده برنولی را در موتور احتراق داخلی نمایش می دهد. جایی که افت فشار در طول یک ونتوری که نفت گاز را به جریان هوا به داخل موتور را می مکد.

۱،۳،۲ رینولدز

ازبورن رینولدز[۷] (۱۸۴۲-۱۹۱۲) محقق کلیدی دومی بود که در توسعه تئوری تکنولوژی فلومتر اختلاف فشاری مشارکت داشت.

رینولدز فیزیکدان نبود بلکه دانشجوی مکانیک بود. او کار خود را با کار بر روی کشتی شروع کرد که منجر به پیشرفت در تحقیقات وی شد. در میان آن ها مکانیزم به آب انداختن کشتی، چگالش یخار آب، طراحی پروانه کشتی، طراحی نیرو محرکه توربین و ترمز هیدرولیک به چشم می خورد.

معروفترین مطالعه وی در زمینه فلوی سیال در لوله و به طور خاص شرایطی که تحت آن جریان از حالت Laminar به حالت Turbulent منتقل می شود. همچنین او عدد بدون بعد رینولدز را ایجاد کرد.

مقدار عدد رینولدز برابر است با حاصل نسبت نیروی اینرسی به نیروی چسبندگی

$$Re = \frac{\text{Inertial force}}{\text{Viscosity Force}}$$

عدد رینولدز کمیت نسبت اهمیت این دو نوع نیرو را در یک فلوی مشخص تعیین می کند.

چون عدد رینولدز نوع فلوی سیال را توصیف می کند، در شرایطی در مرکزیت طراحی و عملکرد فلومتر اختلاف

[۵] Viscosity

[۶] Giovanni Battista Venturi

[۷] Osborne Reynolds

فشاری قرار دارد. به طور خاص، عدد رینولدز می تواند محدودیت رنج کاربرد فلومتر شخص کند. عملکرد فلومتر خارج از محدوده رنج عدد رینولدز موجب کاهش دقت می شود.

۱,۴ فشار[۸]

مهم ترین مفهوم در بحث فلوی اختلاف فشاری ، فشار است. دقت اندازه گیری فشار مایع ، گاز و بخار پایه بسیاری از فرآیند های صنعتی است. در یک کارخانه نوعی ترانسمیتر و کنترل کننده های فشار نسبت به انواع دیگر ترانسمیتر و کنترل کننده، بیشتر استفاده می شود.

۱,۴,۱ فشار چیست ؟

فشار مقدار نیروی وارده بر سطح مشخص تعریف می شود.

معادله فشار

رابطه بین فشار ، نیرو و سطح در فرمول زیر بیان شده است:

$$P = \frac{F}{A}$$

در حالی که :

P: فشار F: نیرو A: سطح

اگر نیرو به سطح اعمال شود ، در واقع فشار اعمال شده است. اگر نیرو افزایش یابد فشار افزایش می یابد و اگر اندازه سطحی که نیرو به آن اعمال می شود کاهش یابد، فشار کاهش می یابد.

چرا اندازه گیری فشار ؟

چهار دلیل که صنایع فرآیندی فشار را اندازه می گیرند :

- ایمنی
- بازدهی فرآیند
- صرفه جویی در هزینه
- اندازه گیری سایر متغیر های فرآیند

ایمنی : اندازه گیری فشار کمک می کند به جلوگیری از افزایش فشار بیش از حد لوله ها ، مخازن ، شیر ها ، فلنج ، و تجهیزات دیگر – کاهش آسیب دیدن تجهیزات – کنترل سطح و فلو – و کمک می کند به جلوگیری از فشار غیر برنامه ریزی شده یا انتشار فرآیند یا آسیب دیدن کارکنان.

بازدهی فرآیند : در بسیاری موارد وقتی که فشار (و دیگر متغیر های فرآیند) در مقداری خاص یا در رنجی از مقادیر نگه داری شود، بازدهی فرایند در بیشترین مقدار قرار می گیرد.

صرفه جویی در هزینه : تجهیزات فشار یا تخلیه (مانند پمپ ها و کمپرسورها) مقدار قابل توجهی انرژی مصرف می کنند. بهینه سازی فشار می تواند با کاهش هزینه های انرژی باعث صرفه جویی در انرژی شود.

اندازه گیری سایر متغیر های فرآیند : فشار برای اندازه گیری متغیر های دیگر استفاده می شود. ترانسمیتر های فشار به طور مداوم در کاربرد های بسیاری استفاده می شود مانند:

- محاسبه فلو
- اندازه گیری سطح
- چگالی یک ماده
- و...

ریشه دوم اختلاف فشار عبوری از یک تنگه درون یک لوله متناسب با فلو است.

$$Q \alpha \sqrt{\Delta P}$$

[۸] Pressure

در حالی که :

Q : نرخ فلو α : دلالت بر متناسب بودن دارد

ΔP :فشار اختلاف

۱,۵ فلوی اختلاف فشار

۱,۵,۱ فلو چیست؟

به مطالعه و بررسی سیالات در حرکت و جنب وجوش، تئوری فلو می گویند. هر ماده ای که بتواند جریان داشته باشد، سیال است و بدین ترتیب این اصطلاح هم برای مایعات و هم برای گازها به کار می رود. اندازه گیری دقیق و کنترل فلو سیال داخل لوله ها مستلزم شناخت فنی گسترده ای است و همچنین این فرایند تقریباً در همه صنایع به شدت مهم می باشد.

۱,۵,۲ عوامل مهم جریان داخل لوله

پنج عامل وجود دارد که برای فلو کلیدی هستند:

- پیکر بندی لوله
- سرعت سیال
- اصطکاک سیال با دیواره های لوله
- چگالی سیال
- چسبندگی سیال
- عدد رینولدز

پیکر بندی لوله : قطر سطح مقطع لوله، تعیین حجم سیال را برای هر طول معینی از لوله امکان پذیر می کند و همچنین در تعیین عدد رینولدز نقش دارد.

سرعت : به فشار که سیال را در داخل لوله تحت فشار می گذارد، بستگی دارد.

اصطکاک : از آنجا که هیچ لوله ای کاملاً صاف نیست، سیال در تماس با لوله، با اصطکاک مواجه می شود، که منجر به میزان فلو کندتری در نزدیکی دیواره های لوله در مقایسه با مرکز آن می شود. هر چقدر که یک لوله بزرگتر، صافتر یا تمیزتر باشد، تاثیر کمتری روی میزان فلو دارد.

چگالی : چگالی روی میزان فلو تاثیر می گذارد زیرا هر چقدر سیال متراکم تر باشد، فشار بیشتری لازم است که میزان فلو معینی بدست آوریم. چون مایعات تراکم ناپذیر و گازها تراکم پذیر هستند. روش های مختلفی لازم است تا میزان فلو مخصوص به سیالات و گازها را اندازه گیری کنیم.

چسبندگی : چسبندگی که به عنوان اصطکاک مولکولی یک سیال تعریف می شود، روی میزان فلو تاثیر می گذارد چون به طور کلی چسبندگی بالاتر حرکت بیشتری می طلبد که به میزان فلو مطلوب برسیم. درجه حرارت روی چسبندگی تاثیر می گذارد اما این تاثیرگذاشتن همیشه به صورت مستقیم نمی باشد. به عنوان مثال، در حالیکه دماهای بالاتر چسبندگی بسیاری از سیالات را کاهش می دهد، چسبندگی برخی از سیالات بیشتر از یک دمای معین ، افزایش می یابد.

عدد رینولدز : با فاکتور گیری از روابط بین عوامل مختلف در یک سیستم ، عدد رینولدز را می توان برای توصیف نوع فلو محاسبه کرد. این موضوع زمانی که انتخاب می کنیم چگونه فلو را در داخل سیستم اندازه گیری کنیم، مهم می شود.

سه نوع مشخصه فلو وجود دارد که با روش های مختلف عدد رینولدز مشخص می شوند.

۱. Laminar: عدد رینولدز زیر ۲۰۰۰، جریان صافی است که در آن یک سیال در لایه های موازی جریان می یابد که معمولا با مشخصه

سرعت پایین، تداخل خیلی کم، و گاهی چسبندگی بالای سیال توصیف می شود.

۲. Transitional: زمانیکه عدد رینولدز بین ۲۰۰۰و ۴۰۰۰ باشد، در منطقه ی Transitional است.

۳. Turbulent: اگر عدد رینولدز بالاتر از ۴۰۰۰ باشد، فلو Turbulent نامیده می شود. این فلو با مشخصه سرعت بالا، چسبندگی پایین و تداخل سریع و کامل سیال توصیف می شود.

بالاترین دقت در سنجش فلوی اختلاف فشار در فلوی Turbulent اتفاق می افتد جاییکه عدد رینولدز بیشتر از ۴۰۰۰ است. به این دلیل که در فلو Turbulent ، نقطه ای که در آن سیال از لبه تنگه درون لوله تفکیک می شود، قابل پیش بینی تر و ثابت تر می باشد. این جداسازی سیال منطقه فشار پایینی در طرف پایین دست تنگه ایجاد می کند، بدین ترتیب به آن تنگه اجازه می دهد که به عنوان عنصر اولیه فلومتر اختلاف فشاری عمل کند. بسته به نوع تنگه و طراحی فلومتر، حداقل عدد رینولدز لوله که در آن فلو اندازه گیری می شود باید بالاتر از ۴۰۰۰ باشد.

۱,۵,۳ پیوستگی فلو

هنگامیکه مایع از میان یک لوله با قطر متغیر جاری می شود، همان حجم از تمام سطح مقطع لوله جریان می یابد و به این معناست که همانقدر که قطر کاهش می یابد، سرعت فلو هم باید افزایش یابد و برعکس وقتی که قطر افزایش می یابد،سرعت کاهش می یابد.

فلو حجمی برابر است با حجم سیال تقسیم بر زمان:

$$Q = V / T$$

جاییکه:

میزان فلو حجمی : Q حجم : V زمان : t

حجم برابر است با حاصلضرب سطح در طول :

$$V = A \times S$$

در حالی که:

مساحت : A طول : S

فلو را می توان به صورت زیر نشان داد:

$$Q = A \times S / t$$

از آنجا که حاصل تقسیم طول بر زمان سرعت می باشد این فرمول را میتوان ساده تر کرد:

$$V = S / t$$

سرعت را به جای S/t بیاوریم:

$$Q = A \times V$$

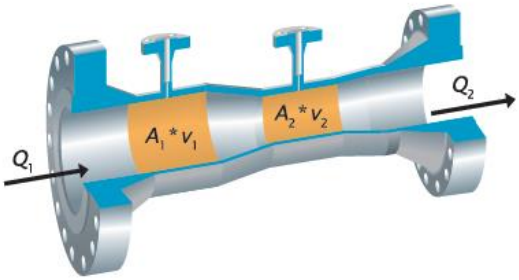
این فرمول ساده ترین نمایش معادله را نشان می دهد.

$$Q\ 1 = Q2$$

$$Q1 = A1 \times V1$$

$$Q2 = A2 \times V2$$

$$A1 \times V1 = A2 \times V2$$



شکل ۱,۵,۳.a نمایش گرافیکی ساده ترین حالت قانون فلو وقتی Q1 = Q2

فرمول پیوستگی فلو بالا اصل اساسی بقای انرژی را شرح می دهد. معادله برنولی که در فصل سوم با جزییات بیشتری به آن می پردازیم، بر مبنای این اصل قرار دارد که بقای انرژی مناسب برای سیال جاری را تعریف کند.

۱,۵,۴ فلومتر اختلاف فشار

اختلاف فشار امروزه رایجترین روش اندازه گیری فلو می باشد. سه عنصر مهم وجود دارد که از ترکیب آنها فلومتر اختلاف فشار ایجاد می شود.

عنصر اولیه با اضافه کردن یک تنگه در لوله، افت فشاری را سرتاسر فلومتر ایجاد می کند. عنصر ثانویه - یک ترانسمیتراختلاف فشار- این افت فشار را اندازه می گیرد. عنصر سوم شامل همه چیزهایی است که سیستم نیاز دارد تا کار را به درستی انجام دهد، از جمله لوله و کانکتورهایی که فشاربالا دست و پایین دست را به ترانسمیتر می رساند. در صورتیکه یک تنگه طراحی وبرنامه ریزی شده را در یک لوله ایجاد کنیم، می توانیم با استفاده از معادله برنولی میزان فلو را محاسبه کنیم زیرا ریشه دوم افت فشار سرتاسر تنگه متناسب با میزان فلو می باشد.

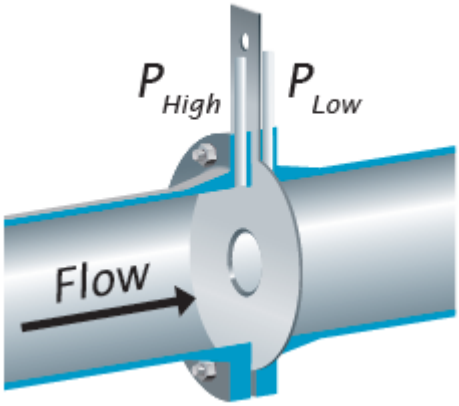
یک سری احتیاط های مهم در زمینه فلومتر اختلاف فشار وجود دارد. از جمله اینکه(۱)مراقب باشیم که ذرات یا رسوب لجنی خطوط ضربه را مسدود نکنند.(۲) تیوب را درست جهت بدهیم- آن ها را باید لبریز کنیم تا مانع انباشتگی گاز در سیال مایع و انباشتگی مایع در سیال گاز شویم.و(۳)مراقب باشیم که کالیبراسیون دوره ای موجب کاهش دقت تجهیز نشود که با استفاده از تجهیزات کالیبراسیون بسیار دقیق می توان از این امر اجتناب کرد.

شکل ۱,۵,۴.a – یک فلو متر اختلاف فشاری

۱,۵,۵ انواع عنصر ابتدایی

انواع زیادی از عناصر ابتدایی وجود دارد:

- صفحات اریفیس تک سوراخه یا بهینه شده
- لوله های پیتوت تک یا چند روزنه
- لوله های ونتوری
- نازل
- مخروطی
- گوه ای



شکل ۱,۵,۵.a – دیاگرام فشار فلو که طرز کار فلوی اختلاف فشار را نشان می دهد. همانطور که سیالات از محدوده سمت فشار بالا عبور می کند ، محدوده افت فشار ایجاد می کند. سپس فلو از طریق افت فشار ایجاد شده توسط محدوده محاسبه می شود.

۱,۵,۶ گزینه های ترانسمیتر

دو نمونه کلی ترانسمیتر های فشار وجود دارد که با استفاده از اختلاف فشار برای محاسبه فلو به کار می رفته است. گزینه نخست، نمونه اختلاف فشار سنتی می باشد که فقط اختلاف فشار را بدون فانکشن دیگری اندازه گیری می کند. گزینه دوم ترانسمیتر چند متغیره می باشد.

ترانسمیتر چند متغیره یک ترانسمیتر اختلاف فشار می باشد که توانایی این را دارد تعدادی از متغیرهای مستقل فرایند، از جمله اختلاف فشار، فشار ستاتیکی و درجه حرارت را اندازه گیری کند. هنگامیکه این ترانسمیتر به عنوان ترانسمیتر فلوی جرمی به کار می رود از این ارزشهای مستقل می توان استفاده کرد تا تغییرات چگالی، چسبندگی،و دیگر پارامترهای فلو را جبران نمود.

اگرچه ترانسمیتر های چند متغیری امکان دارد گران تر از ترانسمیتر های اختلاف فشار باشند ولی نیاز به وجود دستگاه های متعدد را در یک نقطه اندازه گیری برطرف می کند. این به معنای ترانسمیتر های کمتر، سیم کشی کمتر، نفوذ فرایندی کمترو روی هم رفته هزینه نصب پایین تر می باشد.

ترانسمیتر های چند متغیری، برخلاف ترانسمیتر های اختلاف فشار سنتی، قادر به محاسبه فلو جرمی، فلو انرژی، فلو حجمی و کانتر می باشند.

۱,۶ اندازه گیری اختلاف فشار-کاربرد ها

اندازه گیری فلو اختلاف فشار امکان بهینه سازی بسیاری از جنبه های متفاوت فرایند را می دهد که شامل موارد زیر می باشد.

- ثبات محصول
- بازده تولید
- کنترل متغیر فرایند
- ایمنی
- صدور صورتحساب/پخش فرکانس داخلی
- انتقال حفاظت

ثبات محصول : محصولات ترکیبی به دقت نسبت مواد تشکیل دهنده بستگی دارد . فلو اختلاف فشار درستی ارسال مایعات و گازها را تضمین می کند.

بازده تولید : سنجش و اندازه گیری فلوبه رنج وسیعی از کنترل متغیرهای فرآیند بستگی دارد .

شکل ۱,۶ a بررسی و کنترل مطلوبیت جز اصلی بازده تولید می باشد.

کنترل متغیر فرایند : فرایندها اغلب شامل ورودیهای چند متغیره می باشند. کنترل کردن این متغیرها از جمله فلو، عامل کلیدی در کیفیت محصول است.

ایمنی : فلومتر اختلاف فشار به جلوگیری از رنج وسیعی از تهدیدات ایمنی از جمله لبریز کردن،کنترل راکتور و غیره کمک می کند.

صدور صورتحساب/پخش فرکانس داخلی: کنترل دقیق تر موجودی و میزان فرایند مستقیماً در سودآوری مشارکت دارد. برای بسیاری از تولیدکنندگان خبره و ماهر صدور صورتحساب داخلی پیرامون هزینه های فرایند مستقیماً روی آخر کار تاثیر می گذارد.

انتقال مواد نفتی: اندازه گیری فلو برای محصولاتی که طبق حجم یا وزن فروخته شده است، ثبت کننده پول نقد به حساب می آید. اندازه گیری دقیق مربوط به سمت فرستنده هر گونه افت را محاسبه و در سمت دریافت کننده، شارژ اضافی کردن را به حداقل می رساند.

۱,۷ تاسیسات فلومتر : سنتی در مقابل مجتمع

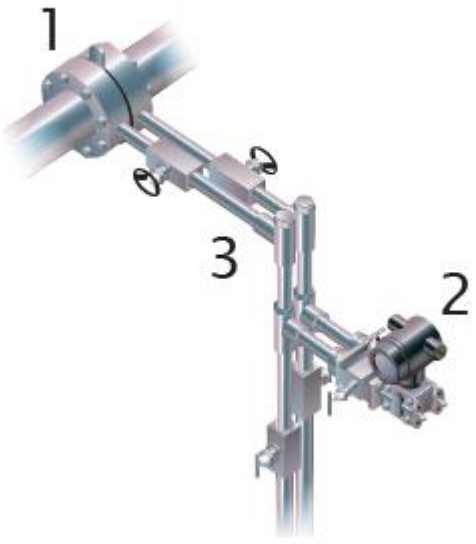
به طور کلی سنسور و تجهیزات ابزار دقیق فرآیند طی دو دهه اخیر شاهد یکپارچگی در شکل و عملکرد بوده و فلومتر اختلاف فشار نیز از این قاعده مستثنی نمی باشد.

در حال حاضر، دو نوع نصب فلومتر اختلاف فشار وجود دارد: سنتی و مجتمع.

۱,۷,۱ سنتی

روش نصب سنتی نیازمند سه جز می باشد.

- عنصر ابتدایی (تولید کننده اختلاف فشار)
- عنصر ثانویه (ترانسمیتر)
- عناصر سوم (خطوط ضربه،متصل کردن برق آلات،لوله سازی،جاسازی،لامپهای الکترونی،غیره)



شکل ۱,۷,۱.a- نصب فلومتر اختلاف فشار سنتی عنصر ابتدایی مجزا، سمت چپ بالا،عناصر سومی (خطوط ضربه،شیر ها، کانکتور ها و چند راهه) و عنصر ثانویه،ترانسمیتر،سمت راست نقطه مرکزی دارد.

شکل سنتی این امکان را به مهندسی جز به جز می دهد تا طیف وسیعی از کاربرد ها را پاسخ دهد و می توان طوری آنها را مهندسی کرد که پاسخگوی استانداردهای انتقال مواد نفتی باشند.

بواسطه تاریخچه طولانی آن، روش های بسیاری پیرامون اندازه گیری فلو مبنی بر اختلاف فشار پدیدار گشت برخی از این روش ها، به هر حال، منجر به مسایل یا محدودیت های ذاتی شد. که شامل نقاط متعدد دارای پتانسیل نشتی کانکتور ها، لوله کشی اشتباه و نصب غلط چند راهه[۹]، مشکلات دقت مربوط به خطوط ضربه بلند. به علاوه ، نصب این تجهیزات موضوع پیچیده ای است که مستلزم مسیرهای بلند مستقیم (وابسته به عنصر اولیه مصرف شده) و پیکربندی با دقت اجزا می باشد.

در طول سالیان کارهای بسیاری شده تا برخی از این مسایل را تصحیح کنند و بدین ترتیب فایده و ارزش نحوه نصب فلو اختلاف فشار را توسعه دهند.

۱,۷,۲ مجتمع

فلومتر مجتمع، عنصر ابتدایی و ترانسمیتر را به صورت یک فلومتر سر هم بندی شده ترکیب می کند. آن را جوری توسعه داده اند تا مسایل پیرامون نصب فلومتر سنتی قدیمی را به حداقل برسانند. در نتیجه، نصب آن نیازمند اجزا و کار کمتری نسبت به نصب فلومتر های سنتی می باشد.

[۹] Manifold

شکل۱,۷,۲.a- این فلومتر اختلاف فشار مجتمع هر دوی عنصر ابتدایی و ترانسمیتر را به صورت یک فلومتر سرهم بندی شدها ترکیب می کند، نقاط نشتی بالقوه را طی نصب و استفاده کاهش می دهد.

فلومتر مجتمع دقیقاً شبیه فلومتر سنتی کار می کند. معادلات را به کار می برد، اکثراً با همان عناصر ابتدایی کار می کند، وبا همان ترانسمیتر ها موجود هستند.(هم اختلاف فشار و هم چند متغیری)

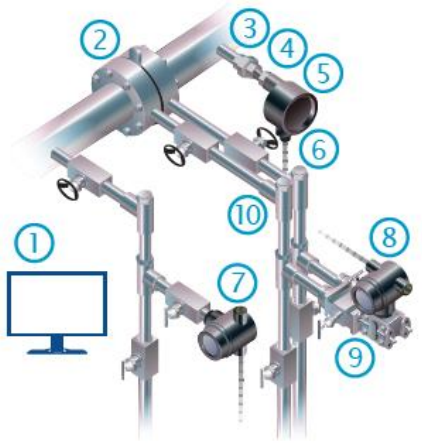
۱,۷,۳ فواید فلومتر مجتمع

طراحی فلومتر مجتمع لزوم وجود فیتینگ، تیوب کشی، شیر، آداپترها، چندراهه ها و براکت نصب را برطرف می کند.

در مقایسه با نصب سنتی، فواید فلومتر های مجتمع شامل موارد زیر می باشد:

- نقاط نشتی بالقوه کمتر(بررسی نشتی کارخانه)
- منابع خطای اندازه گیری فلو کمتر
- سفارش و نصب ساده شده
- حساسیت کمتر به انجماد و پلاگ کردن
- فشردگی بیشتر

فلومتر های مجتمع رزمونت، ترانسمیتر های پیشرفته صنعتی را با تکنولوژی های ابتکاری عنصر ابتدایی و سیستمهای اتصال ترکیب می کند. ۱۰ قطعه موثر در یک فلومتر وجود وارد که مهندسی، خرید، ونصب را آسانتر می کند.



شکل۱,۷,۳.a – ساختار فلومتر اختلاف فشار سنتی.

صفحه ۱۷ نوشته راهنما را ببینید.

شکل۱,۷,۳.b - مصرف ابزار در اندازه گیری چند متغیری مجتمع

در شکلهای ۱,۷,۳.a و۱,۷,۳b :

۱. محاسبه گر فلو
۲. عنصر اولیه
۳. ترموول
۴. حسگر دما
۵. ترانسمیتر دما
۶. سیم کشی سنسور
۷. ترانسمیتر فشار
۸. ترانسمیتر اختلاف فشار
۹. چندراهه

۱۰. اتصالات سخت افزاری

۱,۸ تکنولوژی های فلو متناوب

اندازه گیری فلو را به جای بر پایه فشار، می توان با رنج وسیعی از تکنولوژی ها انجام داد. شامل کانال سرباز، مکانیکی، اولتراسونیک، الکترومغناطیس، کوریولیس، نوری، گرمایی جرمی و ورتکس می باشد.

فلومتر های الکترومغناطیس، برای اینکه انرژی مغناطیسی را به فلو القا کند یه یک سیال هادی جریان الکتریسیته نیاز دارد، از الکترودهایی استفاده می کند تا القای جریان از فلوی مغناطیسی را حس کند.

فلومتر های کریولیس، چنانکه نامش به آن اشاره میکند، از اثر کریولیس استفاده می کند که در یک تیوب در حال لرزش اعوجاج القا می کند.

فلومتر های نوری از آشکارساز نوری استفاده می کنند تا حرکت ذرات را در یک جریان سیال روشن شده اندازه گیری کنند.

فلومتر های ورتکس از مولدهای ضربان الکتریکی- معمولاً کریستال پیزوالکتریک-استفاده می کنند تا آشوب فلو(گرداب ها) پیرامون یک مانع کالیبره شده را اندازه گیری کند.

امروزه هریک از تکنولوژی های گوناگون اندازه گیری فلو موجود دامنه ی کاربرد ایده آل خود را دارند. به هر حال فلو اختلاف فشار به دلیل تاریخچه طولانی اش، سهولت در استفاده و وسعت بی اندازه کاربرد پذیری اش، رایجترین شکل مورد استفاده اندازه گیری فلو در صنعت باقی می ماند.

۱,۹ خلاصه

فلومتر اختلاف فشاری رایجترین تکنولوژی اندازه گیری فلو در یک لوله بسته می باشد.

- این تکنولوژی براساس قانون های مشهور فیزیک، دینامیک سیال و انتقال جرم می باشد.
- تاریخچه طولانی استفاده از آن منجر به ایجاد راه حل های مهندسی عملی اساسی برای رنج وسیعی از کاربرد ها شده است.
- تولید کننده ها کاتالوگ وسیعی از فلومتر اختلاف فشاری با کاربرد عمومی و مخصوص را عرضه می کنند.

۱,۹,۱ تاریخچه

طی قرن های اخیر پیشرفت های عظیمی در پیشبرد اندازه گیری فلو انجام شد. در این پیشرفت دو بازیگر اصلی این پیشرفت دنیل برنولی و اسبرن رینولدز بودند.

- کاهش حساسیت به انجماد و پلاگ کردن
- فشردگی بیشتر

فلومتر های مجتمع رزمونت، ترانسمیتر های پیشرفته صنعتی را با تکنولوژی های ابتکاری عنصر ابتدایی و سیستمهای اتصال ترکیب می کند. ۱۰ قطعه موثر در یک فلومتر وجود وارد که مهندسی، خرید، ونصب را آسانتر می کند.

۱,۹,۲ پدیده فشار

مهمترین زمینه مفهوم درحوزه فلو اختلاف فشاری، فشار می باشد، پدیده فیزیکی که قدرت آن را تحت کنترل درمی آورند تا اندازه گیری ها را به دست بیاورند. اندازه گیری دقیق مایع، گاز و فشار بخار مهمترین بخش بسیاری از فرایندهای صنعتی والبته به ویژه برای اندازه گیری فلو اختلاف فشار می باشد.

۱,۹,۳ فلو اختلاف فشار ۱۰۱- مسایل اساسی

یک فلومتر اختلاف فشار شامل دو عنصر اصلی می باشد،یک عنصر اولیه ،تنگه ای در یک لوله؛ و یک عنصر ثانویه،ترانسمیتر اختلاف فشار.

چندین نوع عنصر ابتدایی وجود دارد:

- اریفیس
- لوله های ونتوری
- زانوها
- نازل فلو
- لوله های پیتوت مجزا و چند روزنه
- مخروطها
- گوه ای

شکل a.۱,۹,۳ – فلومتر اختلاف فشار امروزی که عناصر ابتدایی و ثانویه را ترکیب می کند.

۱,۹,۴ کاربرد اندازه گیری فلو اختلاف فشار

مهندسی فرایند ومهندسی هزینه دو دیسیپلین اولیه می باشند که از فلو اختلاف فشار بهره برداری می کنند. این اهداف اولیه شامل مهندسی برای موارد زیر می باشد:

- ثبات محصول
- بازده تولید
- کنترل متغیر فرایند
- ایمنی
- صدور صورتحساب/پخش فرکانس داخلی
- انتقال حفاظت

۱,۹,۵ عوامل شکل وسیله ابزار دقیق : سنتی در مقابل مجتمع

دو نمونه کلی فلومتر های اختلاف فشار قابل استفاده می باشند، سنتی و مجتمع

شکل سنتی شامل سه دسته زیر می باشد :

- عنصر ابتدایی (تولید کننده اختلاف فشار)
- عنصر ثانویه(ترانسمیتر)
- عناصر سوم (خطوط ضربه،متصل کردن برق آلات،لوله سازی،جاسازی،لامپ های الکترونی،غیره)

شکل مجتمع عنصر ابتدایی و ترانسمیتر را به صورت یک واحد مستقل مجزا ترکیب می کند.شکل a.۱,۹,۳ را ببینید.

۱,۹,۶ تکنولوژی های فلو متناوب

اندازه گیری فلو را به جای پایه فشار می توان با رنج وسیعی از تکنولوژی ها انجام داد. که شامل

- کانال سرباز
- مکانیکی
- اولتراسونیک
- الکرومغناطیس
- کریولیس
- نوری
- گرمایی جرمی
- ورتکس

به دلیل وسعت استفاده و دانش بسیار زیاد در رابطه باآن،
فلومتر اختلاف فشاری پرکاربردترین شکل اندازه گیری
فلو در صنعت باقی می ماند.