



شناسنامه فناوریانه کالا/خدمات مورد تقاضای صنعت گاز ایران

طراحی و ساخت جریان سنج اختلاف فشاری
Differential Pressure Type Flow Transmitter

معرفی تقاضای فناورانه

مقوله اندازه‌گیری کمیت‌ها و پارامترها، در نظارت بر صحت انجام و کنترل فرآیندهای صنعتی نقش مهمی را ایفا می‌کند، بر این اساس که موضوع مذکور با تأمین ایمنی تأسیسات و افراد ارتباط مستقیمی دارد، لذا در اتوماسیون صنعتی هر تجهیزاتی که اطلاعات را از فرآیند تحت کنترل جمع‌آوری می‌کند، بسیار حائز اهمیت است. یکی از تجهیزاتی که بیشترین سهم را در جمع‌آوری اطلاعات از فرآیندهای حوزه نفت و گاز دارند، ترانس‌میترها هستند. این تجهیزات پارامتر مورد نظر از فرآیند را اندازه‌گیری و به صورت سیگنالی الکتریکی به واحد کنترل‌کننده ارسال می‌نمایند تا به کاربر نمایش داده شود یا از طریق عناصری مانند شیر کنترل مورد استفاده قرار گیرد.

جریان‌سنجی^۱ از زندگی روزمره ما تا صنایع و فرآیندهای مختلف حضور گسترده‌ای دارد و به معنای اندازه‌گیری مقدار سیال عبوری از یک لوله است. این مقدار می‌تواند به صورت حجمی^۲ یا وزنی^۳ مورد سنجش قرار گیرد. مقدار جریان عبوری هم به صورت نرخ عبور جریان^۴ در واحد زمان با واحدهایی مانند مترمکعب در ساعت و هم به صورت تجمعی^۵ مثلاً با واحد مترمکعب مورد استفاده قرار می‌گیرد. تجهیز اندازه‌گیر جریان^۶، دستگاهی است که پس از اندازه‌گیری جریان، مقدار آن را به سیستم کنترل مرکزی ارسال می‌کند.

دو دسته کاربرد کلی برای اندازه‌گیری جریان می‌توان در نظر گرفت. در بسیاری از فرآیندهای تولیدی و شیمیایی لازم است نرخ مشخصی از سیال‌ها برای فرآیند مورد استفاده قرار گیرد. به عنوان مثال جهت عملکرد صحیح برج تقطیر نرخ ورود سیال به آن می‌بایست اندازه‌گیری شده و تحت کنترل باشد. این امر در برخی از ماشین‌آلات نیز صادق است. به عنوان مثال لازم است نرخ ورود گاز سوخت^۷ به یک کوره یا نرخ سیال خروجی از یک پمپ یا کمپرسور جهت حفظ عملکرد صحیح دستگاه یا جلوگیری از آسیب رسیدن به آن، تحت کنترل باشد. در این نوع کاربرد که به منظور کنترل فرآیند و ماشین‌آلات انجام می‌گیرد، اندازه‌گیری دقت بسیار بالایی نیاز ندارد و می‌تواند با دقت‌های معمول در صنعت انجام شود. کاربرد دیگر جریان‌سنجی که بسیار مورد توجه است و اغلب با صرف هزینه‌های بسیار ساخته می‌شود، سنجش جریان‌هایی است که در قبال آن هزینه پرداخت خواهد شد. نمونه ساده این مورد کنتورهای آب یا گاز منازل هستند که ملاکی برای اندازه‌گیری مصرف قرار می‌گیرد

1. Flow Measuring
2. Volume Flow
3. Mass Flow
4. Flow Rate
5. Accumulated
6. Flow Transmitter
7. Fuel Gas



و بر اساس آن هزینه دریافت خواهد شد. از آنجایی که این نوع کاربرد ملاک پرداخت‌های مالی است و خطای اندازه‌گیری هزینه‌های قابل توجهی را به هر یک از طرفین (تامین‌کننده یا خریدار سیال) تحمیل خواهد کرد، دستگاه‌های مورد استفاده در این نوع اندازه‌گیری باید خطای بسیار پایینی داشته باشند.

سیستم‌های Custody Transfer یا Fiscal Metering پکیج‌های کامل و دقیقی هستند که با استفاده از تکنولوژی‌های اندازه‌گیری دقیق و اعمال تمام پارامترهای دخیل و با استفاده از محاسبات استاندارد، میزان سیال تبادل‌شده را اندازه‌گیری می‌کنند. این سامانه‌ها در مبادلات نفت، گاز، میعانات گازی، بنزین و سایر محصولات هیدروکربنی بین شرکت‌های مختلف به عنوان مرجع، مورد استفاده قرار می‌گیرند. نمونه بسیار مهم از کاربرد Custody Transfer اندازه‌گیری صادرات و واردات نفت، گاز و مشتقات آنها است. با توجه به ارزش قابل‌ملاحظه این سیال‌ها و همچنین حجم بسیار بالایی که در این نوع تبادلات جابجا می‌شود، وجود خطای بسیار کم در این نوع اندازه‌گیری تبعات مالی قابل توجهی را برای فروشنده یا خریدار به دنبال خواهد داشت. لذا استانداردهای بسیار سخت‌گیرانه و دقیقی برای ساخت و استفاده از سامانه‌های Custody Transfer وضع شده‌است و مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

یکی از روش‌های رایج و مقرون به صرفه در جریان‌سنجی، استفاده از روش اختلاف فشاری است. این روش به دلیل سادگی در طراحی و اجرا و همچنین هزینه کم، بسیار محبوب و پرکاربرد است. اصول کار به این صورت است که در مسیر عبور سیال یک محدودیت ایجاد می‌شود. وقتی سیال از محدودیت مذکور عبور می‌کند، به دلیل کاهش سطح مقطع، سرعت آن افزایش می‌یابد و فشار آن کم می‌شود. وقتی سیال از محدودیت خارج می‌شود، سرعت آن دوباره کاهش می‌یابد و فشار آن مجدداً بالا می‌رود ولی به دلیل وجود اصطکاک به مقدار پیشین نخواهد رسید. اختلاف فشار ایجاد شده در حین عبور سیال از محدودیت مذکور با مقدار جریان سیال متناسب است و می‌توان با اندازه‌گیری اختلاف فشار و انجام محاسبات ساده، مقدار جریان را بدست آورد. انجام محاسبات جریانی عموماً در داخل سیستم کنترل مرکزی انجام می‌گردد. لذا تنها وظیفه دستگاه جریان‌سنج، اندازه‌گیری اختلاف فشار ایجاد شده است.

کاربرد و متقاضیان محصول در شرکت ملی گاز ایران

استفاده از روش اختلاف فشاری به دلیل سادگی و هزینه کمتر نسبت به سایر روش‌های جریان‌سنجی در کاربردهای عادی که نیاز به دقت بالایی نیست، بسیار مورد استفاده قرار می‌گیرد. در خصوص اندازه‌گیری گازها، این روش دقت بالایی دارد و حتی قابلیت استفاده به عنوان Custody Transfer را دارد. لذا تجهیزات جریان‌سنج از نوع اختلاف فشاری به فراوانی در تمام



شرکت‌های پالایش گاز (پالایشگاه‌های گاز پارس جنوبی، ایلام، بیدبلند، پارسین، خانگیران، سرخون و قشم و فجر جم)، شرکت انتقال گاز و تمام شرکت‌های گاز استانی کاربرد دارد.

به صورت کلی دو بخش در شرکت ملی گاز ایران متقاضیان استفاده از تجهیزات FT هستند.

- **واحدهای تعمیرات و نگهداری ابزار دقیق؛** به منظور انجام تعمیرات و نگهداری در تجهیزات معیوب در تاسیسات در حال بهره‌برداری.
- **طرح‌های توسعه‌ای؛** به منظور خرید و نصب در پروژه‌ها و تاسیسات جدید.

کاربرد محصول در خارج از شرکت ملی گاز ایران

- شرکت ملی نفت ایران و تمام شرکت‌های زیر مجموعه فعال در حوزه بالادستی نفت از جمله شرکت نفت و گاز پارس جنوبی، شرکت مناطق نفت‌خیز جنوب، شرکت فلات قاره، شرکت نفت مناطق مرکزی، شرکت نفت و گاز اروندان، شرکت ملی حفاری و شرکت پایانه‌های نفتی ایران
- شرکت ملی پخش و پالایش و تمام شرکت‌های زیرمجموعه در حوزه پالایش، انتقال و پخش فرآورده‌های نفتی همانند تمام پالایشگاه‌های نفت (آبادان، شازند، اصفهان، بندرعباس، تبریز، تهران، شیراز، کرمانشاه، لاوان و پالایشگاه میعانات گازی ستاره خلیج فارس)، شرکت ملی پخش فرآورده‌های نفتی ایران و شرکت خطوط لوله و مخابرات نفت ایران
- شرکت ملی پتروشیمی و پتروشیمی‌ها
- وزارت نیرو و نیروگاه‌های تولید برق

وضعیت موجود جهت تامین تقاضای فناورانه

در حال حاضر در تمام شرکت‌ها و صنایع، نیاز به FT و قطعات یدکی آن از طریق خرید از سازندگان خارجی تامین می‌شود. برندهای پرکاربرد در شرکت ملی گاز ABB, EMERSON, YOKOGAWA, SMAR و SIEMENS است.

شرح مشکلات موجود

با توجه به نیاز به خارج از کشور، تهیه FT و قطعات یدکی مربوطه با دشواری‌هایی همراه است. موانع متعددی در هر کدام از مراحل ارائه سفارش به سازندگان خارجی، حمل محصول و پرداخت‌های مالی وجود دارد. از طرفی قیمت بالای این تجهیزات و تعداد چشمگیر استفاده از آنها در تاسیسات، مستلزم صرف هزینه‌های ارزی قابل توجهی است، که همین امر منجر به عدم



امکان تعمیرات یا جایگزینی تجهیزات معیوب در تاسیسات در حال بهره‌برداری و همچنین عدم دستیابی به تجهیز جهت نصب در پروژه‌های جدید می‌شود.

فقدان پاسخگویی و خدمات پس از فروش از دیگر مشکلات تهیه این تجهیزات از سازندگان خارجی است. مشکلاتی که عموماً برای این محصولات رخ می‌دهند و نیاز به پشتیبانی فنی، تهیه قطعات یدکی یا جایگزینی با تجهیزات جدید در آنها وجود دارد، مشتمل بر موارد ذیل می‌باشد:

- بروز پارگی در دیافراگم
- آسیب در سنسور
- آسیب به کابل ارتباطی سنسور
- از بین رفتن نشت بندی و نفوذ سیال به داخل تجهیز
- بروز اشکال در نمایشگر در اثر تابش مداوم آفتاب
- اشکال در مدارات و نیاز به جایگزینی بردهای الکترونیکی
- استهلاک در O-ring ها و نیاز به تعویض آنها

تشریح اجزای محصول

اجزای تشکیل دهنده اصلی FT به شرح زیر است.

- **سنسور اختلاف فشار؛** وظیفه سنسور تبدیل پارامتر اختلاف فشار به پارامتر الکتریکی است.
- **پردازنده مرکزی؛** دریافت سیگنال سنسور، انجام تنظیمات موردنظر کاربر و تهیه و ارسال سیگنال خروجی از وظایف پردازنده مرکزی است.
- **نمایشگر محلی؛** مقدار اختلاف فشار اندازه‌گیری شده بر روی این نمایشگر نشان داده می‌شود. در صورت بروز خطا، پیغام‌های مناسب نیز بر روی نمایشگر نشان داده خواهد شد. علاوه بر این نمایش منوی دستگاه و انجام تنظیمات دستگاه به کمک نمایشگر انجام می‌شود.
- **دکمه‌های محلی؛** به منظور جابجایی در منوهای دستگاه، انجام کالیبراسیون و انجام تنظیمات مدنظر کاربر از دکمه‌های محلی استفاده می‌شود.



- **محفظه؛** تمام مدارات الکترونیکی، سنسور، نمایشگر و دکمه‌های محلی در داخل محفظه آلومینیومی با درجه حفاظت مناسب در برابر نفوذ آب و گرد و خاک تعبیه می‌شود.

تکنولوژی و اصول ساخت هر یک از اجزا در ادامه به اختصار شرح داده شده است.

❖ سنسور

سنسورهای مختلفی در ساخت FT استفاده می‌شوند که در آن‌ها هدف تبدیل پارامتر اختلاف فشار به پارامتر الکتریکی می‌باشد.

- سنسور خازنی

مطابق شکل در این نوع سنسور فشار دو نقطه از دو طرف به یک صفحه دیافراگمی اعمال می‌شود. این صفحه دیافراگمی در یک مدار خازنی قرار دارد و اختلاف فشار دو طرف آن باعث جابجایی فیزیکی و تغییر ظرفیت خازن می‌شود. تغییرات ظرفیت خازن پس از اندازه‌گیری توسط یک مدار، به بخش پردازنده اصلی ارسال می‌گردد.

شکل (1) - فشار

- سنسور Strain Gauge

در تجهیزات FT با قرار دادن این سنسور در دیافراگم، در اثر اعمال اختلاف فشار به دیافراگم و ایجاد خمش در Strain Gauge مقاومت الکتریکی آن تغییر می‌کند که این تغییر مقاومت توسط یک مدار الکتریکی مانند پل وتستون اندازه‌گیری و به پردازنده اصلی ارسال می‌شود.

❖ سیگنال خروجی

سیگنال خروجی از LT که حاوی اطلاعات پارامتر اندازه‌گیری شده است، ممکن است با روش‌ها و پروتکل‌های مختلفی به بیرون ارسال شود، که پرکاربردترین آنها استفاده از جریان DC در رنج 4-20 mA برای ارسال سیگنال است. جهت ارسال سیگنال 4-20 mA، پردازنده اصلی رنج کاری مد نظر کاربر را -که تحت عناوین LRV و URV از کاربر دریافت می‌شود- به صورت خطی به جریان DC در بازه 4-20 mA تبدیل و ارسال می‌کند



در محاسباتی که جهت تبدیل اختلاف فشار به مقدار جریان سیال استفاده می‌شود، مقدار جریان با ریشه دوم اختلاف فشار رابطه دارد. لذا در سیستم کنترل مرکزی نیاز است ریشه دوم اختلاف فشار محاسبه شود. برای اینکه این بخش از محاسبات در داخل FT انجام شود یا اینکه بتوان FT را به همراه نشانگرهای دیگر مورد استفاده قرار داد، دستگاه FT باید قابلیت ارسال سیگنال به صورت رادیکالی (Square Root) را نیز داشته باشد. به این معنی که mA ارسالی به صورت رادیکالی با اختلاف فشار اندازه گرفته شده رابطه دارد.

نحوه ارسال سیگنال به دو صورت انجام می‌شود که بر اساس آن این تجهیزات به دو دسته Active و Passive تقسیم می‌شوند که در اینجا نوع پسو مد نظر است. تجهیزات پسو تنها از طریق 2 سیم با بیرون ارتباط دارند که تغذیه مورد نیاز مدارات از طریق آن تامین می‌شود و سیگنال 4-20 mA توسط آن ارسال می‌گردد. به عبارت دیگر، این تجهیز همانند یک مقاومت متغیر عمل می‌کند که متناسب با پارامتر فیزیکی اندازه‌گیری شده، مقدار مقاومت و جریان دریافتی از منبع تغذیه نیز تغییر می‌کند. از آنجایی که تغذیه دستگاه نیز در همان مدار ارسال سیگنال تامین می‌شود، به این روش ارسال سیگنال Loop Power نیز گفته می‌شود.

علاوه بر استفاده از روش پسو جهت انتقال اطلاعات، تجهیزات LT باید از پروتکل HART نیز پشتیبانی کنند. پروتکل HART یک ارتباط دو طرفه دیجیتال است که بدون اختلال در سیگنال جریان 4-20 mA همزمان بر روی همان زوج سیم برقرار می‌شود. لازم به ذکر است که بکارگیری مدولاسیون فرکانسی (FSK) جهت جلوگیری از اختلال دو سیگنال در یکدیگر است. از ارتباط HART نیز برای تبادل اطلاعات پارامتر اندازه‌گیری شده، پیکربندی تجهیزات، پارامترهای کالیبراسیون و سیگنال‌های تشخیصی خطا استفاده می‌شود.

❖ مراحل ساخت

مراحل ساخت و تولید محصول به شرح زیر می‌تواند انجام شود.

- ساخت سنسور و دستیابی به دقت مناسب در آن
- ساخت مدارات الکترونیکی، پردازنده مرکزی، نمایشگر و دکمه‌های محلی و ارتباط با سنسور
- برنامه‌نویسی سیستم عامل و منوهای دستگاه
- ساخت و برنامه‌نویسی مدارات مربوط به ارتباط HART
- ساخت محفظه از جنس آلومینیوم



- دستیابی به IP65 جهت حفاظت در برابر نفوذ آب و گرد و خاک و کسب گواهینامه مربوطه
- دستیابی به استانداردهای ضد انفجار و کسب گواهینامه مربوطه

رویکردهای غیر جذاب

به منظور ساخت FT راه حل های زیر مطلوب نیست.

- خرید و تامین تجهیزات از سازندگان خارجی
- تعمیر تجهیزات معیوب موجود
- تهیه سنسور از سازندگان خارجی
- تهیه قطعات از سازندگان خارجی و مونتاژ در داخل کشور

چالش ها، موانع و محدودیت های موجود در رفع نیاز

چالش ها و دشواری های مختلفی در مسیر تولید FT وجود دارد که ساخت این محصول را نیازمند مطالعات و بررسی های دقیق می کند که از جمله می توان به موارد زیر اشاره نمود:

- ساخت مدارات الکترونیکی با دقت عمل کافی
- ساخت سنسور با طول عمر طولانی
- دستیابی به دقت بالا در سنسور
- ایزوله و نشت بند کردن محوطه سنسور در برابر نفوذ سیال در فشارهای بالا
- استفاده از متریال مقاوم در برابر سیالات خورنده در سنسور و دیافراگم
- تولید محفظه با درجه حفاظت بالا در برابر نفوذ آب و گرد و خاک
- ساخت تجهیز با ویژگی ضد انفجار و کسب گواهینامه های لازم
- استفاده از روغن مناسب جهت انتقال فشار در دیافراگم و سنسور

ملاحظات و الزامات

استانداردها	<ul style="list-style-type: none"> ▪ IPS-M-IN-130 ▪ IPS-E-IN-130
-------------	--



<ul style="list-style-type: none"> IPS-C-IN-130 ▪ IEC-60079 ▪ IEC-60529 ▪ IEC-61000 ▪ NACE 0175 ▪ AGA 3 ▪ ISO 5167 ▪ 	
0~500 mbar	رنج اندازه گیری
0.1% of Span	دقت اندازه گیری
24 VDC-Loop Powered	نوع تغذیه
4~20 mA, Smart Type with HART	نوع سیگنال خروجی
Liner & Square Root	مشخصه سیگنال خروجی
IP 65	درجه حفاظت IP
EEx Ia IIC T6	مشخصات ضد انفجار
1.5*(Full Span)	حفاظت در برابر افزایش فشار
1/2" NPT Male	نوع اتصال به سیال
ISO M20*1.5	نوع اتصال کابل
Digital LCD	نشانگر محلی
Local Zero/Span Adjustment	تنظیمات محلی
Diaphragm	نحوه ارتباط با سیال
Low CU Aluminum	جنس بدنه



