

PHOTOFINISH

ABB - TECNOLOGIE PER LA MISURA DI PORTATA NELL'INDUSTRIA DI PROCESSO



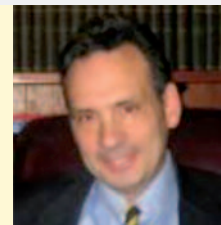
Misuratori di portata

Conoscere come funzionano i diversi tipi di misuratori di portata e i relativi vantaggi e svantaggi può aiutare a scegliere il più adatto

Nelle industrie di processo la misurazione della portata è fondamentale, a partire dal dosaggio dei componenti, attraverso le varie fasi produttive fino al prodotto finito. Si stima che i misuratori di portata rappresentino circa il 30% dell'importo destinato all'acquisto degli strumenti di misura. I misuratori di portata possono essere raggruppati in quattro categorie: misuratori di velocità, misuratori indiretti di portata, misuratori volumetrici e misuratori massici. Questo documento si propone di esaminare i fattori da tenere in considerazione nella scelta e nell'impiego delle varie tipologie di misuratori di portata e di fornire esempi dei misuratori che rientrano in ciascuna categoria.



Articolo a cura di **RONALD W. Di GIACOMO**. L'autore gestisce lo sviluppo commerciale delle tecnologie di misurazione della portata in Nord America per ABB Inc. (125 E. County Line Rd., Warminster, PA 18974; e-mail: ron.w.digiacomo@us.abb.com). Vanta un'esperienza di 25 anni nel campo della strumentazione di processo, principalmente per la misurazione della portata. Precedentemente, ha lavorato per 15 anni con due divisioni Emerson e per 5 anni con le aziende del gruppo Invensys.



Misuratori di velocità - Il mercato offre varie tipologie di misuratori per il rilevamento della velocità media di un fluido che defluisce all'interno di un condotto. Moltiplicando la velocità media del fluido per la sezione del misuratore o del condotto si ottiene la portata volumetrica. Ad esempio, se la velocità media del fluido è pari a 0,76 m/s e il diametro interno del condotto o del flussimetro è di 12 pollici (30,48 cm), per un'area di 0,073 m², la portata volumetrica è pari a 0,76 x 0,073 ovvero 0,056 m³/s. Nella scelta dei misuratori di velocità, occorre tenere presente il profilo di velocità del fluido nel condotto, che dipende dalla geometria del condotto e dal numero di Reynolds. La vista in sezione trasversale nella figura 1 illustra due situazioni di profili di flusso ipotizzando un tratto rettilineo di tubo di lunghezza sufficiente: turbolento (rosso) e laminare (blu).

Con una perdita per attrito nel condotto relativamente modesta e una bassa viscosità del fluido, il profilo delle velocità del flusso è uniforme in tutta la sezione trasversale del condotto. Si parla dunque di profilo di flusso turbolento completamente sviluppato. In questo caso, la velocità del fluido sulle pareti, al centro e nella restante area del condotto è uniforme. La velocità in qualsiasi punto del condotto corrisponde alla velocità media. In tale condizione, il numero di Reynolds è pari o superiore a 10.000. Calcolare la portata volumetrica è relativamente semplice. A seconda del diametro del condotto e della densità, della viscosità e della quantità di moto del fluido, la velocità del flusso sulle pareti e al centro del condotto può variare considerevolmente. Più i numeri di Reynolds sono bassi, più è difficile misurare con precisione la velocità media nel condotto. In un lungo tratto rettilineo di tubo e con numeri di Reynolds bassi, la velocità del flusso è più alta al centro del condotto e si riduce in modo simmetrico verso le pareti. Tale condizione è tipica dei profili di flusso laminari. Utilizzando un misuratore di portata a inserzione, si può definire le velocità del fluido in tutto il diametro del condotto in più punti della sezione trasversale. Stabilendo il profilo effettivo del flusso nel condotto e integrando i dati per determinare la velocità media del flusso, è possibile verificare l'accuratezza del flussimetro nel misurare la portata reale.

Per una maggior precisione, i produttori indicano la lunghezza ideale del tubo rettilineo del misuratore di velocità a monte e a valle. Spesso, tuttavia, la geometria dei condotti negli impianti chimici è tale per cui non sono presenti tratti rettilinei sufficientemente lunghi. Quando il misuratore di portata è collocato in prossimità di un raccordo a gomito, di un raccordo a T, di una valvola o di un tratto con diametro variabile, il flusso non potrà essere completamente sviluppato e si avrà un profilo distorto, come mostrato nella figura 2. L'installazione di dispositivi di raddrizzamento del flusso (fasci tubieri speciali) a monte del misuratore di portata può aiutare a correggere le distorsioni creando profili di flusso uniformi, da cui trarre la velocità media.

La portata del liquido nel condotto, negli utilizzi tipici delle industrie chimiche e di processo va da 0,15 a 3,6 m/s, per un range (turndown) di 24:1. Valori più bassi sono difficili da misurare con precisione, mentre valori più alti causano maggiori cadute di pressione, consumi energetici superiori e livelli di erosione più elevati (se sono presenti solidi abrasivi).

Nel caso in cui i condotti trasportino gas, la velocità di flusso tipica va da 4,6 a 60,9 m/s, per un range di circa 13:1. In molte applicazioni il range della portata rientra in questi valori.

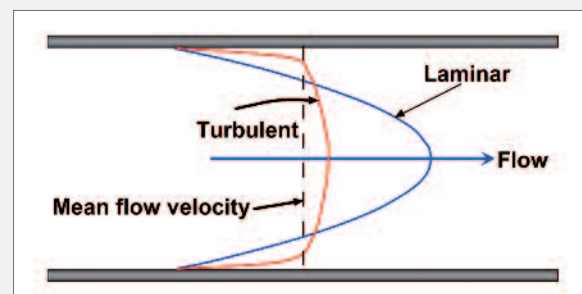


Figura 1: Elementi quali raccordi a gomito, raccordi a T e valvole distorcono il profilo del flusso

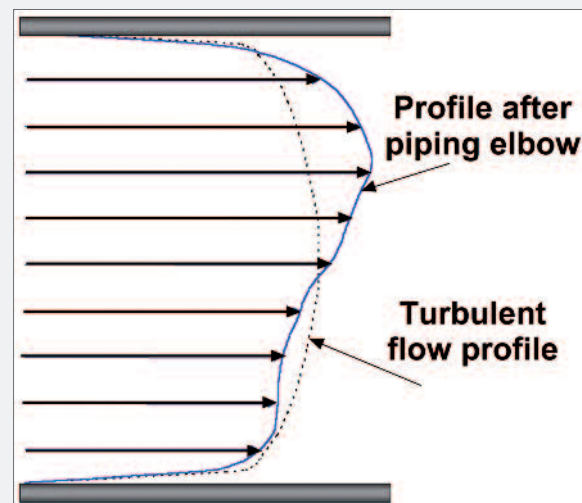


Figura 2: Profili di velocità del fluido in un flusso laminare e in un flusso turbolento

Misuratori indiretti di portata - Il misuratore indiretto di portata calcola la portata in base alla misurazione del 'non flusso', che presenta correlazioni accettate con il valore del flusso.

Pressione differenziale - La maggior parte dei dispositivi di misurazione di portata esaminati si basano su tre principi. Il primo è l'equazione di continuità, per cui la portata generale rimane la stessa anche in presenza di restringimenti nel condotto. Il secondo è la legge di Bernoulli, secondo la quale la velocità del flusso (energia cinetica) nel tratto di restringimento aumenta. Il terzo è la legge di conservazione dell'energia, che afferma che quando l'energia cinetica aumenta, la pressione del fluido (energia potenziale) diminuisce. La caduta di pressione in corrispondenza del restringimento è una funzione della velocità del fluido, che può essere calcolata.

Nei misuratori di pressione differenziale, la misurazione della portata include le seguenti variabili: la radice quadrata della pressione differenziale misurata; la densità del fluido; la sezione del condotto; l'area del tratto di restringimento; un coefficiente specifico del dispositivo. Quando un fluido passa attraverso il restringimento di un condotto non segue perfettamente il contorno del tratto di restringimento, producendo una corrente a getto più stretta rispetto al corpo restrittivo.

Il diametro del getto minimo aumenta la velocità del flusso attraverso il restringimento, causando una maggiore perdita di pressione rispetto a quando il fluido segue perfettamente il contorno del tubo. La portata calcolata sulla base della caduta di pressione misurata e del diametro del tratto di restringimento noto tende a ingrandire il valore della portata del fluido. Per questo, il valore deve essere corretto per difetto applicando un coefficiente di efflusso ideale pari a 1. Il coefficiente di flusso complessivo applicato all'equazione di base dipende dal dispositivo, dall'applicazione e da altri fattori, tra cui l'espansione dei gas e la velocità di approccio.

Tale coefficiente (fattore K) va da 0,6 a 0,98 per i misuratori di pressione differenziale. I misuratori di portata basati sulla pressione differenziale sono molto utilizzati nelle industrie di processo e rappresentano circa il 30% delle installazioni. Vantano una buona flessibilità di applicazione, poiché sono in grado di misurare la portata di liquidi, gas e vapore e supportano temperature e pressioni con cadute di pressione moderate. Tali cadute dipendono dalle dimensioni e dal tipo di restringimento (orificio, cono, Pitot, Venturi, ecc.) e possono essere piuttosto elevate e permanenti in presenza di un valore Beta sufficientemente basso. Il grado di precisione va dall'1 al 5%. Le tecniche di compensazione possono migliorare la precisione dallo 0,5 all'1,5%. Occorre anche considerare che l'installazione di elementi restrittivi nel condotto del misuratore di portata è relativamente costosa. La loro dipendenza dalla radice quadrata della pressione differenziale può ridurre in modo considerevole la rangeability. Inoltre, richiedono l'utilizzo di uno strumento per misurare la pressione differenziale e calcolare il segnale di flusso standard. Le variazioni di temperatura, pressione e viscosità possono influire in modo significativo sulla precisione dei misuratori di portata a pressione differenziale. Inoltre la manutenzione deve essere assidua.

MISURATORI DI VELOCITÀ

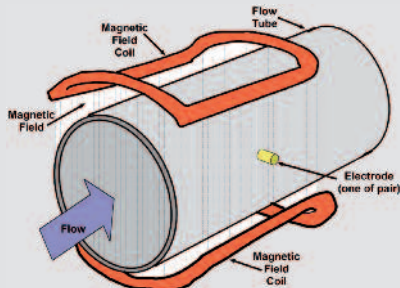


Fig. 3 - Misuratori di portata elettromagnetici

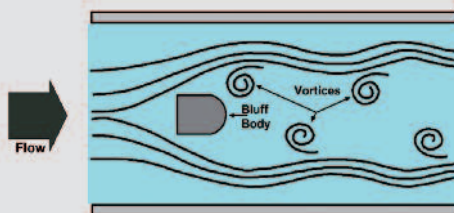


Fig. 4 - Misuratori di portata a vortici (Vortex)

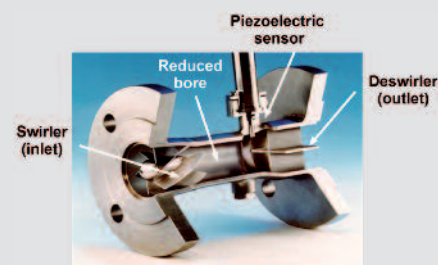


Fig. 5 - Misuratori di portata a elica (Swirl)

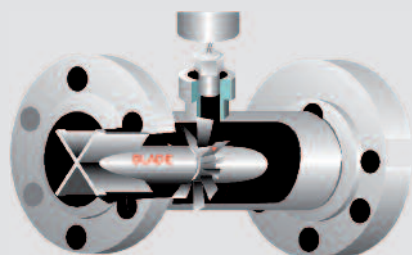


Fig. 6 - Misuratori di flusso a turbina

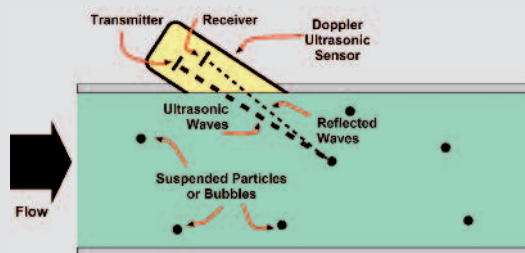


Fig. 7 - Misuratori di portata a ultrasuoni

MISURATORI DI PORTATA BASATI SULLA MISURAZIONE DELLA PRESSIONE DIFFERENZIALE

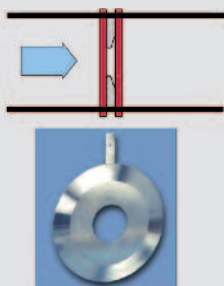


Fig. 8 - Misuratore a orifizi tarati



Fig. 9 - Venturimetro

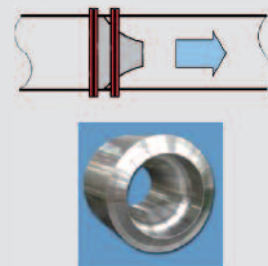


Fig. 10 - Ugelli

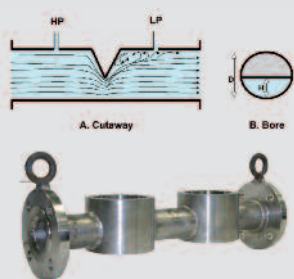


Fig. 11 - Misuratore a cuneo

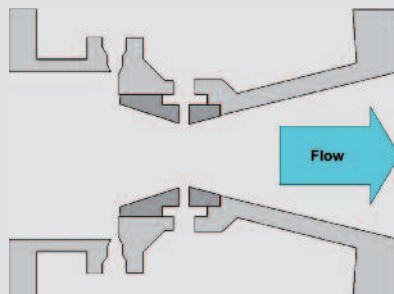


Fig. 12 - Tubo di flusso

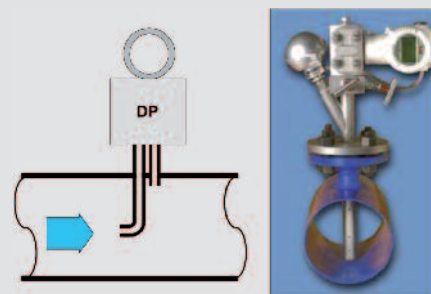


Fig. 13 - Tubo di Pitot

Misuratori di portata ad area variabile - Chiamati anche rotametri, sono un altro tipo di misuratori indiretti di portata dei fluidi. Forniscono pratiche soluzioni di misurazione del flusso per diverse applicazioni. Sono composti da due elementi: un tubo di misura di forma conica e un galleggiante posto al suo interno. La posizione del galleggiante, che rappresenta il punto di equilibrio del flusso verticale e del peso del galleggiante stesso, è una funzione lineare della portata. È possibile procedere alla lettura diretta della portata rilevando la posizione del galleggiante attraverso un tubo in plastica o vetro trasparente.

Nei rotametri in acciaio, la posizione del galleggiante è indicata tramite un indicatore accoppiato elettromagneticamente (figura 14). I rotametri sono facili da installare e gestire, ma devono essere montati in posizione perfettamente verticale.

La precisione ($\pm 2\%$ del valore di fondo scala) è relativamente bassa e richiede una conoscenza accurata del fluido e del processo. Inoltre, i flussimetri ad area variabile sono sensibili alle vibrazioni e all'azione di particelle solide. Sono utilizzati per portate inferiori a 200 gpm e con tubi di dimensioni inferiori a 10 cm.

Misuratori di portata a bersaglio - Questa tipologia di flussimetri presenta nel flusso del fluido un elemento fisico che funge da bersaglio.

Il fluido in movimento fa spostare una barra collegata al bersaglio.

Lo spostamento dipende dall'area del bersaglio, nonché dalla densità e dalla velocità del fluido. I misuratori di portata a bersaglio rilevano i flussi in tubazioni di dimensioni superiori a 1,27 cm. Modificando le dimensioni della tubazione e il materiale, i misuratori possono essere adattati a diversi fluidi e intervalli di portata. Nella maggior parte dei casi, la calibrazione deve essere verificata sul campo. I misuratori di portata a bersaglio sono poco diffusi e utilizzati principalmente con acqua, vapore e gas umidi (figura 15).

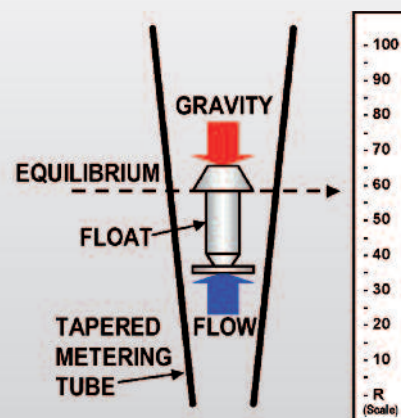


Fig. 14 - Misuratore ad area variabile

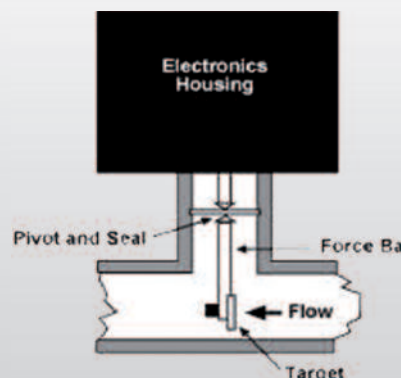


Fig. 15 - Misuratore a bersaglio

Misuratori di portata a spostamento positivo - Sono misuratori di portata volumetrica che consentono di misurare il volume effettivo del fluido che passa attraverso un tubo di misura, senza tenere in considerazione la velocità.

Non sono considerati neppure la velocità del fluido, i diametri interni del tubo e i profili di flusso. La portata volumetrica non è calcolata ma misurata direttamente. Il flussimetro preleva un determinato volume di fluido e lo restituisce al flusso in uscita. La pressione del fluido aziona il meccanismo di riempimento e svuotamento delle camere. Un esempio è quello dei contatori domestici del gas.

Contando i passaggi traslatori o rotatori si ottiene la quantità totale di fluido spostato. Un trasmettitore converte il numero dei passaggi nella portata volumetrica reale. Di seguito sono riportati alcuni esempi di configurazioni

- misuratori, singoli o multipli, a pistoni contrapposti
- misuratori a ingranaggi sincronizzati
- dischi oscillanti montati su una sfera concentrica collocata in camere sferiche con pareti contrapposte
- palette rotanti che creano due o più sezioni sigillate sull'alloggiamento del misuratore.

Questi misuratori possono essere applicati a un ampio ventaglio di fluidi non abrasivi, inclusi i fluidi ad alta viscosità, come olio combustibile, olio lubrificante, additivi per polimeri e inchiostro. La precisione può arrivare fino a +/- 0,1% del valore di fondo scala, con una rangeability di 70:1 o superiore. Non hanno bisogno di essere alimentati e sono in grado di gestire pressioni elevate. Non possono operare con solidi, con aria nei liquidi o con liquidi presenti nei gas. Sono costosi da installare e gestire, data l'elevata presenza di parti in movimento. La caduta di pressione è elevata.

Misurazione diretta della portata massica - Le industrie di processo impiegano due tipi di flussimetri per misurare direttamente la portata massica dei fluidi: i misuratori Coriolis per i liquidi e i gas e i misuratori termici per i gas. La portata massica è importante nei processi chimici, in quanto le reazioni nell'impianto dipendono dai rapporti di massa e non dai rapporti di volume.



Sensyflow FMT500-IG

Misuratori Coriolis - All'inizio dell'800, Gustave-Gaspard Coriolis, un ingegnere e matematico francese, scoprì e descrisse la forza di Coriolis, esercitata su oggetti in movimento (rotazione o oscillazione). I misuratori Coriolis sono gli strumenti di misurazione più versatili ed efficienti. Oltre a misurare la portata massica, sono in grado di rilevare la portata volumetrica in uscita, la portata totale, la densità, la temperatura e la percentuale di concentrazione. Non sono soggetti a profili di portata o viscosità, quindi non richiedono la presenza di lunghi tratti rettilinei a monte e a valle. La portata può essere turbolenta, laminare o una combinazione delle due. Il liquido può essere viscoso o fluido. Inoltre, la massa non è soggetta alle variazioni di temperatura o pressione. La precisione può arrivare a +/- 0,05% del valore di fondo scala. La caduta di pressione è relativamente alta e dipende dalla geometria dei tubi. Le dimensioni disponibili arrivano

fino a 30 cm di diametro. Poiché i gas trasportati possono rappresentare un problema, bisogna sapere se esiste questo rischio e se occorre installare delle valvole di controllo a valle per regolare la pressione all'interno del misuratore ed evitare la formazione di bolle di gas. I misuratori Coriolis possono essere usati anche per la misura di gas o di fluidi multi fase. Sono sensibili alle vibrazioni, ma il problema può essere facilmente ovviato tramite il monitoraggio delle armoniche e l'elaborazione dei segnali. Dato che l'impiego di tubi di flusso rotanti non sarebbe funzionale, i misuratori Coriolis ricorrono all'oscillazione. Il misuratore include un tubo singolo o doppio che viene fatto oscillare di 180° fuori fase allontanando e riavvicinando il fluido rispetto all'asse di oscillazione. La forza di Coriolis sviluppata all'interno del fluido preme contro i tubi elastici producendo torsioni.

Delle bobine di rilevazione con magneti montate in punti strategici del tubo misurano il grado di torsione o distorsione del tubo, che corrisponde alla portata massica. Se la portata è pari a zero, non si sviluppa alcuna forza di Coriolis e i tubi conservano la loro forma normale. Quando il flusso comincia a defluire, le bobine di rilevazione rilevano una differenza di fase proporzionale alla portata massica. La frequenza di risonanza sviluppata dalla bobina di eccitazione dipende dalla massa in oscillazione.

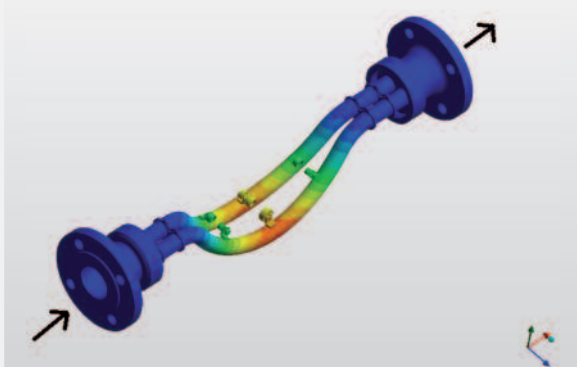


Fig. 16 - Misuratore Coriolis



Fig. 17 - Un misuratore Coriolis di ABB con forma a S



Fig. 18 - Misuratore termico

Dato che la massa e il volume del tubo sono costanti, questa frequenza consente anche di misurare la densità del fluido. La misura della densità del fluido è una funzionalità in più fornita dai misuratori Coriolis. Le applicazioni dei misuratori Coriolis nell'industria chimica includono: misure fiscali; controllo dei processi critici; riempimento e dosaggio; alimentazione dei reattori; miscelazione; carico e scarico. L'elevato livello di precisione rende i misuratori Coriolis ideali per le misure fiscali. La capacità di un solo strumento di misurare una varietà di fluidi diversi fa pensare ad applicazioni quali le operazioni batch e il carico e scarico delle autocisterne. Nelle applicazioni di vendita di prodotti a peso, possono essere utilizzati in sostituzione delle celle di carico per le operazioni di riempimento e dosaggio. Sono infine delle buone soluzioni per il bilanciamento e la miscelazione dei materiali in base al peso.

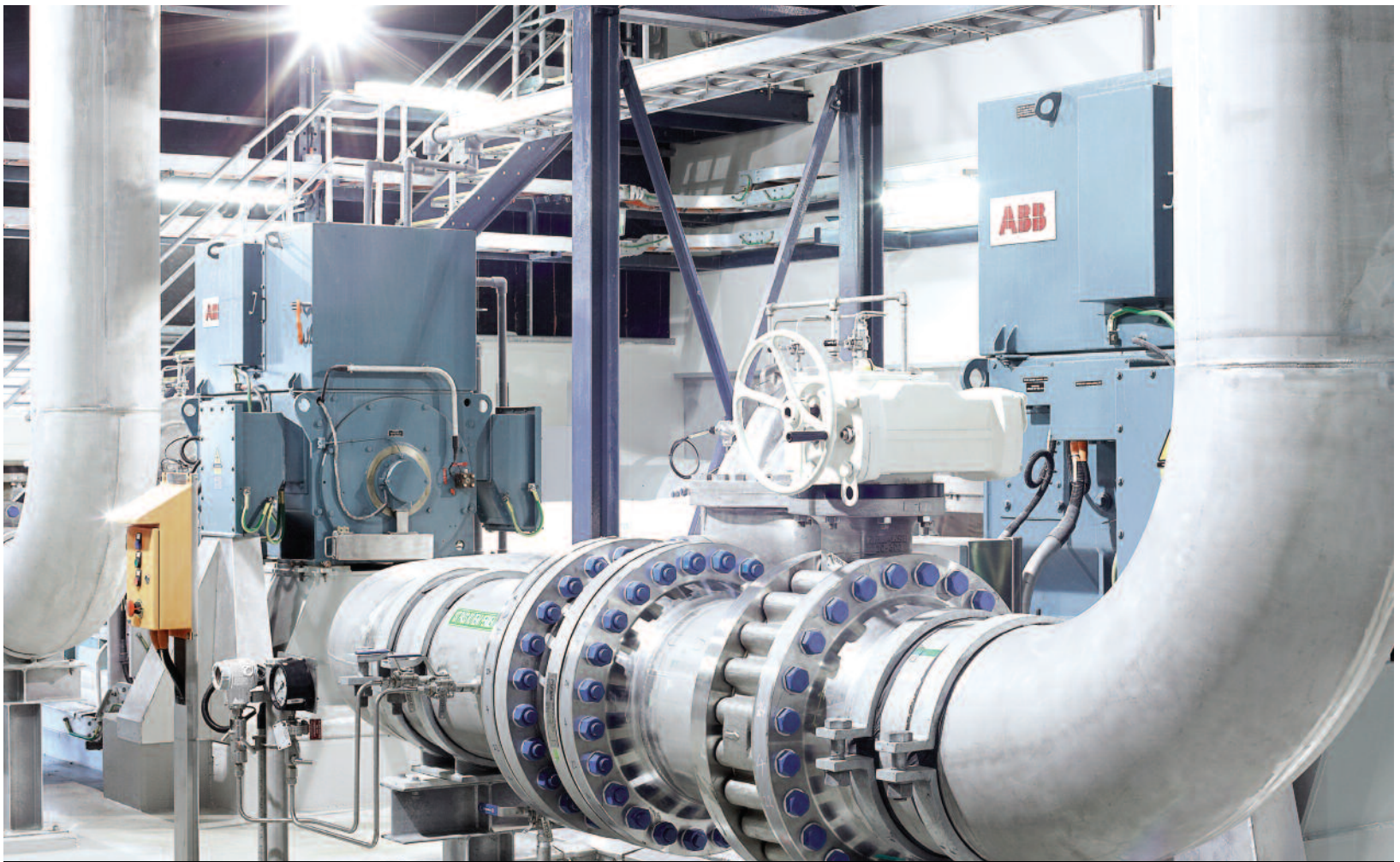
Misuratori di portata massica termici - L'immissione di calore nei fluidi (e in particolare nei gas) è un modo per misurare la portata massica. Il calore dissipato dal flusso utilizzando dei sensori di temperatura consente di misurare la portata massica. I misuratori di portata massica termici non presentano parti in movimento, sono semplici da installare e sono dotati di tubi di flusso relativamente privi di ostruzioni. Dato che misurano la massa, la temperatura e la pressione, non occorrono correzioni. Offrono una misurazione precisa della portata di un'ampia gamma di gas. Dal momento che misurano la portata in un punto del flusso del gas, occorre conoscere il profilo del flusso o applicare un sistema di raddrizzamento/condizionamento del flusso. I produttori di misuratori di portata massica termici utilizzano due diversi metodi per misurare la dissipazione del calore. Entrambi si basano sul principio secondo cui portate massiche elevate producono un maggiore effetto di raffreddamento sui sensori. Il primo è il differenziale di temperatura costante: questa tecnica si avvale di un sensore riscaldato, in genere un termometro a resistenza (RTD) posto a monte rispetto a un altro termometro che misura la temperatura del gas. L'energia necessaria per mantenere la stessa differenza di temperatura tra il sensore riscaldato e quello non riscaldato è una funzione della portata massica. Il secondo metodo si basa sulla corrente costante: in questo caso la corrente elettrica utilizzata per riscaldare il sensore a valle è costante. Il sensore a monte misura la differenza di calore. Qui la portata massica è una funzione della differenza di temperatura tra i due sensori. Le applicazioni includono il controllo delle caldaie, le misurazioni dei biogas, le operazioni con aria compressa, il settore farmaceutico, le applicazioni pneumatiche e le industrie alimentari.

Per ulteriori informazioni: strumentazione.processo@it.abb.com.



Sensyflow FMT400-VTS





Misuratori di portata precisi e affidabili?

Certamente.



La nuova gamma di misuratori di portata ABB con tecnologia a pressione differenziale offre prestazioni ottimali all'insegna della semplicità e della robustezza. L'elemento primario e il trasmettitore di pressione dello strumento sono assemblati in un "corpo unico" che riduce al minimo i potenziali punti di perdita rispetto alle soluzioni tradizionali. La comunicazione dati su reti wireless, la possibilità di configurazione utilizzando la tastiera "Through the glass" (TTG), senza rimuovere il coperchio del trasmettitore e la nuova funzione di diagnostica avanzata PILD (Plugged Impulse Line Diagnostics) integrata nello strumento, ottimizzano le performance e la sicurezza.

Per ulteriori informazioni sulla nuova gamma di misuratori di portata DP compatti visitate: www.abb.it/measurement

ABB SpA
Process Automation Division
Field Instruments and Devices,
Flow Measurement
Tel. 0344 58111
Fax 0344 56278
strumentazione.processo@it.abb.com

Power and productivity
for a better world™

