

QUANDO SI RICHIEDE PRECISIONE

I trasmettitori di pressione compensati mostrano i limiti di ciò che è possibile

Quanto più diventa importante avere accuratezza di misurazione, tanto più i trasmettitori di pressione disponibili sul mercato sono focalizzati su determinate applicazioni. La Keller AG, società per le tecnologie monometriche, ha sviluppato un concetto che elimina i vincoli imposti dalle richieste dell'utente sui compiti di misurazione e apre nuovi gradi di libertà.

La Keller AG, società per le tecnologie manometriche, con sede a Winterthur/Svizzera, era già nella fase di approfondimento dei concetti di compensazione digitale della temperatura quando la tecnologia a microprocessori era ancora allo stadio iniziale, ed è stata tra le prime aziende sul mercato a implementare questi concetti quando iniziò a produrre computer da immersione e manometri digitali. Questo concetto è stato realizzato quasi 10 anni fa nelle Serie 33 X, 35 X e 36 X: misurazioni più rapide e uso di uscite analogiche al posto degli indicatori, e con un campo di temperatura considerevolmente più ampio.

Sensore flottante

Allo stesso tempo le procedure di misurazione elettronica, che stavano diventando sempre più accurate, richiedevano uno sviluppo continuo delle celle di misurazione della pressione a riempimento d'olio, poiché ogni collegamento meccanico tra il sensore di pressione in silicio e un qualsiasi alloggiamento trasmetteva al sensore forze indotte dall'esterno e provocava segnali di misura apparenti. Questo si verifica fino al punto che il momento torcente della chiave per dadi può far sì che il punto zero di trasduttori di pressione realizzati in modo non favorevole si modifichi durante la messa in opera.

Se i materiali dell'attacco di raccordo della pressione e dei beccucci di connessione sono diversi dal materiale del punto di misurazione, durante il funzionamento a causa della differente dilatazione dei materiali si crea una forza dipendente dal processo provocata dai cambiamenti di temperatura.



I trasmettitori compensati digitalmente sono disponibili in molte configurazioni differenti per un ampio campo di applicazioni (sopra raffigurati: Serie 35 X e Serie 33 X)

Perfino con un sensore di silicio flottante, si manifesta ancora la tipica dipendenza dalla temperatura dei segnali di uscita TCN (valore zero del coefficiente di temperatura) e TCE (sensibilità del coefficiente di temperatura), ma questa in tal caso va considerata una proprietà caratteristica del sensore specifico e come tale riproducibile. Idealmente, il circuito di misura a ponte di resistenza del sensore di pressione stesso dovrebbe essere usato come sensore di temperatura. La sua resistenza complessiva è specifica e facilmente misurabile in relazione alla temperatura. Quel che causava notevoli problemi quando i sensori di pressione in silicio erano nella fase iniziale di sviluppo circa 30 anni fa, ora può essere sfruttato in modo vantaggioso.

La non-linearità tipica per il singolo sensore ad una data temperatura può essere riprodotta in maniera estremamente accurata con i più recenti sensori micro-meccanici.

In ogni caso gli effetti sono estremamente dipendenti dalla temperatura. Per questo motivo i trasmettitori di pressione devono essere calibrati su molti livelli di temperatura, e il modo più semplice di rappresentare le possibili deviazioni di misura è quello di utilizzare una superficie individuata dalle coordinate di pressione e di temperatura.

La riproducibilità come base

I dati riproducibili per la temperatura e per la pressione costituiscono la base della compensazione polinomiale, la quale può essere calcolata usando un microprocessore. Ogni misurazione prodotta dal trasmettitore di pressione è calcolata matematicamente con riferimento ai dati dei punti di sostegno determinati durante la calibratura effettuata in fabbrica. E' stato dimostrato che il modo migliore di correggere le deviazioni dipendenti dal sensore e dalla temperatura è quello di utilizzare il seguente polinomio di terzo ordine:

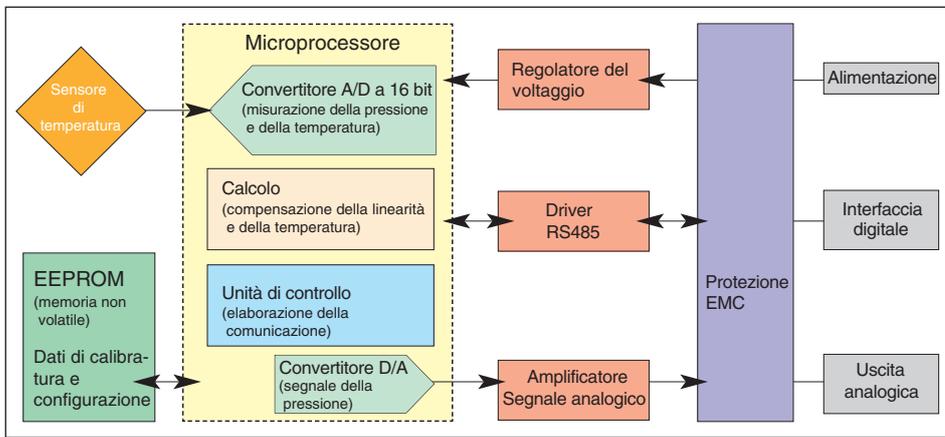


Diagramma a blocchi del trasmettitore di pressione compensato. Oltre alla compensazione digitale tramite microprocessore, il disaccoppiamento elettrico tra il segnale di misurazione e il segnale in uscita in particolare offre vantaggi di applicazione completamente nuovi.

$$P(S,T) = A(T) \cdot S^0 + B(T) \cdot S^1 + C(T) \cdot S^2 + D(T) \cdot S^3$$

Tutta la parametrizzazione che volete

I coefficienti dipendenti dalla temperatura $A(T) \dots D(T)$ sono calcolati allo stesso modo attraverso un polinomio di terzo ordine. Durante il funzionamento, i segnali analogici provenienti dal sensore di pressione e di temperatura sono resi disponibili per il microprocessore attraverso un commutatore A/D a 16 bit. Il microprocessore quindi calcola i valori rilevanti per i coefficienti di compensazione utilizzando la matrice dei dati di calibrazione memorizzata in una memoria EEPROM, e infine calcola i valori esatti della pressione utilizzando l'equazione sopra indicata. Un intervallo di misurazione di circa 2 ms significa che questi calcoli vengono eseguiti almeno 400 volte al secondo.

La chiave per la parametrizzazione specifica in base all'applicazione è costituita dall'interfaccia RS485. Attraverso questa interfaccia si possono stabilire informazioni di base quali il numero seriale o lo stato alla consegna del campo di misurazione della pressione e della temperatura. I valori correnti di misurazione della pressione si possono esprimere in diverse unità di misura. Se il trasmettitore è usato per registrare variabili di processo derivate e dipendenti dalla pressione, queste si possono esprimere in modo matematicamente corretto. Tra esse sono compresi il tasso di flusso (calo di pressione in corrispondenza di un'apertura), il livello di riempimento o il livello idrico (pressione alla base

Il segnale analogico in uscita appartenente a ogni misurazione viene generato in modo completamente flessibile, corrispondente alla parametrizzazione effettuata dall'utente utilizzando commutatori D/A e successivi amplificatori di uscita. Sono disponibili 0...10 V oppure 4...20 mA (tecnica a 2 conduttori) come uscita standard, la quale è protetta dall'inversione di polarità e dal corto circuito, così come l'interfaccia digitale RS485. Si può effettuare una graduazione indipendente su ampi campi di misura generando il segnale in uscita proveniente dai valori calcolati nel microprocessore. Una riduzione per un fattore pari a 10, ovvero la libera assegnazione del punto zero e del punto finale del segnale in uscita ad un valore iniziale e ad un valore finale di misurazione, oppure curve caratteristiche specifiche per le applicazioni (ad esempio il livello di riempimento in serbatoi orizzontali), sono altrettanto realizzabili quanto un segnale in uscita interamente invertito.

di un serbatoio o in sonde di rilevazione ad una determinata profondità), la differenza di pressione (differenza di pressione rilevata usando due celle di misurazione) oppure la densità dei gas (pressione ad un dato volume). Per poter utilizzare il trasmettitore in modo ottimale in processi controllati, è disponibile un filtro passabasso regolabile digitalmente che permette di reprimere i picchi di breve durata.

L'interfaccia digitale funziona con un protocollo aperto Master / Slave nel quale la trasmissione dei dati è salvaguardata da una somma di controllo CRC16. E' possibile interrogare in serie fino a 128 trasmettitori durante il funzionamento bus. Per raccogliere i dati di misura sotto forma di un grafico è disponibile un opportuno software gratuito, come anche una DLL e un driver per LabView, al fine di semplificare l'integrazione in altre applicazioni.

Cosa significa precisione?

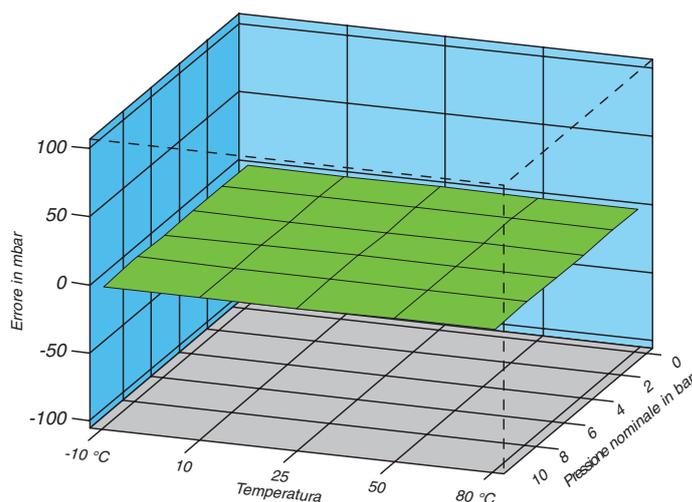
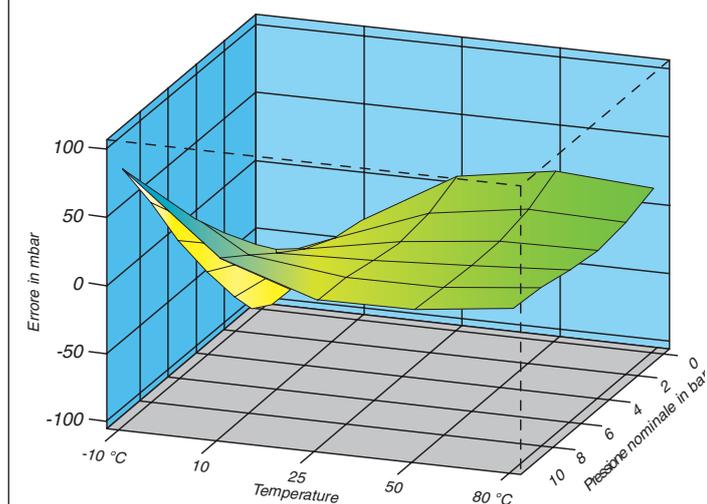
Questo articolo descrive le proprietà di una serie di trasmettitori di pressione ad elevata precisione. Gli standard primari disponibili nei laboratori di riferimento nazionali per i valori di misurazione della pressione (scale di pressione) forniscono un'incertezza della misura ("accuratezza") inferiore al $\pm 0,01\%$. Nei dispositivi di calibrazione nella produzione industriale di trasmettitori di pressione potete trovare normalmente standard primari rintracciabili e automatici



Series 36 X W

Trasmittitore standard a 10 bar da -10...80 °C

Trasmittitore compensato digitalmente Serie 30, a 10 bar



La visualizzazione in 3D dell'errore di misura di un trasmettitore standard e di un trasmettitore compensato digitalmente mostra in modo chiaro la soppressione nettamente migliorata degli influssi della temperatura.

con un'incertezza di misura pari a $\pm 0,025\%$. Questi forniscono i valori di riferimento per calibrare i sensori di pressione. Queste informazioni percentuali si riferiscono ai rispettivi punti di misurazione della pressione e determinano la deviazione statistica di misure ripetute in corrispondenza di un determinato valore della pressione. A meno che non sia diversamente indicato in modo specifico, la fascia di tolleranza dell'errore dei trasmettitori di pressione si riferisce al rispettivo valore terminale del campo di misura (FS = scala naturale). Alcuni produttori specificano separatamente gli errori di non-linearità, gli errori di isteresi e gli errori aggiuntivi provocati dalle variazioni di temperatura. A tutela dell'affidabilità, la Keller AG utilizza il metodo della fascia di errore (totale) per un campo di temperatura specificato per i trasmettitori di pressione compensati digitalmente. Nel campo di temperatura compreso tra $+10\text{ °C} \dots +40\text{ °C}$ l'incertezza di misura massima (condizioni statiche per temperatura e pressione) è compresa all'interno di $\pm 0,05\% \text{FS}$. L'enorme salto qualitativo che risulta dalla compensazione digitale è particolarmente evidente nel basso valore di divergenza della fascia di errore, pari allo $\pm 0,01\% \text{FS}$ con un'espansione del campo compensato di temperatura da $-10\text{ °C} \dots +80\text{ °C}$, vale a dire da $\Delta T = 30\text{ K}$ a da $\Delta T = 90\text{ K}$.

Trasmittitori digitali – processi ottimizzati

Esistono molte applicazioni per la produzione di misure accurate della pressione. Un tipico impiego a questo riguardo è quello delle misurazioni di livelli per le aziende di

forniture idriche allo scopo di monitorare il livello della falda freatica o per governare le pompe. In questo caso è possibile graduare con esattezza il trasmettitore digitale di pressione in modo corrispondente alle necessità della postazione di misurazione. Si può realizzare un'espansione del campo di misurazione fino al fattore di $\times 10$ con la temperatura ambientale comparativamente costante.

Nell'ingegneria dei procedimenti chimici è richiesta un'elevata precisione su diverse postazioni di misurazione al fine di ottenere un esatto controllo del processo. Particolarmente nell'industria alimentare si richiede un grado elevato di accuratezza termica ripetuta, vale a dire valori di misurazione attendibili dopo l'esecuzione di cicli di pulitura. Una speciale testina di misurazione senza interstizi è già disponibile per la produzione di generi alimentari.

L'accuratezza di trasmettitori di pressione compensati digitalmente è oggetto di domanda anche nei banchi prova di motori e di meccanismi di trasmissione. Le estreme oscillazioni di temperatura in prossimità dei banchi di prova sono compensate in maniera ottimale e con 400 misurazioni al secondo i trasmettitori generalmente superano di gran lunga la dinamica richiesta.

Misurando la pressione e la temperatura in uno stesso punto nel sensore di temperatura, i trasmettitori di pressione compensati digitalmente diventano adatti a misurare la densità dei gas, come ad esempio negli interruttori per alte tensioni, i quali sono riempiti di esafluoruro di zolfo al fine di prevenire archi voltaici. I trasmettitori sono utilizzati anche nelle bombole di ossigeno,

ad esempio, per misurare il livello di riempimento.

Il microprocessore integrato con interfaccia digitale e quindi con accesso ai parametri del segnale in uscita (rappresentazione delle misurazioni in base ai valori del segnale) apre la via a settori applicativi del tutto differenti. Tra questi rientrano le misurazioni del livello di riempimento in serbatoi dalla forma irregolare e la relativa rappresentazione in vere misure di quantità (ad esempio in litri) invece che in livelli di riempimento. Inoltre è possibile visualizzare direttamente il tasso di flusso di massa attraverso il calo di pressione in un tubo di Venturi utilizzando la funzione radice e un collegamento a un secondo trasmettitore di pressione.

Riassunto

La compensazione digitale degli errori di misura influenzati meccanicamente e termicamente conduce a proprietà di misurazione estremamente valide, unitamente a un progetto meccanico ottimizzato. I sensori con stabilità di lungo periodo estremamente valida e un sensore di temperatura integrato sono il presupposto per la precisione. Il disaccoppiamento, per così dire, del segnale in uscita dal segnale di misurazione attraverso l'utilizzo di un microprocessore crea nuovi spazi liberi per la rappresentazione di curve caratteristiche o di grandezze di misura per specifiche applicazioni. I trasmettitori di pressione qui presentati costituiscono un salto quantico nella qualità di misurazione per molte applicazioni.

Autore: Bernhard Vetterli, dottore in Ingegneria Elettronica