

DESCRIZIONE SOMMARIA DELLE NUOVE MODALITA' DI CALCOLO BETACAP30

PREMESSA :

E' noto che il flusso di un fluido in un condotto a sezione cilindrica, in condizioni laminari, è calcolabile applicando la legge di Hagen-Poiseuille

$$Q_{in} = \frac{\pi * R^4 * dP}{8 * L * \eta}$$

nella quale, R e L sono raggio interno e lunghezza del capillare. dP è la pressione applicata alle estremità del capillare e η è la viscosità del gas o miscela che scorre nel capillare.

La portata rappresentata dalla formula sopra indicata è espressa in unità di volume su tempo ed è relativa al punto di ingresso del fluido : la portata in uscita, sarà in accordo alla legge principale su i gas, $P_{in} * V_{in} = P_{out} * V_{out}$ dove gli indici sono "in" per i valori in entrata nel capillare e "out" per i valori in uscita. Non si è considerato l'effetto della temperatura, perchè le temperature in entrata sono pari alla temperatura ambiente e le due uscite sono miscelate e tornano rapidamente a temperatura ambiente.

$$Q_{out} = \frac{dV}{dT} = \frac{\pi * R^4 * dP}{8 * L * \eta} * \frac{dP + P_{out}}{P_{out}}$$

Il rapporto di diluizione in un diluitore è :

$$K_{dil.} = \frac{\text{Portata gas da diluire}}{\text{Portata gas da diluire} + \text{Portata gas diluente}}$$

Attribuendo l'indice 1 ai parametri del gas da diluire e l'indice 0 ai parametri del gas diluente, uniamo le due formule sostituendo le portate con il numero di capillari interessati per la portata su un unico capillare (si considera un diluitore a 30 capillari, N dei quali sono interessati dal gas da diluire)

$$K_{dil.} = \frac{N * \frac{\pi * R^4 * dP_1}{8 * L * \eta_1} * \frac{dP_1 + P_{out}}{P_{out}}}{N * \frac{\pi * R^4 * dP_1}{8 * L * \eta_1} * \frac{dP_1 + P_{out}}{P_{out}} + (30 - N) * \frac{\pi * R^4 * dP_0}{8 * L * \eta_0} * \frac{dP_0 + P_{out}}{P_{out}}}$$

Dalla quale possono essere semplificati i parametri identici (nota : tutti i capillari hanno uguale R e L)

$$K_{dil.} = \frac{N * \frac{dP_1 * (dP_1 + P_{out})}{\eta_1}}{N * \frac{dP_1 * (dP_1 + P_{out})}{\eta_1} + (30 - N) * \frac{dP_0 * (dP_0 + P_{out})}{\eta_0}}$$

I calcoli che seguono sono resi possibili dalla funzione di regolazione delle pressioni, ed in particolare dalla possibilità di impostare setpoint calcolati. La manipolazione dei valori dP1 e dP0 è finalizzata ad operare le seguenti correzioni o compensazioni :

- Compensazione dell'effetto dovuto a viscosità diverse (del gas da diluire rispetto al gas diluente)
- Correzione delle deviazioni indicate dal certificato metrologico
- Impostazione di uno specifico valore di concentrazione nella miscela diluita, ottenibile anche fuori dai 30 "passi" discreti.

Be.T.A. Strumentazione S.r.L.

Sede operativa : 28071 Borgolavezzaro (No) - via 4 Novembre, 8 - Tel : 0321 887 712 - Fax : 0321 885 529
 Sede legale : 27036 Mortara (Pv) - via L.Goia,16 - Capitale sociale: 12.000 Euro i.v. - C.F/P.IVA n° 01926350180
 Iscr. c/o CCIAA di Pavia R.E.A. n° 231667 e R.I. di Pavia. (tutta la corrispondenza va inviata alla sede operativa)

Vedremo come generalmente si opererà sbilanciando opportunamente la pressione dP_1 applicata ai capillari interessati dal gas da diluire, rispetto alla pressione dP_0 applicata ai capillari interessati dal gas diluente, in accordo ai calcoli che seguono.

CALCOLI INIZIALI

Il diluente BetaCAP30 è dotato di due menù operativi :

- a) richiesta di un fattore di diluizione
- b) richiesta di una concentrazione nel gas diluito

Per definire una sola procedura di calcolo, si parte in entrambi i casi da una richiesta di K_{dil} , che nel caso a) è direttamente inserito dall'utente, mentre nel caso b) è calcolato dalla :

$$C_{dil} = C_{Bs} * K_{dil} + C_{Bz} * (1 - K_{dil}.)$$

dove C_{dil} è la concentrazione richiesta, C_{Bs} la concentrazione del componente C nella bombola da diluire e C_{Bz} la concentrazione dello stesso componente nella bombola diluente (generalmente $C_{Bz}=0$). In caso di discordanza delle unità di misura, le unità usate per le concentrazioni di bombola, vengono convertite nella stessa unità di misura usata per il valore di concentrazione richiesto in uscita.

COMPENSAZIONE GROSSOLANA DELLE VISCOSITA'

Per quanto, nelle applicazioni più frequenti in campo ambientale, le correzioni richieste siano di modesta entità, in generale possono essere richieste correzioni importanti : la viscosità dei diversi composti fluidi che abbiamo considerato, vanno da un minimo intorno a 73 μ Poise (C_4H_{10}) ad un massimo intorno a 310 μ Poise (Ne) : sarebbe quindi possibile dover applicare sbilanciamenti di pressione esagerati quando una miscela a bassa viscosità fosse da diluire in un gas o miscela ad alta viscosità, o viceversa.

Ciò non è desiderabile sia per motivi operativi (limite massimo delle pressioni applicabili) che per motivi metrologici :

- a) abbiamo applicato una legge per i gas "ideali" che si discosta dal funzionamento dei gas reali e l'effetto di ciò sulla diluizione cresce quanto più sono diverse le pressioni applicate.
- b) il moto laminare "puro" è solo una semplificazione : nella realtà la portata in entrata a un capillare non è perfettamente lineare con la pressione differenziale applicata. Applicando pressioni uguali questo fatto non ha conseguenze, che invece crescono al crescere della differenza tra le pressioni applicate.

Viene quindi ricercato il valore di N (decimale) che compensa lo sbilanciamento delle viscosità senza necessità di sbilanciare le pressioni. In pratica si attribuisce uno o più capillari aggiuntivi al gas più viscoso. Si assumono quindi uguali dP_1 e dP_0 e dall'equazione semplificata che ne deriva

$$K_{dil} = \frac{\frac{Nd}{\eta_1}}{\frac{Nd}{\eta_1} + \frac{(30 - Nd)}{\eta_0}}$$

si calcola il valore di N (decimale), che chiameremo N_d .

Viene anche ricalcolato il valore intero di N (i capillari non si spezzano) approssimando N_d all'intero più vicino, che viene anche condizionato, escludendo i valori $N_i=0$ (forzato a 1) e $N_i=30$ (forzato a 29) se il valore di N_d è diverso da zero e da 30

La correzione residua (quella fine) della compensazione delle viscosità viene realizzata nella prossima operazione, che include tutte e tre le funzioni di correzione/compensazione già citate.

COMPENSAZIONE FINE DELLE VISCOSITA' E CORREZIONE DEGLI ERRORI CERTIFICATI

Va premesso che gli errori certificati sono relativi ai singoli gruppi di capillari ed hanno un effetto che si combina in funzione di come sono ripartiti i capillari per realizzare la diluizione.

Per ogni valore di Ni viene calcolata la diluizione effettiva, come rapporto tra la somma delle portate (misure dell'Ente certificante) sui gruppi di capillari interessati dal gas diluendo e la somma delle portate misurate su tutti e 5 i gruppi di capillari.

Viene inoltre calcolato il rapporto tra la diluizione teorica (=N/30) e la diluizione effettiva : moltiplicando tale rapporto, per il valore di diluizione richiesto, i valori calcolati di pressione dP1 e dP0 indurranno una deviazione inversa rispetto alla deviazione certificata, che viene quindi neutralizzata dalla deviazione "intrinseca" nel diluitore (certificata)

$$K_{dil.} * \frac{K_{dil. teor.}}{K_{dil. cert.}} = \frac{N_i * \frac{dP_1 * (dP_1 + P_o)}{\eta_1}}{N_i * \frac{dP_1 * (dP_1 + P_o)}{\eta_1} + (30 - N_i) \frac{dP_0 * (dP_0 + P_o)}{\eta_0}}$$

Fissando un valore di dP1 o di dP0 per calcolare il secondo valore di pressione, si otterrebbero flussi in uscita variabili in funzione dello sbilanciamento tra le due pressioni applicate, e ciò non è desiderabile.

Si considera quindi una seconda equazione, che impone la costanza dei flussi :

$$\frac{N_i * dP_1 * (dP_1 + P_o)}{\eta_1} + \frac{(30 - N_i) * dP_0 * (dP_0 + P_o)}{\eta_0} = \frac{30 * spP0 * (spP0 + dP_0)}{\eta_0}$$

nella quale spP0 è un set point che l'utente gestisce per ottenere il flusso di uscita voluto.

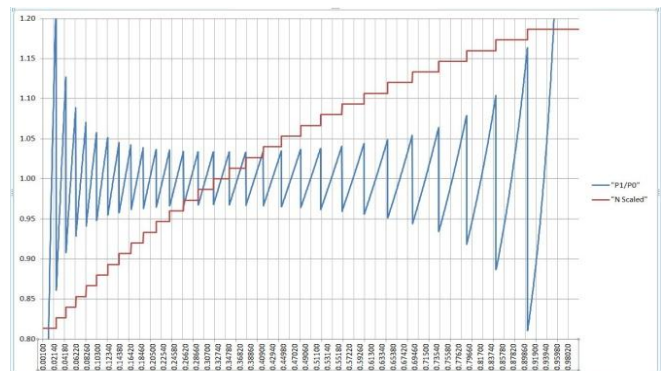
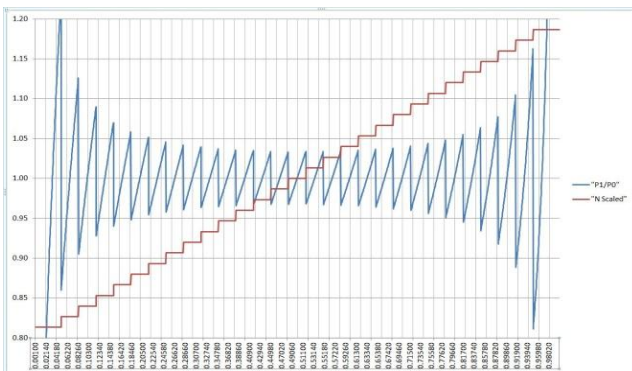
Dal sistema delle due ultime equazioni di secondo grado, si ricavano (per il valore di Ni utilizzato) dP1 e dP0 : le pressioni da applicare ai capi dei capillari (i set per le due regolazioni differenziali).

I risultati del calcolo sono rappresentati graficamente nei due casi :

- il grafico di sinistra si riferisce al caso di viscosità uguali per TG1 e TG0 ($\eta_1 = \eta_0$)
- il grafico di destra si riferisce al caso di viscosità notevolmente diverse ($\eta_1 = 2 * \eta_0$)

(il valore di N è stato scalato per stare nello stesso ambito di P1/P2. Mantenendo fissi gli estremi (N=0 e N=30), i valori intermedi crescono al crescere del rapporto η_1 / η_0)

S noti come il rapporto P1/P0 si mantiene vicino al valore unitario : in assenza della correzione sul valore N, tutto il grafico P1/P0 si sarebbe allontanato fortemente dall'asse P1/P0=1.



Infine viene applicato un aggiustamento empirico per correggere gli errori dovuti agli effetti già descritti dovuti alla "realtà" dei gas, che sono stati fino ad ora considerati "ideali" e del moto "quasi" laminare.

Il diluitore viene predisposto collegando in ingresso i due gas (gas da diluire e gas diluente), mentre un analizzatore idoneo misura la concentrazione di un componente nel gas diluito. Non serve che l'analizzatore sia calibrato, ma è richiesta una buona ripetibilità.

Dopo aver calibrato le pressioni, vengono presi in considerazione due rapporti di diluizione discreta adiacenti (es.: 13/30 e 14/30 punti rossi).

I valori di concentrazione attesi sono : $C1d=Cb*13/30$ e $C2d=Cb*14/30$.

Si individua il valore mediano : $Cm=C1d+(C2d-C1d)/2$ e lo si imposta come concentrazione richiesta nel menù operativo "richiedi concentrazione": (il diluitore indicherà di aver attuato il rapporto 13/30).

Si rileva dall'analizzatore la prima misura di concentrazione $Cma1$.

Si aumenta la concentrazione richiesta incrementando di una unità la cifra meno significativa (il diluitore indicherà di aver attuato il rapporto 14/30) e si legge la misura $Cma2$.

Le due concentrazioni $Cma1$ e $Cma2$ (punti verdi) dovrebbero essere quasi uguali : la differenza tra i due valori richiesti è inferiore a 1 millesimo, ma in realtà, un valore è ottenuto attivando 13 capillari e deviato (+0,5/30) applicando un rapporto calcolato $dP1/dP0 > 1$, mentre l'altro è ottenuto attivando 14 capillari e deviato (-0,5/30) applicando un rapporto calcolato $dP1/dP0 < 1$. In assenza di ulteriore correzione, $Cma1$ è minore di $Cma2$.

Per far coincidere i due valori e quindi aumentare l'accuratezza di tutti i calcoli, la funzione empirica ha l'effetto di esaltare la differenza assoluta $|dP1-dP0|$ in modo proporzionale alla stessa differenza, sulla base del parametro configurabile "C" : incrementando C, $Cma1$ si avvicina a $Cma2$ e continuando a incrementare $Cma1$ supera $Cma2$. Ovviamente il valore ottimale si ottiene quando $Cma1$ è molto vicino a $Cma2$.

Questa ottimizzazione viene verificata individualmente su ogni diluitore, essendo legata alle dimensioni dei capillari. Per evitare manomissioni indesiderate, il valore di "C" (che è nell'ordine di 0,0005) è accessibile solo con attivazione di chiave hardware.

