SENZOR PENTRU DEBIT – ROTAMETRU

1. Principiul de funcționare

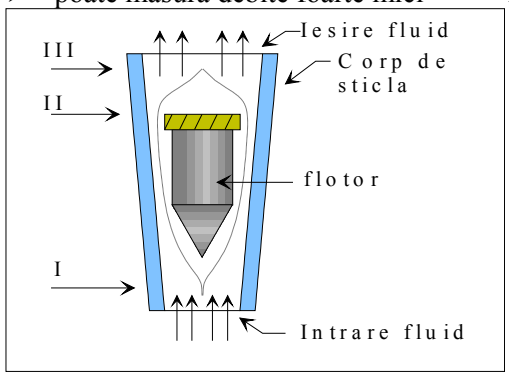
Rotametrele sunt aparate utilizate pentru măsurarea debitului lichidelor şi gazelor pe baza deplasării unui plutitor în interiorul unui tub tronconic gradat, dispus vertical cu secțiunea mică jos, prin care circulă fluidul de măsurat. Rotametrul este un debitmetru cu diferență constantă de presiune şi plutitor rotativ. Se utilizează mult în medicină, laboratoare, industria alimentară, dar în special în industria petrochimică şi oriunde trebuie controlate continuu debitele de lichide sau gaze.

Avantaje.

- construcție simplă şi ieftină
- cădere de presiune mică
- utilizabil cu lichide şi gaze agresive
- poate măsura debite foarte mici

Dezavantaje.

- nu suportă presiuni şi temperaturi ridicate, fragile (cele din sticlă)
- contraindicate pentru debite mari.



Componentele rotametrului sunt tubul tronconic şi plutitorul (flotorul, imersorul).

Tubul tronconic, dispus vertical, are conicitatea "$(D_{max} - D_{min})/L$" =1/100 (∠35') de obicei, ajungând la 1/10 (∠5° 36') în anumite cazuri. Se construieşte din sticlă, la tipul de bază al rotametrelor unde plutitorul este vizibil, sau din metal la aparatele cu plutitor cu prelungitor sau cu transmiterea indicațiilor la distanță. Limitele maxime de presiune şi temperatură (la rotametrele cu tubul din sticlă) sunt până la 5 kgf/cm^2 (5.10^{5}N/m^2) şi 100^{0}C. Tuburile metalice pot fi proiectate să reziste la orice valoare uzuală a presiunii şi temperaturii. Procesul de fabricație a fost îmbunătățit substanțial şi astfel s-au obținut tuburi interschimbabile a căror diametre interioare sunt în toleranțe de ±0,1%.

Putitorul se află în interiorul tubului, având o formă cilindrică sau reprezentând o îmbinare de mai multe tronsoane de formă cilindrică de diferite diametre. Diametrul maxim al plutitorului trebuie să fie mai mic decât diametrul interior al tubului, deoarece el trebuie să se deplaseze liber pe toată înălțimea tubului. Forma şi materialul plutitorului se aleg în funcție de proprietățile mediului măsurat şi valorile de debit pe care trebuie să le indice aparatul. Greutatea plutitorului (materialul din care este construit) determină limita superioară de măsurare a aparatului. Materialul din care se construieşte plutitorul trebuie să reziste împotriva coroziunii fluidului al cărui debit se măsoară putând fi: oțel inoxidabil, plumb, aluminiu, bronz, ebonită, masă plastică etc. Ele se pot executa pline sau goale în interior, pentru eventualele modificări ulterioare ale masei. Cele mai răspândite forme de plutitoare sunt:

- *plutitorul normal* (plin sau gol în interior) este des întâlnit la rotametrele cu tub din sticlă;
- *plutitorul ajutaj* se foloseşte atunci când fluidul al cărui debit se măsoară are o curgere în regim turbulent sau cantitatea de fluid care trebuie să treacă prin tub este prea mare față de secțiunea de trecere pe care o oferă spațiul liber dintre plutitor şi tub;
- *plutitorul cu fascicul dublu* se utilizează în fluidele ce au o curgere în regim turbulent, având calitatea că revin pe axa de simetrie aproape imediat după abatere;
- *plutitorul combinat* este o combinație între plutitorul ajutaj şi cel cu fascicul dublu.

Plutitoarele pot avea în partea superioară nişte fante (şanțuri) care le imprimă o mişcare de rotație ce le menține pe axa de simetrie a tubului. Rotația are ca efect plasarea plutitorului în centrul curentului şi astfel nu atinge peretele tubului. Dirijarea plutitoarelor grele se face printr-o tijă de ghidare dispusă în mijlocul tubului, la rotametrele mari.

La trecerea fluidului prin dispozitiv plutitorul se ridică la înălțimea la care se egalează forța de greutate a plutitorului (ρgV), orientată în jos, cu suma dintre forța arhimedică (ρ'gV) şi forța cu care fluidul antrenează plutitorul (kρ'Sv^n):

$$\rho \cdot g \cdot V = \rho' \cdot g \cdot V + k \cdot \rho' \cdot S \cdot v^n \qquad (1)$$

unde: ρ – densitatea plutitorului,
ρ' – densitatea fluidului,
V – volumul plutitorului,
S – secțiunea plutitorului transversală direcției de curgere,
k – coeficientul aerodinamic al plutitorului,
v – viteza de curgere a fluidului prin secțiunea inelară,

n – exponent al vitezei din forța de antrenare.
Exponentul vitezei din forța de antrenare este "1" pentru viteze mici (antrenare datorită vâscozității), mai precis număr Reynolds Re<10 ($Re=2\rho' vr/\mu$, cu μ vâscozitatea fluidului şi r raza secțiunii plutitorului). La numere Re>1000 curgerea este turbulentă şi exponentul vitezei este "2" (antrenare datorită presiunii dinamice). Relația (1) permite aflarea vitezei ca:

$$v^n = gV(\rho/\rho' - 1)/(kS) \qquad (2)$$

Luând n=2, debitul volumic prin secțiunea inelară S_i va fi:

$$Q=S_i\, v = S_i\, [gV/(kS)]^{1/2}\, (\rho/\rho' - 1)^{1/2} \qquad (3)$$

Tangenta unghiului de conicitate este:

$$tg\alpha=(D_{max} - D_{min})/(2L)=(D_i - D_{min})/(2h) \qquad (4)$$

unde h − este înălțimea la care urcă plutitorul,
D − diametrul secțiunilor maxime şi minime ale tubului, iar
L − lungimea tubului.

Se găseşte pentru secțiunea inelară $S_i = (\pi/4)(D_i^2 - D_{min}^2)$ relația:

$$S_i = (h\cdot\pi\cdot tg\alpha)\cdot(D_{min}+h\, tg\alpha) \cong h\cdot\pi\cdot D_{min}\cdot tg\alpha \qquad (5)$$

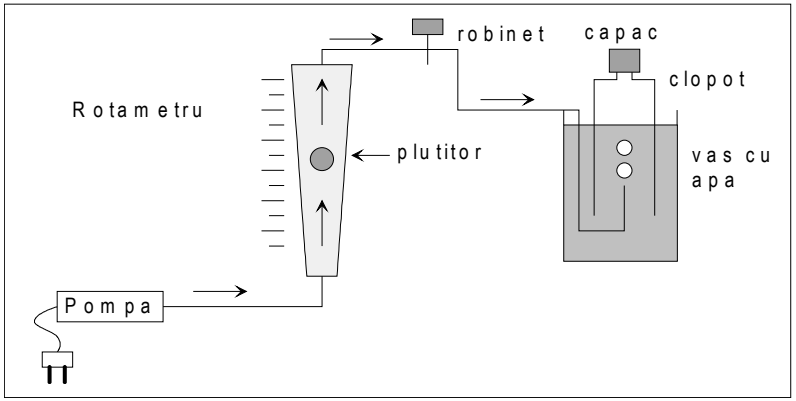
Debitul volumic va fi atunci:

$$Q = h\cdot C\cdot(\rho/\rho' - 1)^{1/2} \qquad (6)$$

unde C este o constantă ce include toate detaliile constructive. În acest fel se asigură o corelație clară între debitul instantaneu al fluidului de măsurat Q şi înălțimea la care se ridică imersorul "h".

2. Dispozitivul experimental

Dispozitivul experimental constă dintr-o pompă vibratoare care furnizează aer către rotametru. Debitul poate fi reglat prin intermediul robinetului cu ac ataşat rotametrului. Gazul este colectat sub apă de un clopot mobil care ne dă posibilitatea să etalonăm sistemul.



3. Modul de lucru

1. Se conectează pompa, rotametrul şi vasul cu apă prin intremediul tuburilor de plastic.
2. Se alimentează pompa şi se verifică etanşeitatea conexiunilor.
3. Se reglează debitul cu robinetul ac până când flotorul rotametrului ajunge la diviziunea dorită.
4. Se pune capacul pe clopotul mobil şi se porneşte cronometrul.
5. Se opreşte cronometrul când clopotul a ajuns în poziția de sus, corespunzătoare volumului fix de gaz măsurat. Se notează timpul.
6. Deşurubând capacul, clopotul revine la poziția de jos, inițială.
7. Se reiau procedurile de la punctul 3 pentru un alt debit. Se fac astfel 5 – 7 determinări pentru diviziuni egal depărtate.

4. Analiza rezultatelor

Cu timpii măsurați se calculează debitul volumic ştiind volumul clopotului mobil (400 ml = 400 cm^3): ➔ $Q_V = V/t$
Se reprezintă grafic debitul volumic în funcție de înălțimea la care s-a poziționat flotorul.

5. Rezultate experimentale

Nr. crt.	h (div.)	t (s)	Q_V (cm^3 / s)