

# MĂSURAREA DEBITULUI ȘI A NIVELULUI

## Scopul lucrării

Această lucrare are ca scop familiarizarea studenților cu metodele de monitorizarea a debitului și a nivelului în sistemele industriale de automatizare și control.

Pe parcursul laboratorului vor fi prezentate mai multe traductoare de debit și nivel, considerațiile teoretice fiind strâns legate de experimentele care urmează să fie realizate și de metodele de măsurare aplicate.

## Considerații teoretice

### 1. Măsurarea debitului

Debitmetrul cu palete, care este încorporat în sistemul de control al lichidului, ne permite să realizăm o măsurare indirectă a debitului volumic. Spunem că avem o măsurare indirectă datorită faptului că acest traductor generează la ieșire o tensiune,  $U_{\text{CFlowRate}}$ , proporțională cu viteza de curgere a lichidului prin conducta în care este inclus. În cazul de față, viteza de rotație a paletelor traductorului va fi proporțională cu debitul pe care îl calculăm cu ajutorul relației (1):

$$Q = \frac{V}{t} \quad (1)$$

unde: -  $Q$  – debitul volumic,

-  $V$  – volumul lichidului care trece prin debitmetru,

-  $t$  – timpul în care trece volumul  $V$  de lichid prin debitmetru.

### 2. Măsurarea nivelului

#### *A. Măsurarea nivelului cu tub imersabil*

În sistemele automate de control al nivelului trebuie realizată conversia acestei mărimi neelectrice într-o mărime electrică.

Este bine cunoscut faptul că presiunea exercitată asupra părți inferioare a recipientului în care se află un lichid este proporțională cu înălțimea coloanei acestuia. Datorită acestui fapt, măsurarea acestei presiuni este o metoda viabilă pentru măsurarea nivelului. Ținând cont de faptul că presiunea în partea inferioară a recipientului este rezultatul compunerii presiunii atmosferice și a presiunii coloanei de lichid, acesta va fi măsurată cu ajutorul unui tub imersat în lichid și un traductor de presiune diferențial.

Presiunea coloanei de lichid se calculează cu relația:

$$p = \rho \cdot g \cdot h \quad (2)$$

unde: -  $\rho$  – densitatea lichidului (în cazul de față  $1000\text{kg/m}^3$ );

-  $g$  – constanta gravitațională;

-  $h$  – înălțimea coloanei de lichid.

Deoarece aerul din sistemul cu traductor de presiune diferențial este compresibil, lichidul se ridică în tubul imersat până la atingerea echilibrului de presiune. Cu cât înălțimea coloanei de lichid  $h$  este mai mare, cu atât apa pătrunde mai mult în tubul imersat.

Dacă se calculează nivelul de lichid sau înălțimea  $h$  pe baza presiunii măsurate cu ajutorul ecuației (2), fără a se lua în considerare fenomenul menționat anterior, apare o diferență de nivel  $\Delta h$  considerată ca fiind eroare de măsurare, deoarece echilibrul de presiune a fost stabilit pentru înălțimea coloanei de lichid  $h - \Delta h$ .

Eroarea de măsurare poate fi calculată cu ecuația (3):

$$\Delta h = \frac{1}{1 + \frac{L}{l_0}} \cdot h \quad (3)$$

unde: -  $L = \frac{p_0}{\rho \cdot g}$  - variabila auxiliară (corespunde unei presiuni de 1013 mbar);

- $l_0$  - lungimea totală a conductelor de legătură ( $\approx 1,5\text{m}$ );
- $\rho$  - densitatea lichidului;
- $p_0$  - presiunea atmosferică;
- $g$  - constanta gravitațională.

### **Desfășurarea lucrării**

#### **Aparatura utilizată**

##### 1. Stand de laborator pentru măsurarea debitului și a nivelului

- a. Sursă de alimentare  $\pm 15\text{V}$ , 3A (726 86)
- b. Generator de tensiune variabilă (734 02)
- c. Sistem de control al lichidului (734 262)
- d. Recipient suplimentar (734 264)
- e. Senzor diferențial de presiune (734 81)
- f. Tub imersabil (734 876)
- g. Sondă capacitivă (734 861)
- h. Convertor C/f, L/f, f/U (727 68)
- i. Senzor comutator magnetic (734 881)
- j. Modul de achiziție Sensor-CASSY (524 10)

##### 2. Multimetric digital Matrix MTX 3250

##### 3. Nivelmetru industrial cu traductoare Hall digitale

##### 4. Unitate periferică de măsurare și control

A. Ridicarea caracteristicii debitmetrului cu palete

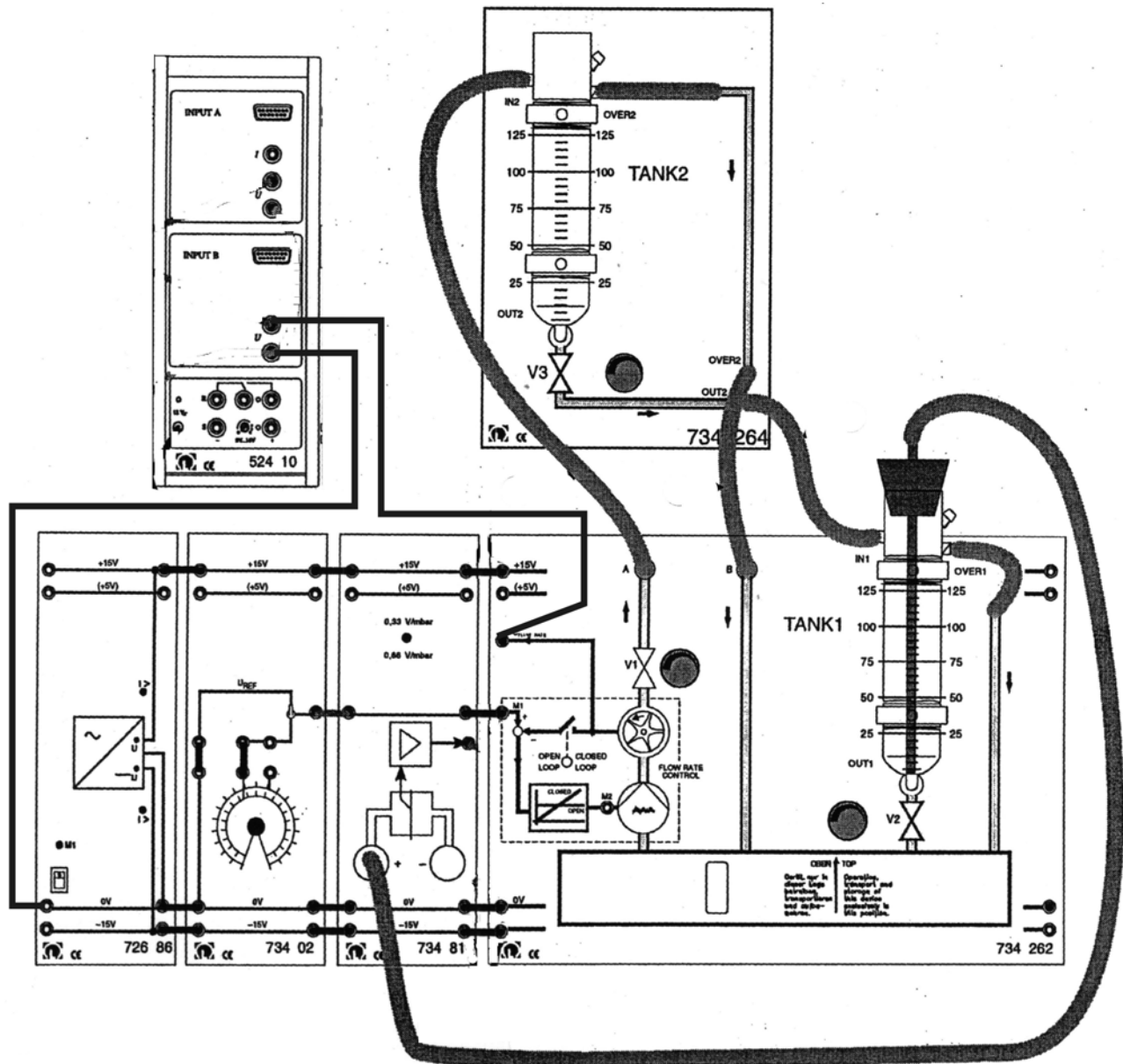


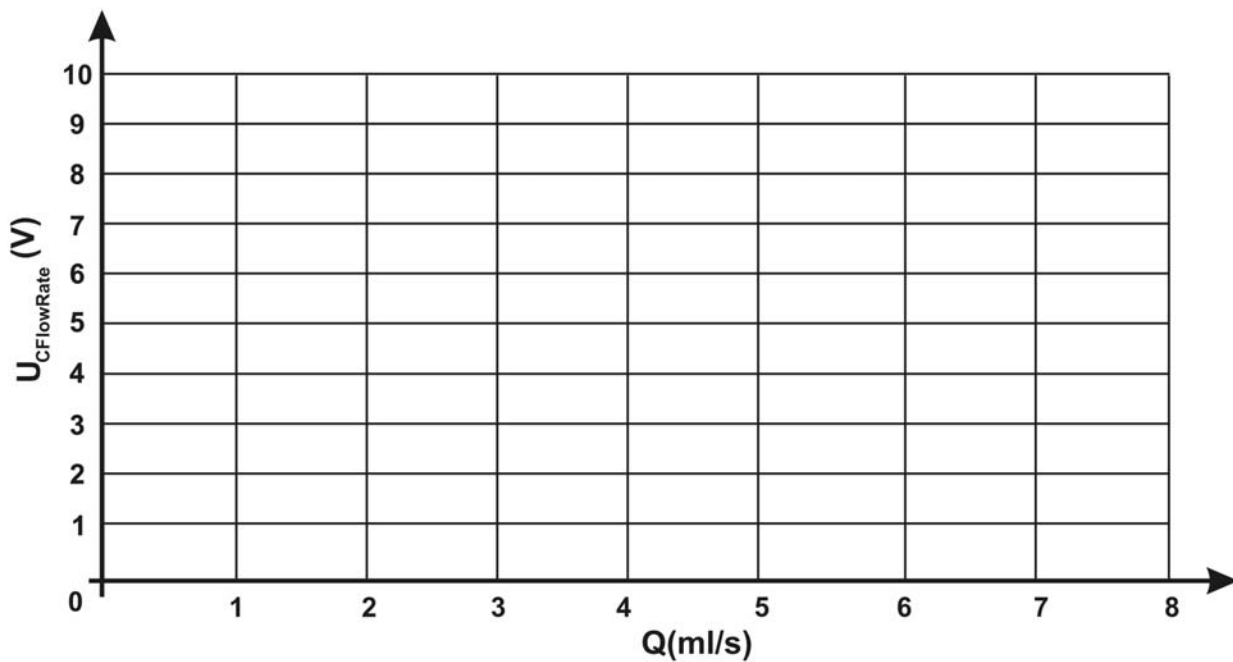
Fig.1 Configurația experimentală pentru măsurarea debitului

- Se realiza configurația experimentală prezentată în figura 1;
- Se deschid robinetele V2 și V3 pentru a permite curgerea lichidului între rezervoarele I și II (TANK I și TANK II);
- Se închide complet robinetul V3, iar comutatorul de control al alimentării pompei se fixează pe Closed Loop (bucă închisă);
- Se fixează comutatorul generatorului de tensiune variabilă la pozițiile indicate în tabelul 1 și se măsoară timpul în care rezervorul II se umple cu 125ml de lichid;
- Se deschide apoi robinetul V3 care permite scurgerea apei din rezervorul II;
- După golire se închide robinetul V3 și se repetă operațiunile de la punctul d) pentru celelalte valori ale tensiunii  $U_{M1}$ .
- Se calculează debitul conform relației (1), datele rezultate fiind trecute în tabelul 1;

h) În funcție de datele din tabelul 1 se trasează caracteristica debitmetrului,  $Q=f(U_{CFlowRate})$ , pe graficul din figura 2.

Tabelul 1

Comutator	$U_{M1}$ (V)	t (s)	Q (ml/s)	$U_{CFlowRate}$ (V)
Bucă închisă				
Bucă deschisă				



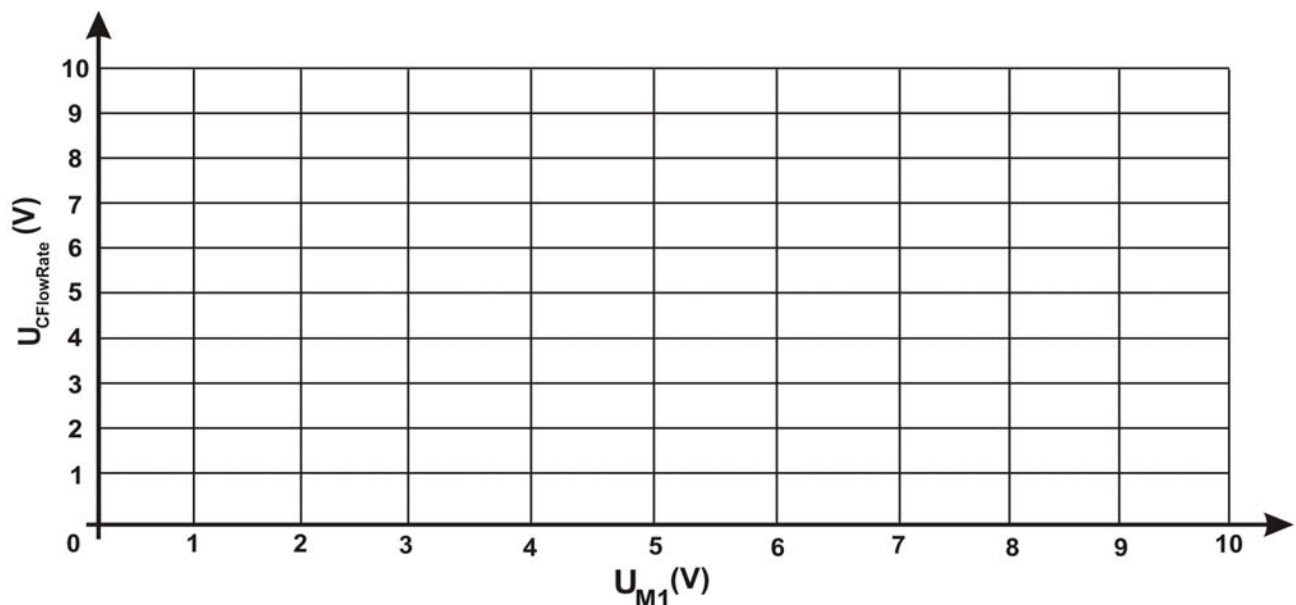
**Fig.2** Caracteristica debitmetrului cu palete

*B. Ridicarea caracteristicii statice a debitmetrului cu palete*

- Se realiza configurația experimentală prezentată în figura 1;
- Se deschid robinetele V2 și V3 pentru a permite curgerea lichidului între rezervoarele I și II (TANK I și TANK II);
- Comutatorul de control al alimentării pompei se fixează pe Open Loop (bucă deschisă);
- Se fixează comutatorul generatorului de tensiune variabilă la pozițiile indicate în tabelul 2, se așteaptă până când debitul devine constant și se notează în tabel tensiunea de ieșire a debitmetrului;
- În funcție de datele din tabelul 2 se trasează caracteristica statică a debitmetrului,  $U_{M1} = f(U_{CFlowRate})$ , pe graficul din figura 3;
- Se repetă apoi operațiunile de la punctul d) și e) pentru situația în care comutatorul de control al alimentării pompei este fixat pe poziția Closed Loop (bucă închisă).

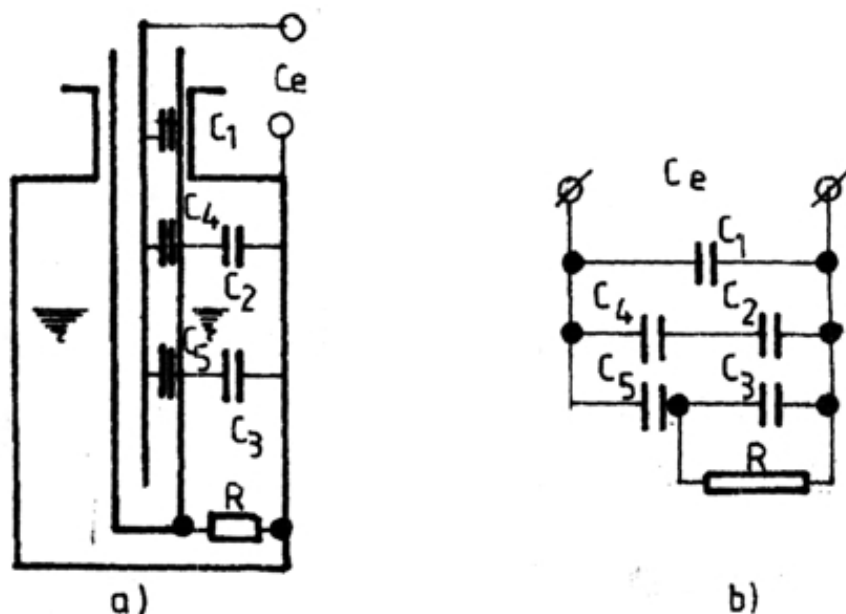
Tabelul 2

	Bucă deschisă	Bucă închisă
$U_{M1}$ (V)	$U_{CFlowRate}$ (V)	$U_{CFlowRate}$ (V)
0		
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		



**Fig.3** Caracteristica statică a debitmetrului cu palete





**Fig.5** Principiul traductorului capacitiv

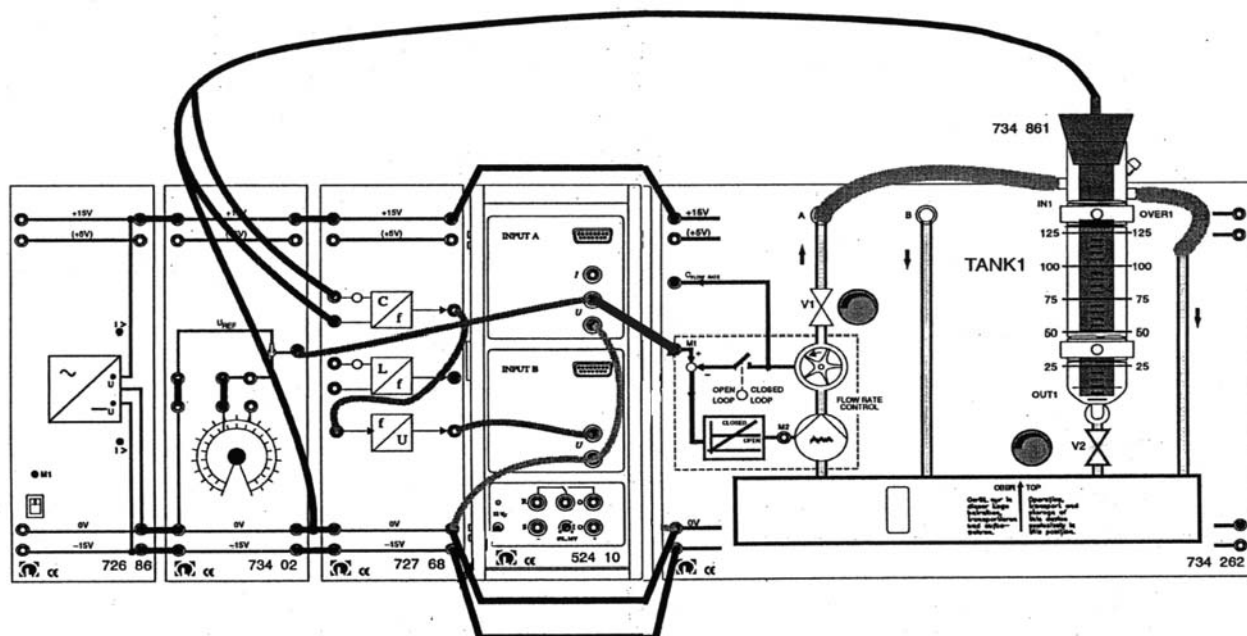
Capacitatea echivalentă a circuitului este:

$$C_e = C_1 + \frac{C_2 \cdot C_4}{C_2 + C_4} + \frac{C_3 \cdot C_5}{C_3 + C_5} \quad (4)$$

Atunci când între cele două tuburi este prezent un lichid capacitățile  $C_2$  și  $C_3$ , a căror expresii sunt prezentate în relația (5), vor varia modificând capacitatea echivalentă a traductorului.

$$C_2 = \frac{\epsilon_{aer} \cdot h_{aer}}{2 \ln \frac{D}{d}} \quad C_3 = \frac{\epsilon_{lichid} \cdot h_{lichid}}{2 \ln \frac{D}{d}} \quad (5)$$

unde: -  $d$  – diametrul tubului interior;  
-  $D$  – diametrul tubului exterior.



**Fig.6** Configurația experimentală pentru măsurarea nivelului cu traductor capacitiv

- a) Se realiza configurația experimentală prezentată în figura 6;
- b) Se închide complet robinetul V2;
- c) Se completează în tabelul 3 tensiunea de ieșire a traductorului capacitiv în funcție de nivelul de lichid indicat  $h$ ;
- d) Se ridică caracteristica  $U_h=f(h)$ .

Tabelul 3

$h$ (mm)	$U_h$ (V)
0	
25	
50	
75	
100	
125	