

# STUDIUL COMPORTĂRII LA TRANSFER A UNUI TRADUCTOR DE DEBIT INDUSTRIAL ȘI A UNUI ELEMENT DE EXECUȚIE PNEUMATIC

## 1. Scopul lucrării

Studiul comportării statice a unor echipamente industriale: traductor de debit, convertor electropneumatic și element de execuție pneumatic.

## 2. Considerații teoretice

### 2.1. Traductorul de debit industrial

Traductorul de debit industrial este un element de automatizare având funcția de a sesiza debitul de lichid (apa) și de a genera, la ieșirea lui, un semnal corespunzător valorii debitului.

Traductorul este compus din următoarele elemente:

- o rezistență hidraulică, RH, în calitate de element sensibil;
- un traductor de presiune diferențială, TPD, care convertește diferența de presiune (mărimea de intrare) într-un semnal electric (mărimea de ieșire).

Traductorul de debit are ca mărime de intrare debitul, iar ca mărime de ieșire curentul electric (în domeniul 2 - 10 mA).

**Rezistența hidraulică**, prezentată în figura 1, este montată pe conducta în care se reglează debitul de lichid. Prizele de presiune sunt amplasate la capetele ștrangulării.

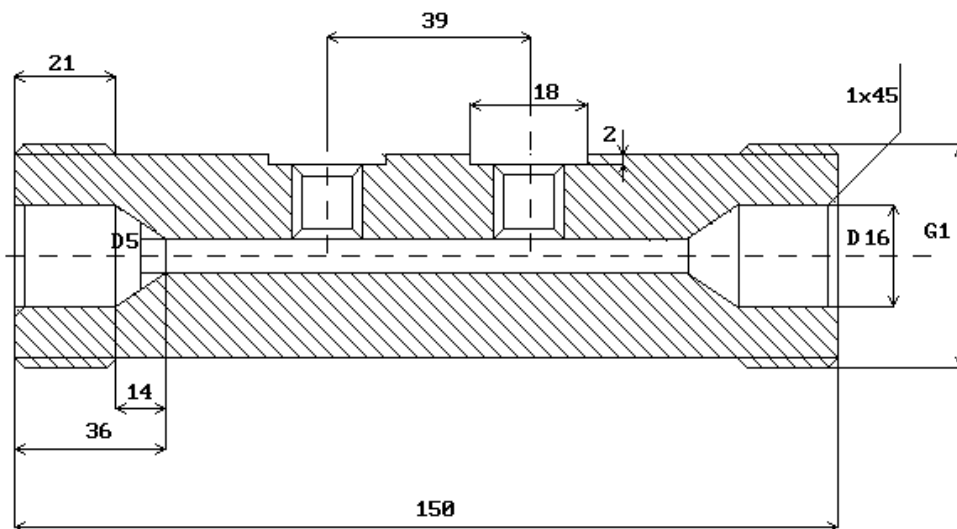


Figura 1. Rezistența hidraulică

Sesizarea debitului volumic de lichid,  $Q_v$ , (mărimea de intrare a rezistenței hidraulice) se face cu ajutorul căderii de presiune de pe rezistența hidraulică RH,  $\Delta P = P_2 - P_1$  (mărimea de ieșire a rezistenței hidraulice). Dacă curgerea lichidului prin rezistența este laminară, atunci căderea de presiune  $\Delta P$  este proporțională cu debitul volumic de lichid care trece prin rezistență:

$$\Delta P = P_2 - P_1 = K \cdot Q_v \quad (1)$$

### Traductorul de presiune diferențială (TPD)

Presiunile  $P_1$  și  $P_2$  se aplică pe suprafețele burdufului (2) ale traductorului de presiune diferențială (TPD) prezentat principal în figura 2.

Diferențele de presiune generează o deplasare orizontală a axului (3), proporțională cu  $\Delta P$ . Deplasările axului (3) sunt transmise tubului de torsiune (4) care se deformează cu o anumită valoare unghiulară  $\alpha$ . Adaptorul (5) al traductorului de presiune diferențială prezentat are ca mărime de intrare valoarea unghiului  $\alpha$  a tubului de torsiune, iar ca mărime de ieșire un semnal electric: (2-10) mA.

Semnalul de ieșire al adaptorului este semnalul de ieșire al întregului traductor de debit. Acest semnal constituie mărimea de reacție,  $r$ .

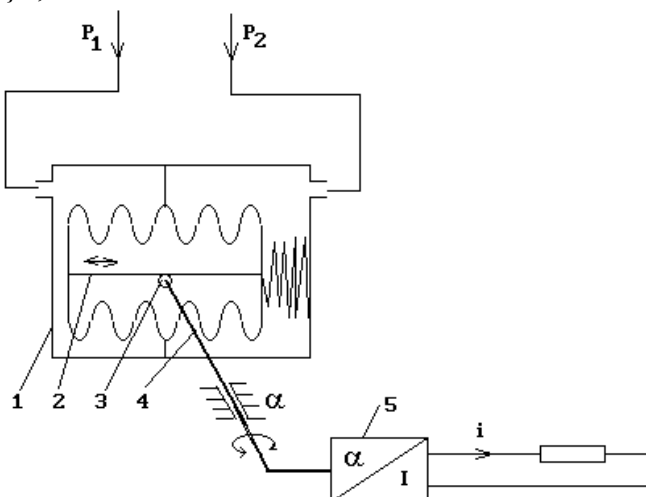


Figura 2. Traductorul de presiune diferențială

## 2.2. Elementul de execuție pneumatic

Robinetele de reglare se numără printre cele mai des întâlnite elemente de execuție (E) din industria chimică.

Robinetele de reglare sunt alcătuite din două părți principale: **un servomotor (E1)** și **un organ de execuție (E2)**.

În figura 3 este prezentat un robinet de reglare industrial cu servomotor pneumatic denumit și **ventil pneumatic** precum și schema sa principală. Acționarea servomotorului se face cu ajutorul presiunii de comandă,  $P_c$  (mărime de intrare), care are valori cuprinse între 0,2 și 1 bar. Unei anumite valori a presiunii de comandă îi corespunde o anumită poziție a cursei tijei T, respectiv realizarea unui grad de deschidere a sistemului obturator-scaun. Această poziție a cursei tijei, în regim staționar de funcționare, este rezultatul echilibrării forțelor care acționează asupra tijei:

- forța datorată acțiunii presiunii de comandă,  $P_c$ ;
- forța datorată acțiunii resortului elastic, R;
- forța datorată curgerii fluidului prin sistemul obturator-scaun.

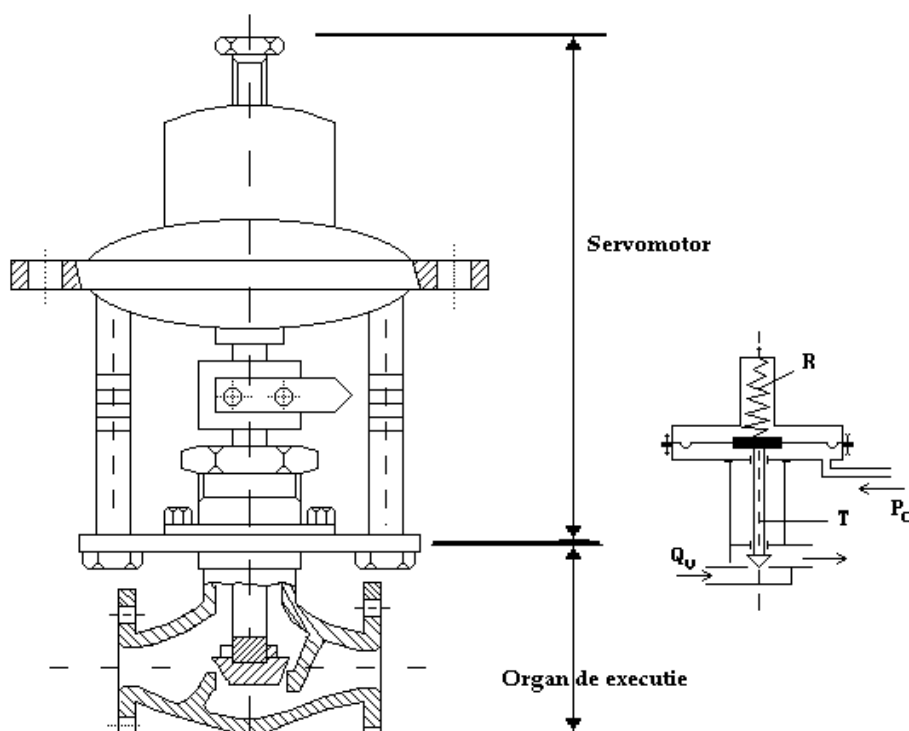


Figura 3. Robinet de reglare industrial cu servomotor pneumatic

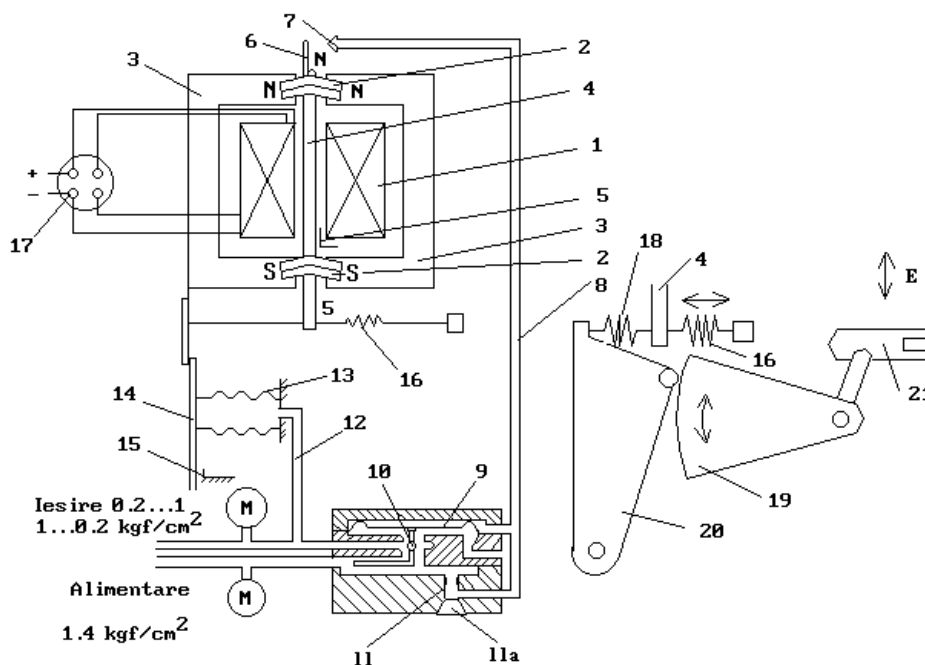
Modificarea valorii presiunii de comandă,  $P_c$ , determină reatingerea stării de echilibru a forțelor care acționează asupra tijeii T. În consecință se schimbă poziția tijeii T: modificarea cursei acesteia duce la variația debitului de fluid care trece prin aria liberă a sistemului obturator-scaun. Robinetul de reglare descris face parte din categoria celor "normal închise": absența presiunii de comandă determină închiderea, de către obturator, a curgerii fluidului prin robinet.

Pentru  $P_c = 0,2$  bar robinetul de reglare poate permite trecerea unui debit minim de fluid prin tensionarea adecvată a resortului R. Sistemele de etanșare și direcționare a tijeii T determină apariția unor importante forțe de frecare în funcționarea robinetului de reglare. Diminuarea influenței lor (fenomenul de histerzis) se poate face prin utilizarea unui convertor electropneumatic cu poziționar.

Un rol important în funcționarea robinetului de reglare îl are sistemul de strangulare obturator-scaun, pentru care se cunosc diverse soluții constructive.

### 2.3. Convertorul electropneumatic cu poziționar

Utilizarea, pentru comanda robinetului de reglare a unui regulator electronic cu semnal de ieșire de 4-20 mA impune convertirea acestuia, din semnal electric, în semnal pneumatic. În figura 4 este prezentată schema convertorului electropneumatic industrial (CEP).



1. Bobină	2. Magnet	3. Mieș	4. Armătură	5. Articulație
6. Clapetă	7. Duză	8. Tub	9. Membrană	10. Bilă
11. Drosel	11a. Dop drosel	12. Tub	13. Burduf	14. Braț reacție
15. Articulație	16. Arc corector	17. Cutie de borne	18. Arc reacție	
19. Camă	20. Urmăritor	21. Braț reacție		

Figura 4. Convertorul electropneumatic industrial

Acest convertor electropneumatic se realizează în două variante constructive. Cele două variante diferă între ele prin prezența sau absența poziționerului. În cel de-al doilea caz, elementele reacției interne a convertorului electropneumatic lipsesc (figura 4: elementele numerotate cu 12, 13, 14, 15), reacția depinzând de poziția tijeii E (fixată de brațul de reacție cu o camă). Poziția tijeii este transmisă armăturii 4 prin elementele 19, 20, 21 (figura 4).

### 3. Descrierea instalației experimentale

Dispozitivul experimental constă dintr-un stand de reglare automată a debitului de apă care are în componența următoarele echipamentele industriale (figura 5):

- Vas cu preaplin (Vas)
- Rezistență hidraulică (R.H.)
- Manometru diferențial Md
- Traductor de presiune diferențială (TPD)
- Ampermetru (A)
- Regulator (R)
- Convertor electro-pneumatic (CEP)
- Manometre (M1, M2)
- Element de execuție (E)
- Șubler mecanic (SM)
- Rotametrul (RV)
- Compresor ce generează presiunea de alimentare Pa
- Robinetul manual (V1)

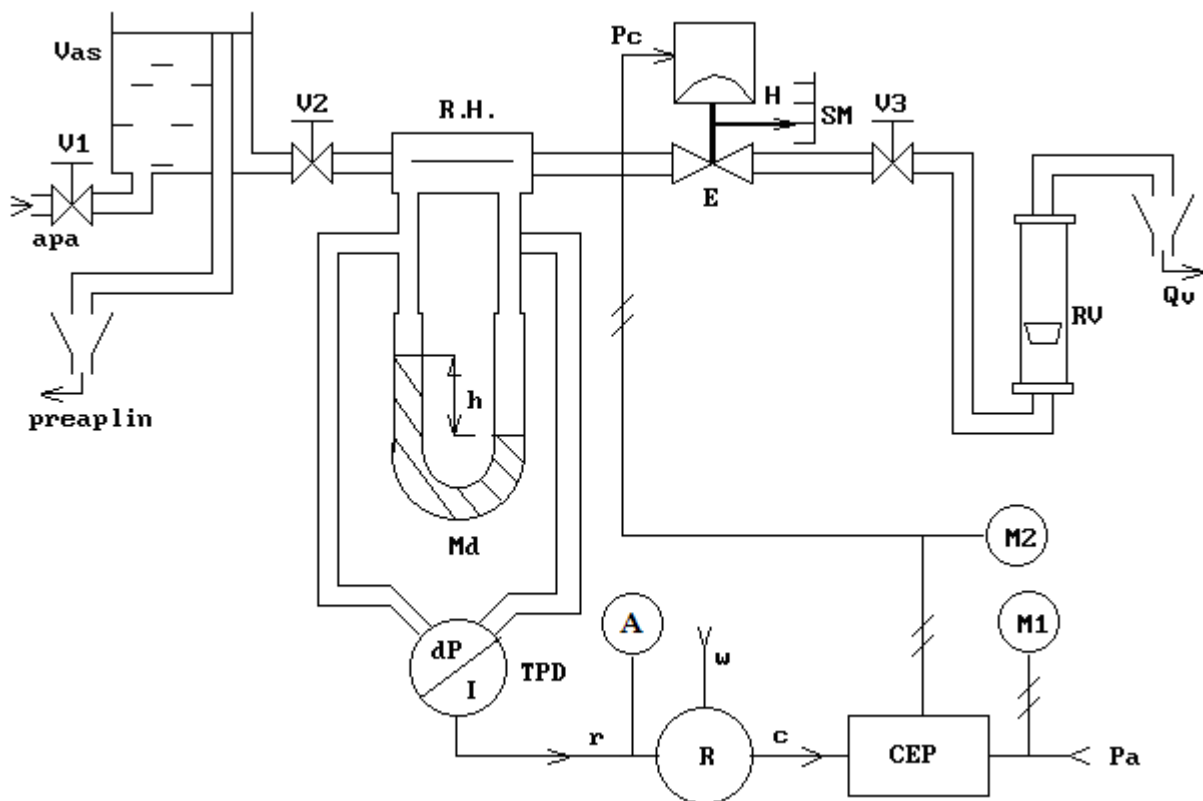


Figura 5. Instalația experimentală

Modificarea debitului se realizează automat prin modificarea mărimii de referință  $w$  a regulatorului electronic  $R$ . Valoarea debitului este indicată de rotametrul  $RV$ . Diferența de presiune  $\Delta P$  a rezistenței hidraulice  $RH$  se citește la manometrul diferențial  $Md$ . Valoarea mărimii de reacție  $r$  este indicată de ampermetrul  $A$ . Valoarea mărimii de comandă  $c$  este indicată de la regulatorul  $R$ . Presiunea de comandă  $Pc$  este indicată de manometrul  $M2$  amplasat pe  $CEP$ . Deplasarea tijei  $H$  a elementului de execuție este măsurată cu ajutorul șublerului mecanic  $SM$ .

#### 4. Modul de lucru

1. Se deschide robinetul  $V1$  și se așteaptă umplerea vasului cu preaplin.
2. Se asigură alimentarea cu apă a standului de reglare a debitului.
3. Se trece regulatorul electronic în modul de lucru "manual" (prin apăsare lungă a butonului  $A/M$ ) și se fixează mărimea de comandă la valoarea de 20 % (săgeți sus - jos).
4. Se așteaptă instalarea regimului staționar în instalație și apoi se citesc următoarele valori:
  - Căderea de presiune pe rezistența hidraulică  $\Delta P$ , indicată la manometrul diferențial  $Md$ ,

- Mărimea de reacție  $r$ , indicată de ampermetrul A,
- Mărimea de comandă  $c$ , la regulator,
- Presiunea de comandă  $P_c$ , la manometrul M2,
- Deplasarea tijei acționată de servomotor H, la șublerul mecanic (SM),
- Debitul de apă  $Q_v$  la rotametrul RV.

Cu aceste valori se completează tabelul 1:

Tabelul 1. Determinări experimentale

c indicată la regulator, %	c, [mA]	$\Delta P$ , [mm Hg]	r, [mA]	$P_c$ , [kg/cm <sup>2</sup> ]	H, [mm]	$Q_v$ , [l/h]
0						
10						
15						

Mărimea de comandă variază în domeniul 4 – 20 mA. Prin corespondență se calculează valoarea mărimii de comandă exprimată în mA cu formula:

$$c[\text{mA}] = 16 \cdot c[\%] / 100 + 4$$

- Se repetă determinările de la punctul 3 și 4 pentru diferite valori ale mărimii de comandă (în domeniul 20-50 %). De fiecare dată valorile se introduc în tabelul 1.

### 5. Prelucrarea și interpretarea rezultatelor

Din punct de vedere matematic, **comportarea statică** este caracterizată printr-o relație de forma:

$$e = f(i)$$

(2)

unde:  $e$  – mărime de ieșire;

$i$  – mărime de intrare;

Reprezentarea grafică a acestei relații constituie **caracteristica statică** ce poate fi trasată atât pentru elementele de reglare cât și pentru sistemul de reglare în ansamblul său.

Ecuția care exprimă comportarea statică a elementelor proporționale este de forma:

$$e = K \cdot i \quad (3)$$

unde: **K** – **coeficient de transfer**.

În cazul elementelor cu caracteristică statică liniară, coeficientul de transfer  $K$  reprezintă panta caracteristicii statice (figura 6.a).

În cazul elementelor cu caracteristică statică neliniară, coeficientul de transfer nu este constant, ci depinde de mărimea de intrare  $i$  și se exprimă cu ajutorul relației (figura 6.b):

$$K = \frac{\Delta e}{\Delta i} \quad (4)$$

unde:  $\Delta e$ ,  $\Delta i$  - diferențe între două valori staționare apropiate ale variabilei de ieșire, respectiv ale celei de intrare (Obs. Diferențele  $\Delta i$  și  $\Delta e$  se aleg suficient de mici pentru ca în limitele lor, caracteristica statică să fie practic liniară).

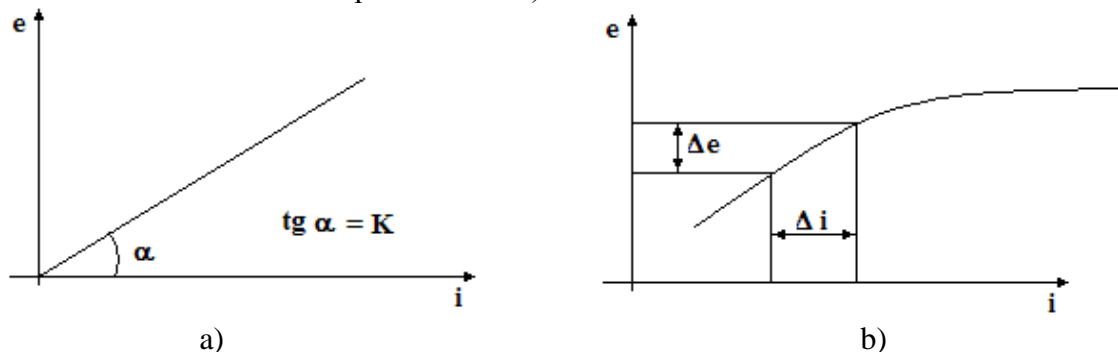


Figura 6. Caracteristica statică

1. Pentru prelucrarea și interpretarea rezultatelor se deschide Excel-ul și se construiește tabelul 1.
2. Cu valorile experimentale din tabelul 1 se trasează caracteristicile statice pentru:
  - rezistența hidraulică,  $\Delta P = f(Q_v)$  – caracteristică liniară – neliniară?
  - traductorul de presiune diferențială,  $r = f(\Delta P)$  – caracteristică liniară – neliniară?
  - traductorul de debit,  $r = f(Q_v)$  – caracteristică liniară – neliniară?
  - caracteristica statică a convertorului electropneumatic :  $P_c = f(c)$  – caracteristică liniară – neliniară?
  - caracteristica statică a servomotorului pneumatic :  $H = f(P_c)$  – caracteristică liniară – neliniară?
  - caracteristica statică de lucru a organului de execuție :  $Q_v = f(H)$  – caracteristică liniară – neliniară ?
  - caracteristica statică a robinetului de reglare :  $Q_v = f(P_c)$  – caracteristică liniară – neliniară ?
3. Pe porțiunile liniare se vor calcula valorile coeficienților de transfer.