

STUDIUL ELEMENTELOR DE EXECUȚIE PNEUMATICE
CU MEMBRANĂ

3.1 OBIECTUL LUCRĂRII

Se studiază principiul constructiv și funcțional al elementelor de execuție pneumatice cu membrană și de asemenea se urmărește comportarea lor în regim static.

3.2 CONSIDERAȚII TEORETICE

Elementul de execuție E într-un sistem de reglare automată are poziția indicată în schema bloc din figura 5.1. Mărimea de intrare în acest element este mărimea de comandă X_c și ieșirea este X_m , prin care se influențează desfășurarea procesului.

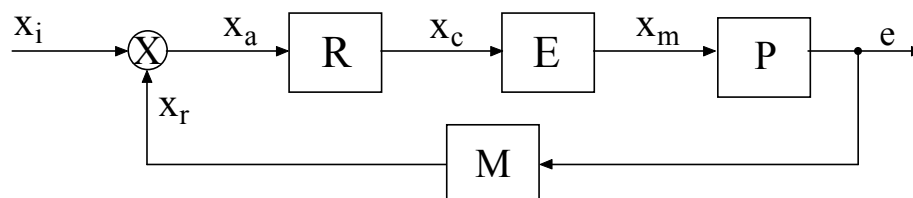


Figura 5.1 Schema bloc pentru un circuit de reglare automată

Elementele de execuție pneumatice cu membrană transformă energia potențială a aerului sub presiune în energia mecanică la deplasarea liniară a unui organ de execuție cu care se face intervenția în procesul automat.

Alimentarea elementelor de execuție pneumatice se face cu energie de la regulatoarele pneumatice (0.2 ÷ 1 bar), sau electronice, prin intermediul convertorului electro-pneumatic.

În structura sa complexă, un element de execuție pneumatic se compune din (vezi figura 5.2) :

- 1 – servomotor pneumatic;
- 2 – amplificator pneumatic;
- 3 – traductor de poziție;
- 4 – element sensibil;
- 5 – organ de execuție.

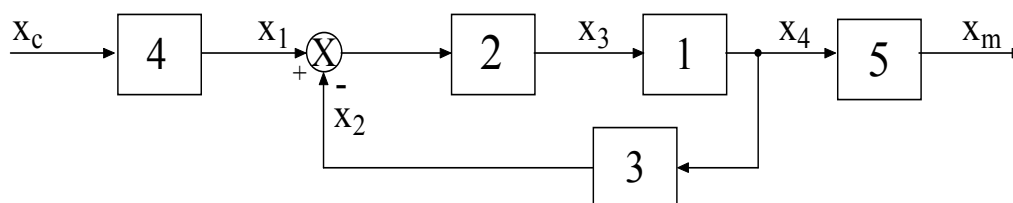


Figura 5.2 Structura unui element de execuție pneumatic

Dintre aceste elemente, amplificatorul de putere, elementul sensibil și traductorul de poziție, care sunt atașate servomotorului pneumatic, formează poziționerul.

Pentru a fi studiată comportarea elementului de execuție în ansamblul sistemului de reglare, este necesar să se stabilească relația ce leagă mărimea X_m de mărimea X_c (pentru elementul de execuție pneumatic cu membrană, X_c este o presiune).

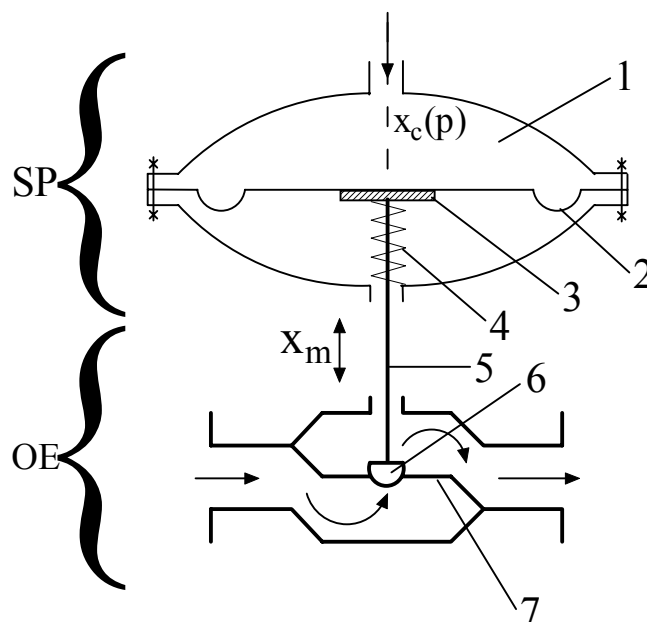


Figura 5.3 Element de execuție pneumatic fără poziționar

În figura 5.3, este reprezentat schematic un element de execuție pneumatic cu membrană și resort. Organul component cel mai important este servomotorul pneumatic (SP) cu membrană, format din : camera (1), membrana elastică (2), discul de rigidizare (3), arcul (4) și tija (5).

După cum aerul sub presiune poate să acționeze pe o singură față sau pe ambele fețe ale membranei elastice, deosebim elemente de execuție proporționale sau integrale.

Comportarea în regim dinamic a elementului de execuție este descrisă de o ecuație diferențială neliniară, care leagă semnalul de comandă X_c (presiune sau debit) de mărimea de execuție X_m (deplasare liniară).

La creșterea presiunii de comandă (p_c) va crește presiunea în camera (1), dar în același timp are loc și o variație de volum a acestei incinte după o relație de forma :

$$V = V_0 + k_1 \cdot p \quad (5.1)$$

unde :

V_0 – volumul la presiunea $p=p_0$;

k_1 – coeficient ce depinde de S_{ef} și coeficientul de rigiditate al membranei.

Pe de altă parte, ecuația de curgere a aerului în camera (1) este :

$$\frac{dQ}{dt} = Q = \alpha(p_c - p) \quad (5.2)$$

Din expresiile 5.1 și 5.2 se obține, pe baza ecuației gazelor perfecte :

$$\frac{V_0 + k_1 \cdot p}{\alpha \cdot R \cdot T} \cdot \frac{dp}{dt} + p = p_c \quad (5.3)$$

În general, termenul $k_1 \cdot p$ se neglijează și ecuația de mai sus reprezintă ecuația unui element de întârziere de ordinul I :

$$\frac{V_0}{\alpha \cdot R \cdot T} \cdot \frac{dp}{dt} + p = p_c \quad (5.4)$$

$$T \cdot \frac{dp}{dt} + p = p_c \quad (5.5)$$

Se observă din ecuația 5.5 că pentru a micșora constanta de timp T trebuie mărit α , adică secțiunea ajutoarelor de curgere a aerului. Pentru aceasta se utilizează amplificatoare de putere care debitează cantități însemnate de fluid, la presiunea de ieșire egală cu cea de intrare.

Sub influența presiunii p , organul de execuție (OE) face o mișcare rectilinie (X_m). Ecuația care descrie mișcarea elementelor mobile este :

$$m \cdot \frac{d^2 X_m}{dt^2} + k \cdot X_m + F_f = S_{ef} \cdot (p - p_0) \quad (5.6)$$

unde :

m – masa elementelor în mișcare, raportate la axa (5);

F_f – forța de frecare;

P_0 – presiunea inițială (în general presiunea atmosferică – $p_c=0$).

Din ecuația 5.6 se poate deduce o frecvență naturală de oscilație a robinetului și anume :

$$f_n = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (5.7)$$

Această frecvență trebuie să fie de minim 15-30 Hz, pentru a nu exista o tendință de oscilație continuă a robinetului, adică trebuie să avem m mic și k mare.

Pe de altă parte, factorul de amortizare, tot pe baza ecuației 5.6, este :

$$\zeta = \frac{b}{2} \sqrt{\frac{1}{k \cdot m}} \quad (5.8)$$

unde b este coeficientul de frecare funcție de viteză : ($F_f = b \cdot \frac{dX_m}{dt}$). Factorul de amortizare nu trebuie să fie prea mic, adică k_m să nu fie prea mare.

În regim staționar, ecuația 5.6 devine :

$$k \cdot X = S_{ef} \cdot p \quad (5.9)$$

și este liară dacă k și S_{ef} sunt constante pe întreaga cursă a axului robinetului. Abaterile, datorate variațiilor acestor caracteristici, sunt în robinetele de calitate de ordinul 1 – 2 % din cursa totală a robinetului.

Din relațiile 5.4 și 5.6 se obține :

$$\frac{m \cdot V_0}{\alpha \cdot R \cdot T} \cdot \frac{d^3 X_m}{dt^3} + m \cdot \frac{d^2 X_m}{dt^2} + \frac{V_0 \cdot k}{\alpha \cdot R \cdot T} \cdot \frac{dX_m}{dt} + k \cdot X_m + F_f = S_{ef} \cdot p_c \quad (5.10)$$

În această relație s-a considerat că forțele de frecare nu depind de presiune ($F_f=ct.$). (Acest lucru este valabil la robinetul cu două scaune, unde forțele care acționează în sensuri opuse se anulează reciproc).

În realitate, în ecuația 5.7, nu numai F_f , dar și k variază odată cu presiunea. El se determină grafic din caracteristica statică a membranei.

Schimbând sensul de variație pentru p_c , se observă existența unui histerezis pentru caracteristica $X_m=f(p_c)$ (vezi figura 5.4).

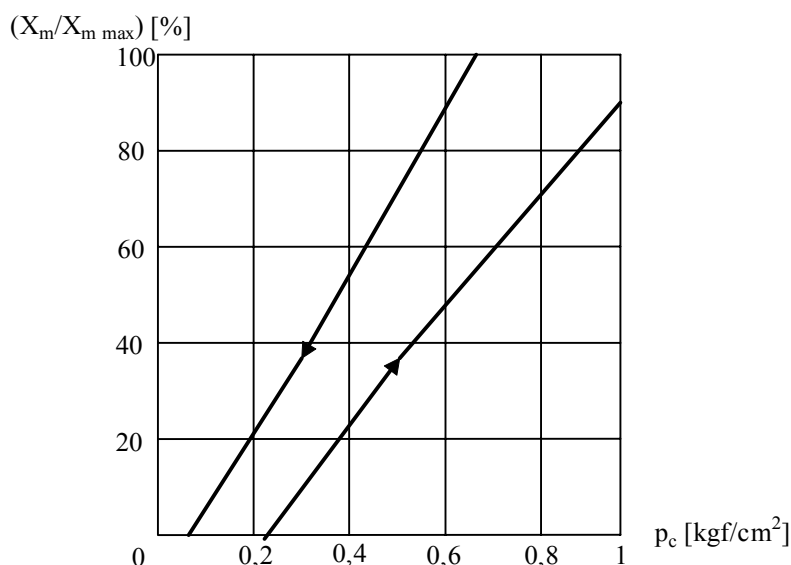


Figura 5.4 Caracteristica elementului de execuție fără poziționar

Pentru a elimina efectul histerezis și pentru a reduce constanta de timp a servomotorului se folosesc dispozitive de poziționare (figura 5.5), care sunt, de fapt, niște amplificatoare pneumatice de putere cu legătură de reacție după poziția tijei organului de execuție.

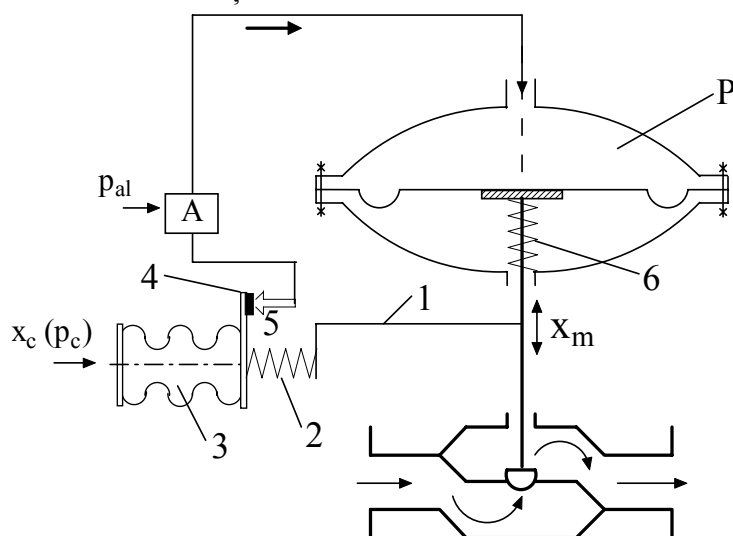


Figura 5.5 Element de execuție pneumatic cu poziționar

Figura 5.5 constituie, în fond, un sistem de reglare, în care mărimea de comandă este presiunea p la ieșirea din amplificatorul A și mărimea de execuție este $S_{ef} \cdot p$ (membrana). Resortul (6) și axa X , a robinetului, constituie în acest sistem procesul reglat P . Pârghia (1) și resortul (2) constituie elementul de măsură. Burduful (3), prin suprafața liberă, realizează compararea mărimii de intrare ($F_c = S_b \cdot P_c$) cu cea din sistem ($F_e = k \cdot x$, prin resort), iar eroarea este aplicată amplificatorului A . Deplasarea paletei (4) în fața ajutorului (5) este proporțională cu eroarea.

Într-un asemenea sistem de reglare se realizează o mărime de ieșire x , care tinde să devină egală cu p_c , la scara și unitățile de măsură corespunzătoare.

Prin folosirea poziționerului avem următoarele avantaje :

- precizia funcționării elementului de execuție este mai bună; determinată de calitatea circuitului de reacție;
- factor mare de amplificare pe circuitul de aer, deci se poate lucra și în condițiile unor forțe de frecare statice, sau forțe perturbatoare mai mari;
- constanta de timp a elementului de execuție se micșorează.

3.3 MERSUL LUCRĂRII

- a) Se ridică caracteristica statică pentru elementele de execuție pneumatice din laborator, fără poziționer. Pentru aceasta se variază presiunea de comandă în plaja $0,2 \div 1$ bar în sens crescător și apoi descrescător, citind valorile deplasării X_m .
- b) Se ridică caracteristica statică pentru un element de execuție cu membrană prevăzut cu poziționer ELT-114.
- c) Se reprezintă grafic caracteristicile obținute : $x=f(p_c)$ și se interpretează.

Bibliografie :

- [1] Gh. Lazea – Echipamente de automatizare pneumatice și hidraulice – îndrumător de laborator; Lito IPCN – 1982.
- [2] Gh. Lazea – Echipamente de automatizare pneumatice și hidraulice – note de curs; Lito IPCN – 1986.
- [3] L. Bivolaru – Montarea instalațiilor de automatizare, vol. 3 și 4; Ed. T. București – 1978.