

STUDIUL REGULATOARELOR PNEUMATICE  
DE TABLOU

## 8.1 OBIECTUL LUCRARI

Studiul principiilor constructive si functionale ale reglatoarelor pneumatice tip F-AB si F-BB, fabricate la IEPAM Bârlad.

Se vor executa operatii de punere în functiune, acordare si etalonare a reglatoarelor.

## 8.2 CONSIDERATII TEORETICE

Reglatoarele pneumatice de tip F-AB si F-BB sunt aparate tipizate care lucreaza cu semnal unificat de presiune ( $0,2 \div 1 \text{ bar}$ ). Ele pot realiza legi de reglare P, PI, PD sau PID, indicând în acelasi timp marimile importante prezente în sistemul de reglare. Diferenta dintre reglatoarele F-AB si F-BB consta în modul de indicare a marimilor caracteristice. La F-AB este indicata abaterea si marimea prescrisa. La F-BB lipseste elementul de masura a abaterii, fiind prezent un element de masura pentru marimea reglata. Pe aceasta baza, cele doua variante de reglatoare pot fi studiate în mod unitar, având aceleasi blocuri constructive, exceptând indicarea.

Din punct de vedere constructiv vom împarti regulatorul în : subansamblu regulator (partea principala) si elemente auxiliare. La subansamblul regulator vom întâlni : comparatorul (cu burdufuri în “cruce”), preamplificarorul duza-clapeta, amplificatorul de putere, rezistente variabile si capacitati (grupuri RC) necesare obtinerii actiunilor integrale si derivative.

În grupul elementelor auxiliare avem : elemente de masura si indicare, generatorul marimii prescrise, comutator automat/manual, comutator intern/extern, elemente de semnalizare, reductor pentru comanda manuala.

### 8.2.1 Subansamblul regulator

a) *Grupul comparator-preamplificator* : (vezi figura 8.1)

Comparatorul este format din patru burdufuri dispuse în cruce, opuse doua câte doua, care primesc semnalele pneumatice ale marimii prescrise, marimii masurate si semnale de reactie pozitiva si negativa.

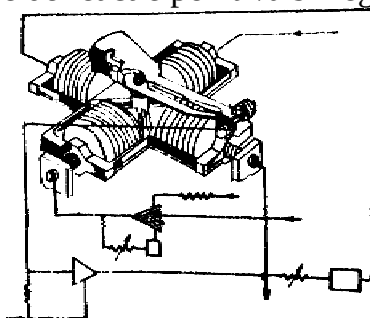


Figura 8.1 Grupul comparator – preamplificator

Preamplificatorul este de tip duza-paleta (vezi lucrarea 2).

Fortele exercitate de cele patru burdufuri, mai precis rezultanta lor, actioneaza pe axul central al sistemului, pe care este fixata duza.

Deoarece toate cele patru forte actioneaza într-un singur punct, bratul de actionare fiind acelasi pentru toate, echilibrul nu se realizeaza între momente, ci direct între fortile respective (principiul „balantei de forte”).

Actiunea rezultanta se traduce printr-o înclinare a axului central (3) fata de planul membranei metalice (4) de sustinere a acestuia (vezi figura 8.2,a). Datorita acestei înclinari, bratul port-paleta, care este fixat pe capatul axului, se deplaseaza si el, astfel ca se modifica distanta duza-paleta si presiunea înainte de duza (presiunea la iesirea din preamplificator).

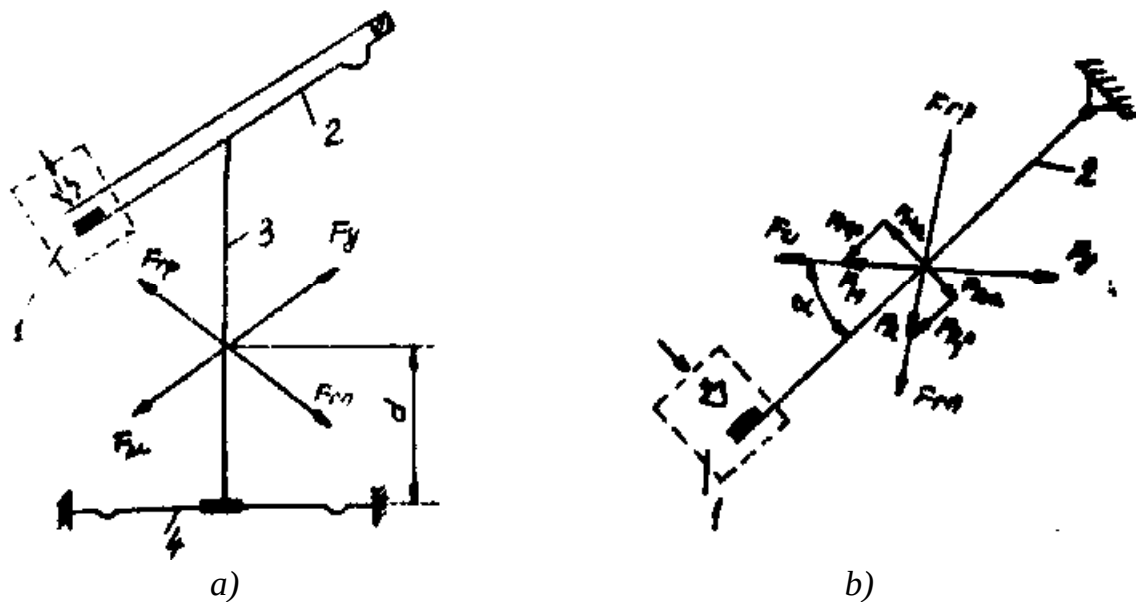


Figura 8.2 Detaliu functional al comparatorului - preamplificator

Exista o proportionalitate între diferenta dintre fortile create de marimea prescrisa respectiv cea masurata si marimea de iesire din preamplificator, de forma :

$$\Delta p_i = k \cdot \Delta p_e$$

unde  $k$  este coeficientul de amplificare. Valoarea lui  $k$  poate fi modificata prin pozitia sistemului duza-paleta fata de directia de actionare a celor doua forte opuse create de marimea prescrisa, respectiv cea reglata (vezi figura 8.2,b).

În figura 8.2,b se observa ca o diferenta între marimile prescrisa, respectiv masurata determina forta :

$$F_M = F_u - F_y$$

Aceasta forta duce la cresterea presiunii modulate de preamplificator (1), prin micsorarea distantei duza-paleta si în final la cresterea fortei create de burduful reactiei negative, prin intermediul presiunii de iesire. Va rezulta o forta :

$$F_R = F_m - F_{rp}$$

Urmarend în continuare figura 8.2,b se observa ca cele doua forte se descompun fiecare în doua componente (normala, respectiv paralela bratului (2)). Componentele paralele bratului (2) (pasive) sunt anulate de reactiunea acestuia, iar cele normale vor crea cupluri ce determina înclinarea axului (3).

La echilibrul sistemului :

$$F_M \cdot \sin \alpha \cdot d = F_R \cdot \cos \alpha \cdot d$$

$$\frac{F_R}{F_M} = \tan \alpha = k$$

Componenta  $F_R \cdot \cos \alpha$  , este aceea care aduce sistemul la echilibru, în urma actiunii fortei  $F_M \cdot \sin \alpha$  .

Conform expresiei de mai sus, coeficientul de amplificare,  $k$ , poate lua teoretic orice valoare între 0 si  $\infty$  .

b) *Amplificatorul de putere* : (vezi figura 8.3)

Pentru a fi obtinuta sensibilitatea necesara, în practica, deplasarea paletei fata de duza este de ordinul zecimilor de milimetru, ceea ce face ca variatia presiunii de iesire din preamplificator sa fie de ordinul 0,04 bar. Deoarece marimea de iesire din regulator trebuie sa fie variabila în domeniul unificat 0,2 ÷ 1 bar, este necesara introducerea amplificatorului de putere (figura 8.3).

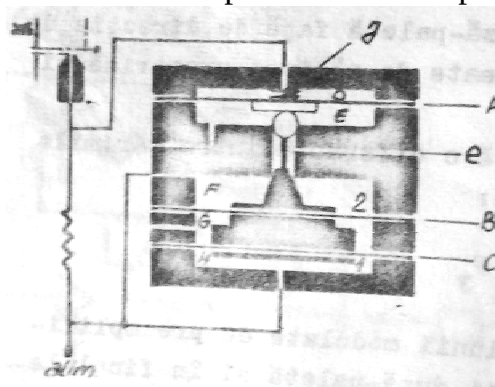


Figura 8.3 Amplificatorul de putere

Amplificatorul de putere mai are si rolul de a stabiliiza semnalul de iesire, în cazul unor variatii ale presiunii de alimentare în limita a 10% din valoarea nominala. În acest scop, presiunea de alimentare este introdusa simultan în camerele H si F ale amplificatorului, separate de camera G, în legatura cu atmosfera. Membranele de separatie B si C au suprafete efective diferite, astfel încât rezulta doua forte diferite la presiuni egale, cu o rezultanta actionând pe directia resortului J.

Semnalul de iesire din preamplificator intra în camera *D*, despartita de camera *E* prin membrana *A*. Camera *E* comunica cu atmosfera.

Prin dimensionarea corespunzatoare a suprafetelor efective ale membranelor *B* si *C*, se poate face în asa fel, încât semnalul de iesire sa depinda numai de rezultanta fortelor create pe cele doua fete ale membranei *A*, de presiunea atmosferica si semnalul de intrare în amplificator.

Amplificarea realizata de acest tip de amplificator este aproximativ 20, asa cum rezulta din relatia :

$$A = \frac{\Delta p_e}{\Delta p_i} = \frac{1 - 0.2}{0.24 - 0.2} = 20$$

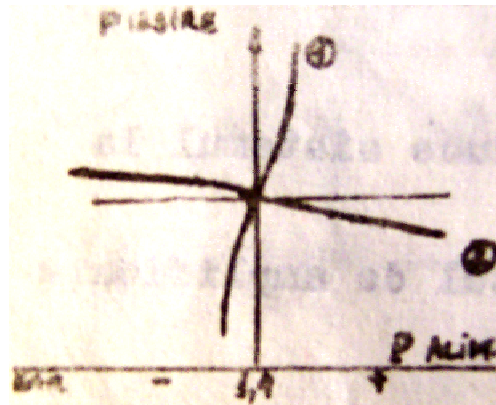


Figura 8.4 Caracteristici functionale

În figura 8.4 sunt prezentate diagramele de functionare pentru un amplificator fara compensarea variatiei presiunii de alimentare (curba 2) si cea a amplificatorului cu compensare (curba 1).

### 8.2.2 Realizarea legilor de reglare

#### Legea P

Semnalul de la iesirea amplificatorului de putere este introdus în burduful de reactie negativa, în timp ce burduful reactiei pozitive este înlocuit cu un resort calibrat la 0,6 bar.

#### Legea PI

Semnalul de iesire din amplificatorul de putere, dupa ce este introdus în burduful reactiei negative, mai este introdus si în burduful reactiei pozitive, prin intermediul unui circuit serie RC.

Grupul RC realizeaza un efect de întârziere a semnalului de reactie pozitiva. Prin efecul actiunii integrale, amplificarea este variabila în timp pentru o anumita abatere, de la valoarea data de actiunea P, pâna la maximum admis de amplificator. Aceasta operatie, datorita efectului reactiei pozitive, este echivalenta cu integrarea în timp a valorii abaterii. Viteza de variatie a amplificarii (constanta de timp integrala) este reglabila prin intermediul grupului RC, înseriat în calea reactiei.

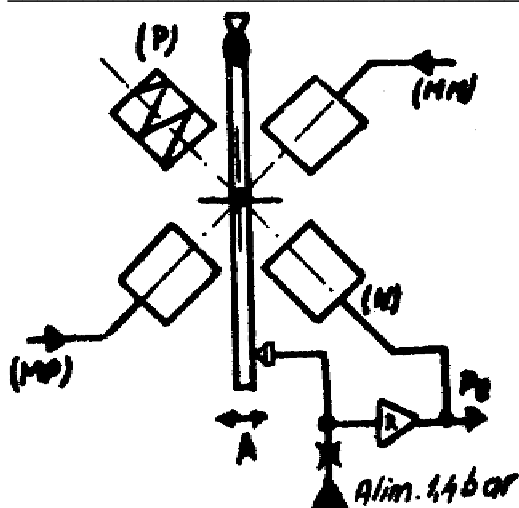


Figura 8.5 Legea P

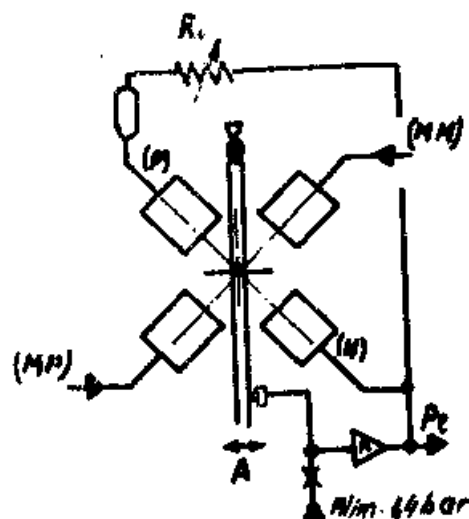


Figura 8.6 Legea PI

### Legea PID

Actiunea derivativa se realizeaza la reglatoarele IEPAM Bârlad actionându-se asupra semnalului marimii reglate, în acest mod actiunea derivativa este independenta de actiunea integrala si actioneaza numai pentru variatii ale marimii reglate.

Asa cum se vede din figura 8.8, actiunea derivativa se realizeaza prin introducerea pe calea marimii reglate a unui amplificator si în paralel un grup RC.

Functionarea acestui amplificator consta în realizarea unei relatii de proportionalitate (liniara) între semnalul de iesire ( $p_2$ ) si viteza de variatie a lui  $p_1(dp_1/dt)$ , adica el realizeaza o operatie de derivare.

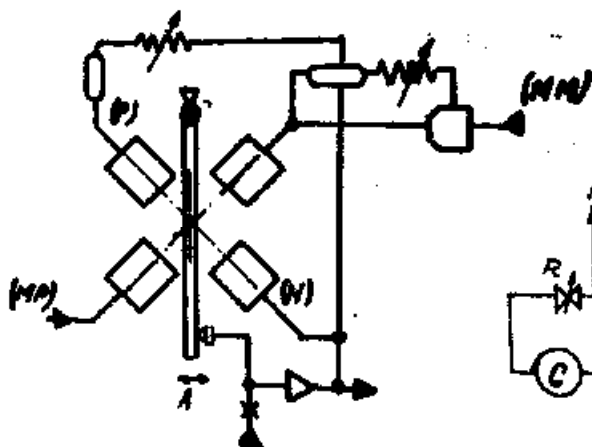


Figura 8.7 Legea PID

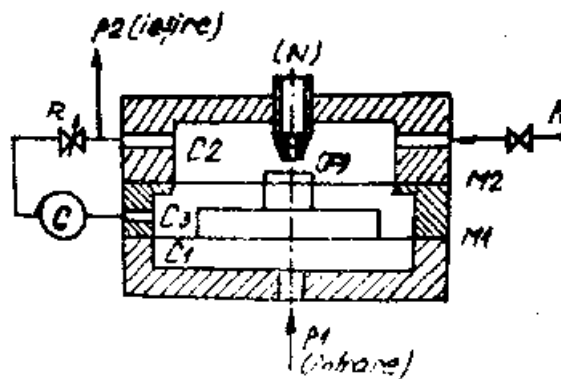


Figura 8.8 Amplificator

Amplificatorul este constituit din doua membrane  $M_1$  si  $M_2$ , de arii efective  $A_1$  si  $A_2$  si un grup modulator duza-paleta (N-F). Membranele

delimiteaza trei camere :  $C_1$  (de intrare),  $C_2$  (de reactie primara) si  $C_3$  (de reactie secundara). Camera  $C_2$  este alimentata printr-un capilar de la o sursa de aer instrumental la presiunea de  $1,4 \text{ bar}$ , având pierdere variabila în atmosfera prin duza (N). În functie de pozitia paletei (F) se poate obtine în  $C_2$  o presiune variabila în intervalul  $0 \div 1,4 \text{ bar}$ . Semnalul modulat  $p_2$  actioneaza asupra membranei  $M_2$  cu o forta  $p_2 A_2$ , care se opune fortei  $p_1 A_1$ , creata de semnalul de intrare  $p_1$ , care actioneaza asupra membranei  $M_1$ . Rezultanta acestor doua forte determina paleta sa-si modifice pozitia fata de duza.

Dupa întârzierea datorata grupului RC, semnalul  $p_2$  ajunge în camera de reactie secundara  $C_3$ , unde actioneaza asupra membranelor  $M_1$  si  $M_2$  cu fortele  $p_2 A_1$  si  $p_2 A_2$ . Dupa o perioada tranzitorie, asupra membranei cu suprafata  $A_2$  se exercita pe ambele fete aceeasi presiune, iar fortei de intrare, data de semnalul  $p_1$ , i se opune o forta egala, data de semnalul  $p_2$ . Astfel, conditia de echilibru a sistemului este :

$$p_1 \cdot A_1 = p_2 \cdot A_1$$

### 8.2.3 Generatorul marimii prescrise

Din grupul de elemente auxiliare întâlnite în constructia reguletoarelor F-AB si F-BB, se studiaza în cadrul acestei lucrari numai generatorul marimii prescrise, prezentat în figura 8.9. Celelalte elemente auxiliare s-au studiat în cadrul altor lucrari.

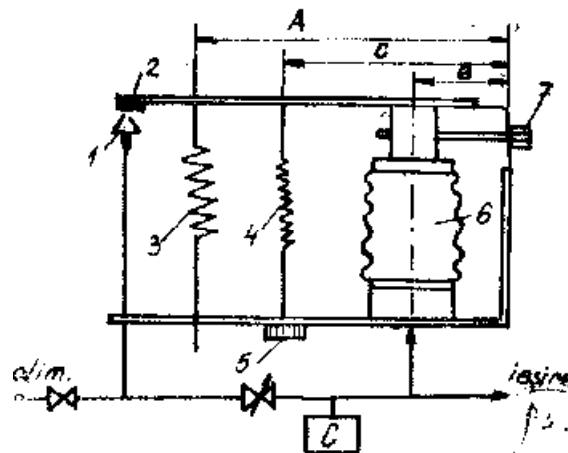


Figura 8.9 Generatorul marimii prescrise

Generatorul marimii prescrise lucreaza pe principiul echilibrului momentelor create de semnalul de intrare, respectiv de reactie.

Forta exercitata de resortul de prescriere (3) pe bratul (A) creaza un moment care tinde sa apropie paleta de duza. Ca urmare, creste presiunea introdusa în burduful de reactie (6). Forta exercitata de burduful de reactie pe bratul (B) creaza un moment de sens contrar primului. Echilibrul se obtine la egalitatea celor doua momente.

Generatorul marimii prescrise permite reglajul punctului de zero, prin varierea momentului dat de forta arcului de zero (4) si reglajul de domeniu, cu

ajutorul surubului micrometric (7), care deplaseaza burduful (6) într-o parte sau alta a punctului de pivotare initial.

#### 8.2.4 Functionarea reglatoarelor F-AB si F-BB

Schema bloc a regulatorului F-AB este prezentata în figura 8.10, iar regulatorul F-BB, în figura 8.11.

Semnalul de prescriere ajunge de la generatorul marimii prescrise (1) la una din intrarile laterale ale comutatorului *I/E*. La cealalta intrare a comutatorului ajunge semnalul de prescriere generat din exterior. Semnalul de prescriere, selectat I sau E, iese prin partea centrala a comutatorului, de unde este trimis la elementul de indicare (7), la elementul de masura a abaterii (2) si prin intermediul placutei „*Direct/Invers*”, ajunge la burduful corespunzator al comparatorului.

Semnalul marimii reglate, dupa intrarea în regulator, este transmis la elementul de masura a abaterii (2) si la amplificatorul derivativ (9), prin intermediul placutei „*Inclus/Exclus*”. Dupa iesirea din amplificatorul derivativ, semnalul marimii reglate ajunge prin intermediul placutei „*Direct/Invers*”, în burduful corespunzator al comparatorului (4).

Din schema, se observa ca exista posibilitatea, prin intermediul placutei „*Inclus/Exclus*”, sa se intercaleze, sau nu, grupul RC si amplificatorul derivativ pe traseul marimii reglate, între intrarea în aparat si grupul comparator.

Placuta „*Direct/Invers*” are rolul de a inversa intrarile în cele doua burdufuri opuse ale comparatorului, corespunzatoare marimilor prescrisa si reglata.

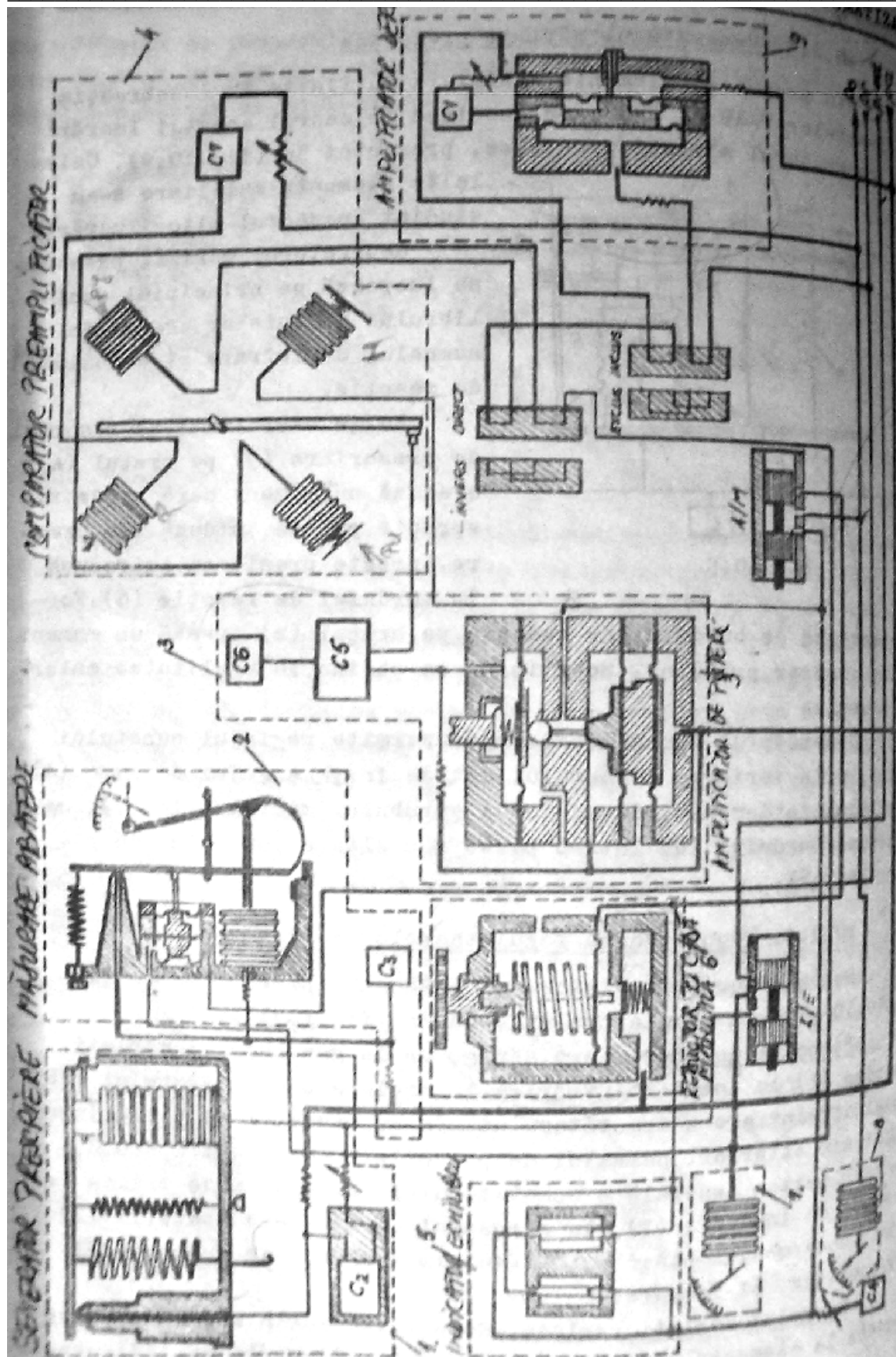
Semnalul de comanda, furnizat de reductorul pentru comanda manuala (6) ajunge la una din intrarile laterale ale comutatorului *A/M*, precum si la cele doua ramuri ale indicatorului de echilibru (5).

Semnalul modulat de la preamplificatorul ajutoraj-paleta, care este proportional cu diferenta dintre marimea prescrisa si cea reglata, este introdus în amplificatorul de putere (3). Semnalul de comanda, de la iesirea amplificatorului, este trimis în burduful de reactie negativa din comparator, la cele doua ramuri ale indicatorului de echilibru (5) si la comutatorul *A/M*.

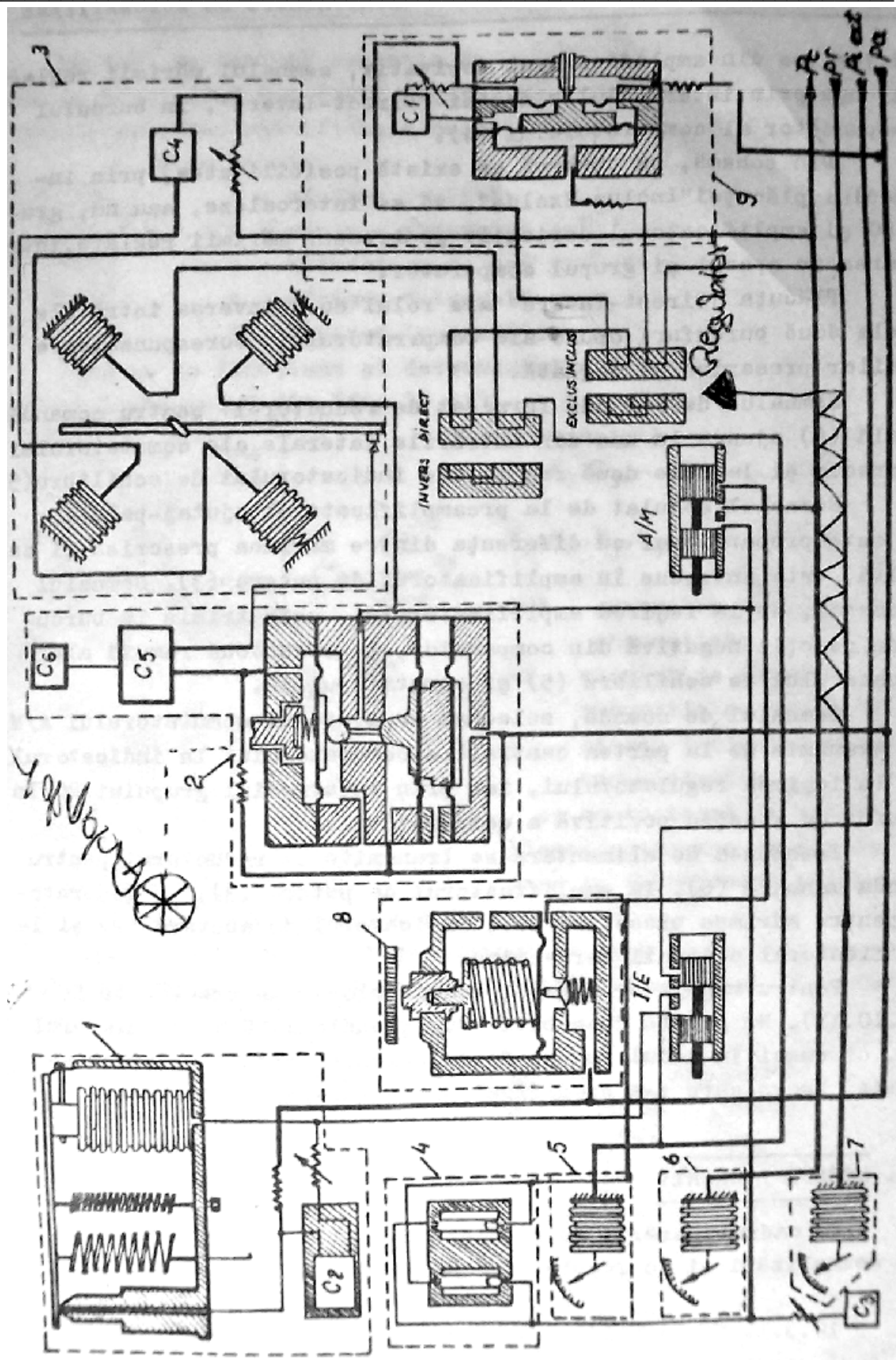
Semnalul de comanda, selectat cu ajutorul comutatorului *A/M*, este transmis de la partea centrala a comutatorului la indicatorul (8), la iesirea regulatorului, iar prin intermediul grupului RC la burduful de reactie pozitiva a comparatorului.

Presiunea de alimentare se transmite la reductorul pentru comanda manuala (6), la amplificatorul de putere (3), la generatorul pentru marimea prescrisa (1), la indicatorul de abatere (2) si la amplificatorul actiunii derivative.

Pentru regulatorul F-BB, schema bloc este prezentata în figura 8.11. Nu exista deosebiri functionale fata de regulatorul F-AB, ci numai în modul în care se face indicarea marimilor caracteristice, lucru care a fost deja specificat la începutul lucrării.



*Figura 8.10 Regulator F-AB*



*Figura 8.11 Regulator F-BB*

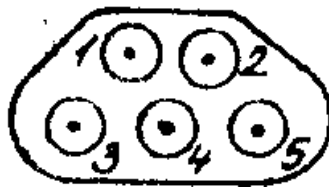
### 8.3 MERSUL LUCRARII

În cadrul lucrării se studiaza un regulator F-AB de tip PI, fara semnalizari si un regulator F-BB de tip PID, fara semnalizari.

8.3.1 Se identifica toate partile constructive pentru cele doua regulatoare, precum si rolul lor functional.

8.3.2 Se executa operatia de punere în functiune. Pentru aceasta se identifica mai întâi legaturile pneumatice cu racord F-LA 100, respectând semnificatia bornelor din figura 8.12, unde s-au notat :

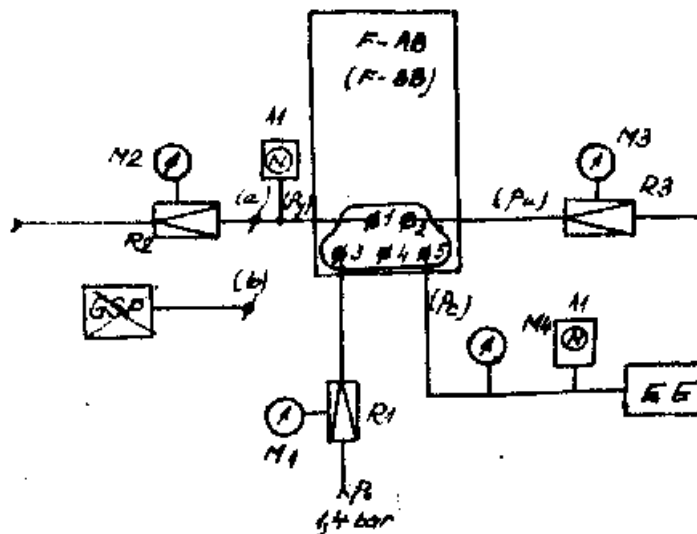
- 1 – marimea reglata;
- 2 – marimea prescrisa externa;
- 3 – alimentare cu aer instrumental;
- 4 – marimea integrala externa;
- 5 – iesirea (comanda).



*Figura 8.12 Borne de conectare*

Punerea în funcțiune și determinările cerute în lucrare se execută cu montajul din figura 8.13. S-au notat :

- R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>, R<sub>3</sub> – filtre reductoare FR 100;  
M<sub>1</sub>, M<sub>2</sub>, M<sub>3</sub>, M<sub>4</sub> – manometre 0 ÷ 2 bar;  
GSP – generator de semnale pneumatice;  
EE – element de executie pneumatic cu membrana;  
A – aparat indicator sau înregistrator.



*Figura 8.13 Montaj experimental*

- Se controleaza si se regleaza presiunea de alimentare la valoarea de 1,4 bar;
- Se trece comutatorul *A/M* pe pozitia *M*;
- Se regleaza semnalul de comanda (rozeta din partea dreapta a cadrului frontal) astfel ca elementul de executie sa fie adus într-o pozitie mediana;

#### 8.3.3 Se executa operatia de acordare a regulatorului F-AB.

- Se fixeaza BP la valoarea 500%;
- Se regleaza manual marimea de comanda pâna ce marimea reglata ajunge la valoarea celei prescrise;
- Se deschide complet rezistenta integrala ( $T_i$  minim);
- Dupa cca. un minut se închide complet rezistenta integrala ( $T_i$  maxim);
- Se trece comutatorul *A/M* în pozitia "Automat" (*A*);
- Se descreste valoarea BP pâna ce se obtine o oscilatie continua cu amplitudine constanta pe înregistrator (înregistratorul de pe marimea reglata);
- Se masoara timpul necesar efectuării unei oscilatii complete si se fixeaza  $T_i$  la aceasta valoare;
- Se creste încet valoarea BP pâna ce se obtine o oscilatie amortizata suficient pentru asigurarea unei reglari stabile.

Trebuie avuta grija la comutarea *A/M* (sau *I/E*). Comutarea trebuie sa fie precedata de echilibrarea celor doua marimi (bilele indicatorului de echilibru trebuie sa fie amândoua jos).

8.3.4 Se alege semnalul de referinta extern sau intern. Referinta interna (comutatorul *I/E* fixat pe *I*) se fixeaza la 0,6 bar din rozeta din partea stânga de pe cadrul frontal. Pentru referinta externa, semnalul se obtine cu reductorul  $R_3$  montat în circuitul exterior (vezi figura 8.13).

Nota : Acele indicatoare de pe cadrul frontal au culoarea :

- rosu : pentru abatere sau marimea reglata;
- negru : pentru marimea prescrisa;
- galben : pentru marimea de comanda.

8.3.5 Se trece comutatorul *A/M* pe pozitia *M* si se verifica functionarea regulatorului pentru comanda manuala (butonul din partea dreapta a cadrului frontal). De asemenea se verifica rolul placutei "Direct/Invers". Pentru sensul direct, marimea de comanda creste odata cu cresterea marimii reglate.

8.3.6 Se determina caracteristicile statice ale regulatorului P ( $T_i$ -maxim ;  $T_d$ -minim) pentru BP : 50%; 100%; 200%; 500%.

8.3.7 Se verifica raspunsurile regulatorului la semnale treapta aplicate la intrare pentru BP 100% si valorile treptei  $\pm 0,1 \text{ kgf/cm}^2$ . Constanta de timp integrala se ia : 1, 2 si 5 minute.

8.3.8 Se vizualizeaza comportarea dinamica ( $x_c=p_c=0,2 \div 1$  bar) la un înregistrator pneumatic pentru diverse intrari (treapta, rampa, etc).

8.3.9 Se vor trage concluzii privind functionarea reguletoarelor de panou si performatele lor.

Bibliografie :

- [1] Gh. Lazea – Echipamente de automatizare pneumatice si hidraulice – îndumator de laborator; Lito IPCN – 1982.
- [2] Gh. Lazea – Echipamente de automatizare pneumatice si hidraulice – note de curs; Lito IPCN – 1986.
- [3] L. Bivolaru – Montarea instalatiilor de automatizare, vol. 3 si 4; Ed. T. Bucuresti – 1978.
- [4] W. Deppest, K. Stall – Initiere în pneumo-automatica; E.T. Bucuresti – 1975.