

Modulul 9

Automatizarea cuptoarelor tubulare (2)

Obiective

- Particularități la proiectarea structurii sistemului automat de reglare a combustiei
- Sisteme de reglare a raportului aer/combustibil
- Sisteme de reglare a concentrației oxigenului în gazele arse
- Probleme și întrebări

9.1. Particularități la proiectarea structurii sistemului de reglare a combustiei

Combustia este un proces, reglarea procesului fiind realizată prin intermediul unor variabile asociate acestui proces. În funcție de variabila selectată pot fi proiectate sisteme de reglare ale acestor variabile, sisteme care în final vor regla și procesul de combustie. Selecția variabilelor este realizată prin analiza simulării cuptorului tubular. Performanța acestor sisteme este dată de durata regimului tranzitoriu și de comportamentul la factorii perturbatori.

Variabilele care pot fi utilizate pentru reglarea combustiei sunt raportul aer/combustibil și concentrația oxigenului în gazele arse. În consecință, pentru reglarea combustiei sunt disponibile două structuri fundamentale:

- a) Structura bazată pe reglarea raportului aer/combustibil.
- b) Structura bazată pe reglarea concentrației oxigenului în gazele arse.

În raport cu structurile fundamentale enumerate pot exista variante de sisteme automate diferențiate prin elementul de execuție utilizat sau prin combinarea structurilor fundamentale.

9.2. Sisteme de reglare a raportului aer/combustibil

Raportul aer/combustibil reprezintă variabila uzuală în caracterizarea procesului de combustie. În cazul cuptoarelor tubulare sau a cazanelor de abur cu sarcini termice mari și foarte mari, debitele de aer și combustibil sunt ridicate și pot fi măsurate cu traductoare disponibile. Controlul procesului de combustie este realizat prin reglarea raportului aer/combustibil la o valoare prestabilită, specifică fiecărui cuptor. Valoarea referinței blocului de raport trebuie aleasă cu multă grijă, astfel încât să asigure o ardere completă în condițiile unui consum minim de energie.

Sistemul clasic de reglare a raportului aer/combustibil este prezentat sub formă de schemă P&I în figura 9.1 și are următorul conținut:

- subsistemul de măsurat debitului de combustibil (subsistem încorporat în cadrul sistemului de reglare a temperaturii);
- subsistemul de reglare a debitului de aer;
- blocul de calcul a debitului de aer.

Sistemul automat conține următoarele subsisteme ale dispozitivului de automatizare:

Sistemul de măsurare a debitului de combustibil

1. Element sensibil cu diafragmă 01-FE.
2. Transmitter de debit (traductor de presiune diferențială) 01-FT.
3. Convertor analog – numeric 01-FY.

Sistemul de reglare al debitului de aer

1. Element sensibil cu ajutor 02-FE.
2. Transmitter de debit (traductor de presiune diferențială) 02-FT.
3. Regulator de debit 02-FC.
4. Convertor electro - pneumatic 02-FY.
5. Element de execuție tip clapetă de reglare 02-FV.

Sistemul de calcul al debitului de aer

1. Bloc de calcul a debitului de aer 03-FFC.
2. Convertor numeric - analog 03-FY.

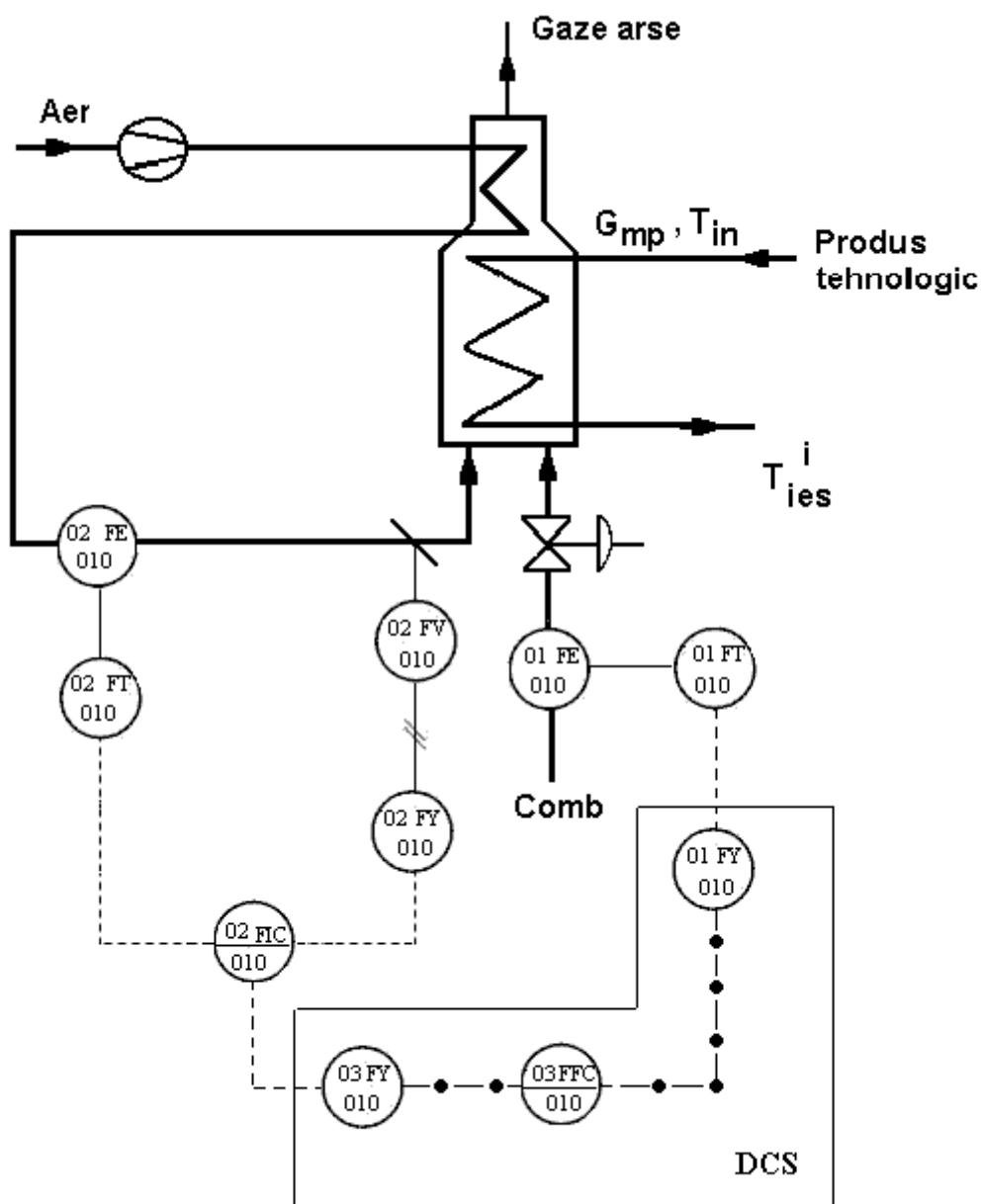


Fig. 9.1. Schema P&I a structurii clasice de reglare a raportului aer/combustibil.

Schema P&I prezentată în figura 9.1 aduce elemente noi în ceea ce privește simbolistica utilizată. Astfel, pe lângă notațiile pentru conductă, semnal electric și semnal pneumatic, în schemă este utilizată notația pentru semnalul numeric (linie și punct). În schema prezentată, semnalul numeric este asociat prelucrării în cadrul dispozitivului de conducere denumit generic **DCS** (**Distributed Control System**). Acest echipament conține:

- a) Convertorul analog – numeric 01-FY (pentru semnalul achiziționat de la traductorul de debit combustibil).
- b) Blocul de calcul a debitului de aer 03-FFC.
- c) Convertorul numeric – analog 03 FY (pentru comanda generată de blocul de calcul a debitului de aer.

Structura clasică de reglare a raportului aer/combustibil este deosebit de simplă și robustă. La orice variație a sarcinii termice a cuptorului se modifică debitul de combustibil și odată cu acesta debitul de aer, astfel încât raportul aer/combustibil să rămână constant. Deficiența principală a acestei structuri este dată de neliniaritatea procesului de combustie a cuptorului tubular, raportul aer/combustibil neavând valori constante pe tot domeniul de variație al sarcinii termice.

O altă deficiență a structurii clasice o constituie efectul, în regim dinamic, al celor două fluxuri (aer și combustibil). Astfel, la o creștere a sarcinii termice a cuptorului se modifică mai întâi debitul de combustibil asociat SRA-T și ulterior debitul de aer, subordonat debitului de combustibil prin intermediul reglării de raport. Această acțiune conduce la o ardere incompletă pe o perioadă de timp limitată dar cu efecte economice nefaste.

O problemă specifică acestei structuri de reglare este reprezentată de traductorul de debit de aer. Pentru cuptoarele tubulare, conducta de aer are o secțiune pătrată sau dreptunghiulară. debitul de aer este măsurat prin intermediul metodei micșorării locale a secțiunii de curgere. Prescripțiile generale pentru determinarea elementelor necesare calculului debitului sunt reglementate de STAS 7347/1-83. Elementele primare la care se referă standardul sunt diafragma și ajutorajul. Deoarece diafragma poate fi utilizată numai pentru conducte cu secțiune circulară, pentru secțiuni de curgere pătrate sau dreptunghiulare trebuie utilizat ca element primar ajutorajul cu rază lungă. O secțiune transversală prin elementul sensibil este prezentată în figura 9.2.

Variația continuă și lină a elementului de strangulare a secțiunii și dispunerea prizei minus a traductorului de presiune diferențială justifică următoarea ipoteză:

Căderea de presiune pe traductorul tip ajutoraj cu rază lungă nu are la bază conceptul de vena contracta asociat traductorului de debit cu diafragmă, ci

reducerea efectivă a secțiunii, reducere ce are drept consecință scăderea presiunii și creșterea vitezei fluidului.

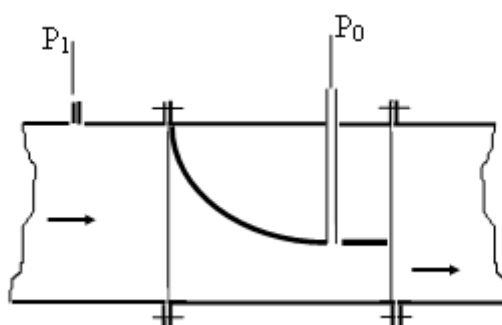


Fig. 9.2. Geometria ajutorului cu rază lungă.

Standardele din domeniul traductoarelor de debit tip Venturi precizează pentru profilul diafragmei un arc de elipsă, descris de ecuația

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1, \quad (9.1)$$

unde a și b sunt semiaxele elipsei, figura 9.3.

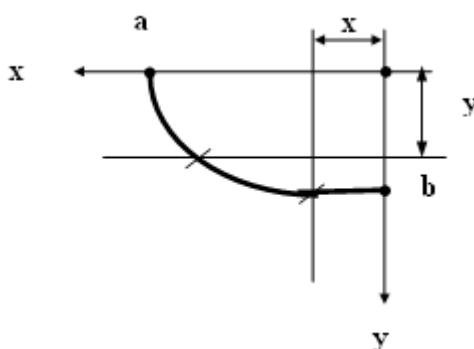


Fig. 9.3. Secțiune transversală prin ajutaje cu rază lungă.

O altă problemă a structurii de reglare a combustiei din figura 9.1 o reprezintă elementul de execuție al sistemului de reglare a debitului de aer. Având în vedere atât debitul foarte mare al aerului de combustie cât și secțiunea tubulaturii de transport, elementul de execuție tip clapetă de reglare necesită un servomotor de acționare foarte mare, capabil să asigure forța și cuplul necesar modificării unghiului de deschidere a clapetei.

Sistemul de reglare a raportului aer/combustibil utilizând elementul de execuție convertizor static de frecvență + motor electric + suflantă rezolvă deficiența semnalată anterior. Structura sistemului automat este prezentată sub forma schemei P&I în figura 9.4.

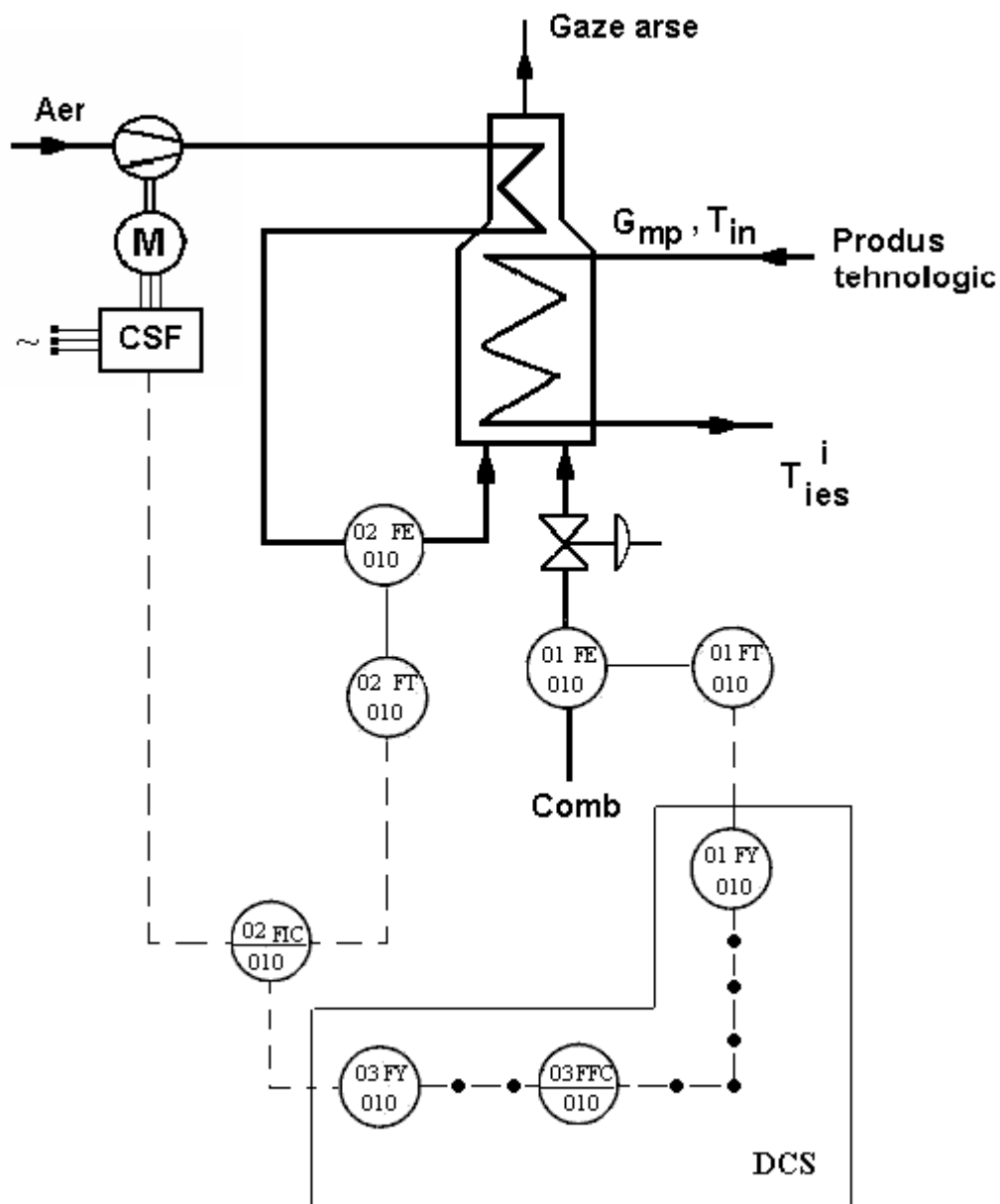


Fig. 9.4. Schema P&I a structurii de reglare a raportului aer/combustibil echipată cu convertizor static de frecvență.

Structura de reglare prezentată este similară cu cea din figura 9.1, deosebirea fiind legată de elementul de execuție convertizor static de frecvență – motor electric – ventilator.

9.3. Sisteme de reglare a concentrației oxigenului în gazele arse

O altă modalitate de reglare a procesului de combustie este cea a reglării conținutului de oxigen din gazele arse. Pentru a realiza o ardere completă este necesar ca să existe un exces de aer, măsurabil prin concentrația oxigenului nereacționat, prezent în gazele arse. În figura 9.5 este prezentată teoretic caracteristica statică a concentrației oxigenului în gazele arse în funcție de coeficientul cantității de aer (debitul de aer).

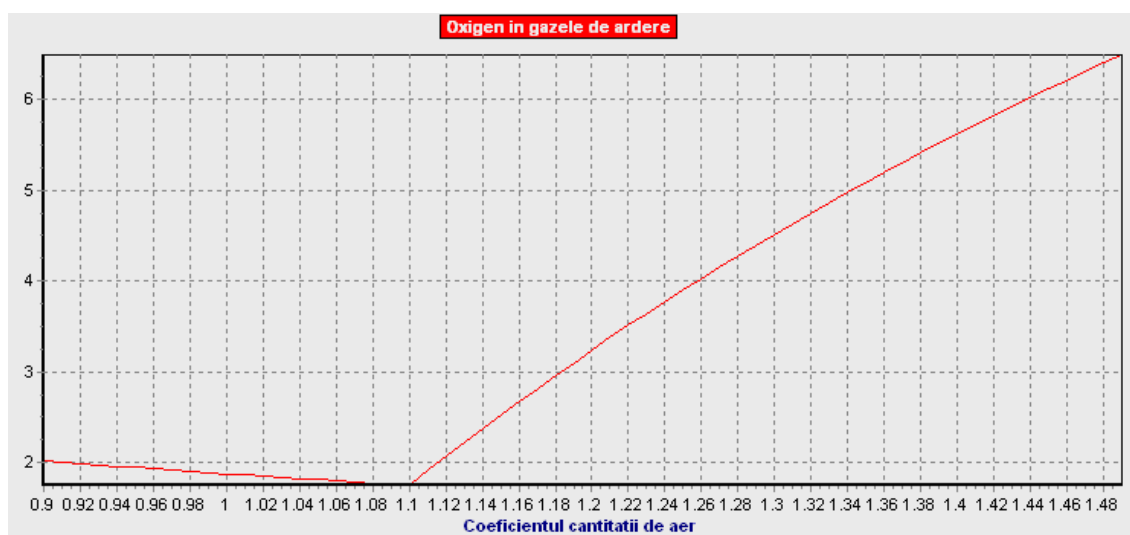


Fig. 9.5 Caracteristica statică a concentrației oxigenului în gazele arse în funcție de coeficientul cantității de aer.

Structura de reglare a fost proiectată ca urmare a dezvoltării de traductoare pentru măsurarea concentrației oxigenului în gazele arse. În figura 9.6 este prezentată schema P&I a sistemului de reglare a concentrației oxigenului în gazele arse. Structura de automatizare prezentată este un sistem de reglare a concentrației oxigenului în gazele arse în cascadă cu sistemul de reglare a debitului de aer. Elementul de execuție al sistemului automat de reglare a concentrației oxigenului în gazele de ardere a fost prezentat anterior.

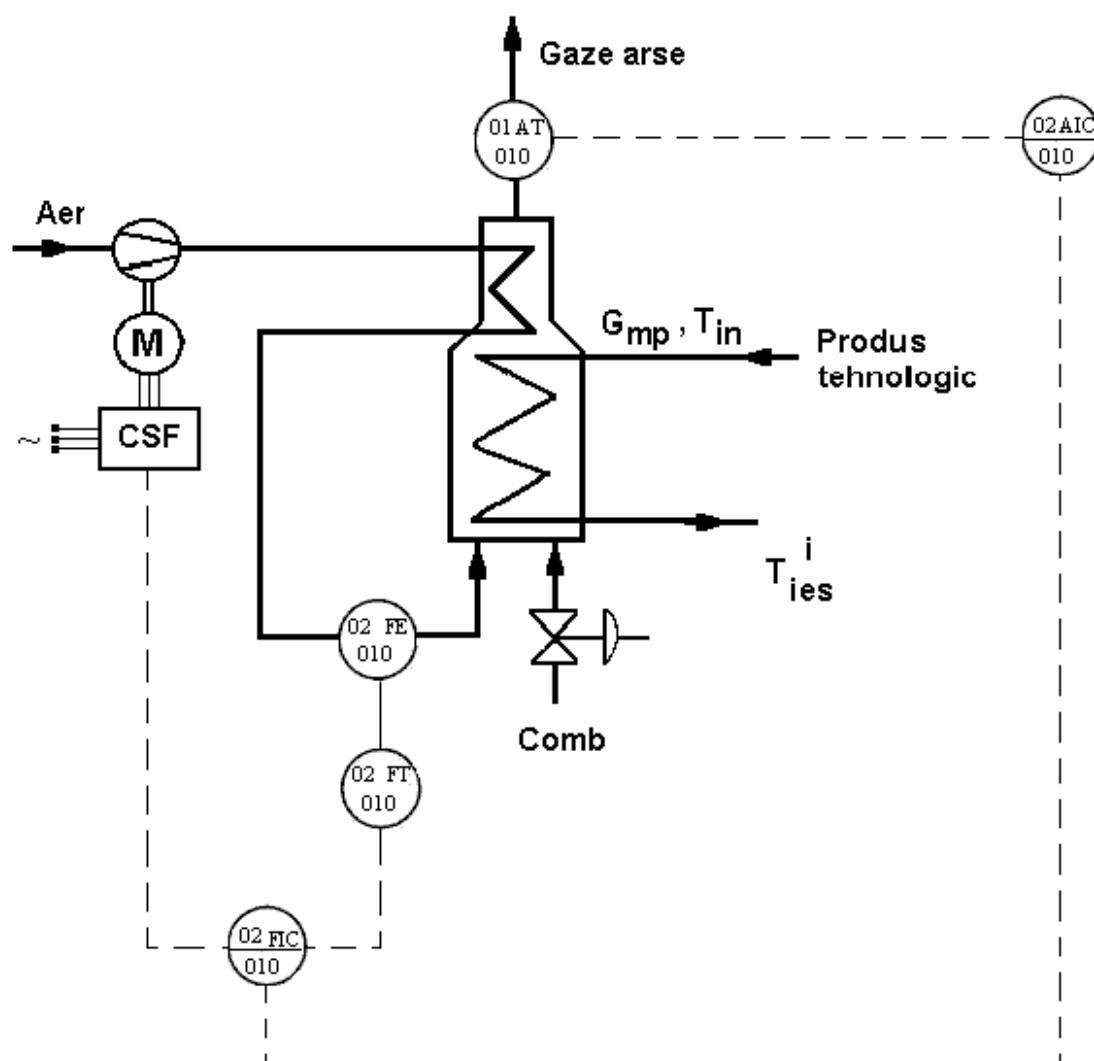


Fig. 9.6. Schema P&I a sistemului de reglare a concentrației oxigenului în gazele arse.

Elementele de noutate ale sistemului de reglare a oxigenului sunt următoarele:

- Traductorul de oxigen, 01 AT, este un traductor bazar pe absorbția radiațiilor. Conform schemei P&I din figura 9.5, traductorul generează un semnal analogic standardizat, 4...20 mA.
- Regulatorul de oxigen este un regulator numeric dar compatibil cu semnalele analogice 4...20 mA. Algoritmul utilizat este PID, algoritm care asigură un răspuns relativ rapid al sistemului. Opțiunea pentru regulatorul numeric a fost luată pentru domeniul mare de valori ale parametrilor de acordare, coeficientul de proporționalitate K_P , timpul de integrare T_I și timpul de derivare T_D .

Teoretic, sistemul automat asigură menținerea concentrației prescrise a oxigenului în gazele de ardere și implicit reglarea procesului de combustie. Prima deficiență a structurii este dată de imposibilitatea determinării corecte a prescrierii sistemului automat. Caracterul neliniar al procesului de combustie și transfer termic impune modificarea prescrierii sistemului automat în funcție de sarcina termică a cuptorului, lege care este specifică fiecărui cuptor în parte și care nu este cunoscută.

O a doua deficiență a sistemului automat este generată de faptul că incinta cuptorului industrial, formată din camera de radiație și camera de convecție, nu este etanșă. În consecință, în incinta cuptorului poate pătrunde aer fals, aer ce nu este măsurat și care va modifica nedorit concentrația oxigenului în gazele arse.

9.4. Probleme și întrebări

- 9.4.1. Câte tipuri de sisteme automate de reglare a combustiei sunt prezentate în curs și care anume?
- 9.4.2. Care este variabila din proces utilizată în cadrul structurii ce reglează raportul aer/combustibil?
- 9.4.3. Desenați schema P&I a sistemului clasic de reglare a raportului aer/combustibil.
- 9.4.4. Ce tip de semnale sunt utilizate intern în cadrul unui sistem distribuit de conducere?
- 9.4.5. Care sunt elementele de conversie a semnalelor analogice în semnale numerice?
- 9.4.6. Desenați un traductor de debit de aer.
- 9.4.7. Ce elemente de execuție pot fi utilizate în cadrul subsistemului de reglare a debitului de aer?
- 9.4.8. Desenați caracteristica statică a concentrației oxigenului în gazele arse în funcție de coeficientul cantității de aer.
- 9.4.9. Desenați schema P&I a sistemului de reglare a concentrației oxigenului în gazele arse.