

5

REGLAREA PARAMETRIILOR TEHNOLOGICI

Parametrii tehnologici cei mai frecvent întâlniți în parctica industrială sunt debitul, presiunea, nivelul și temperatura. La instalațiile de foraj, un parametru important care se impune a fi reglat este sarcina pe sapa de foraj.

5.1. REGLAREA DEBITULUI

Procesul de modificare a debitului de lichid care circulă printr-o conductă de lungime medie (de ordinul zecilor sau sutelor de metri) este caracterizat printr-o dinamică relativ rapidă, cu regimuri tranzitorii de ordinul secundelor. Întârzierea care apare se datorește inerției masei de lichid în mișcare, frecării interne și de pereții conductei, inerției pompelor și, nu în ultimul rând, întârzierii răspunsului robinetului de reglare.

Deoarece semnalul de măsură generat de traductorul de debit conține în multe cazuri un nivel de zgomot semnificativ, reglatoarele de debit sunt de tip PI, cu componenta proporțională slabă (cu factorul de proporționalitate K_p subunitar) și componenta integrală puternică (cu constanta de timp integrală T_i mică, de ordinul secundelor sau zecilor de secunde).

5.1.1. Reglarea debitului pompelor centrifuge

Cele mai întâlnite metode de reglare a debitului pompelor centrifuge sunt: a) prin strangularea variabilă a conductei de refulare (fig. 5.1, *a*); b) prin strangularea variabilă a conductei de recirculare (fig. 5.1, *b*); c) prin modificarea vitezei de rotație a pompei (fig. 5.2).

În schemele sinoptice ale sistemelor de reglare a debitului, simbolurile utilizate au următoarele semnificații: FT – traductor de debit („flow-transducer”), FR – înregistrator de debit („flow-recorder”), FI – indicator de debit („flow-indicator”), FC – regulator de debit („flow-controller”), E/P – convertor electro-pneumatic, $\sqrt{\quad}$ – extractor de radical. Rolul extractorului de radical este acela de liniarizare a caracteristicii statice $i_m(Q)$ a sistemului de

măsurare a debitului, în ipoteza utilizării unui traductor de debit cu diafragmă. La sistemele de reglare electronice unificate, curentul de referință i_r , curentul de măsură i_m și curentul de comandă i_c sunt semnale unificate în gama 4...20 mA c.c., iar presiunea de comandă p_c este semnal unificat în gama 0,2...1,0 bar.

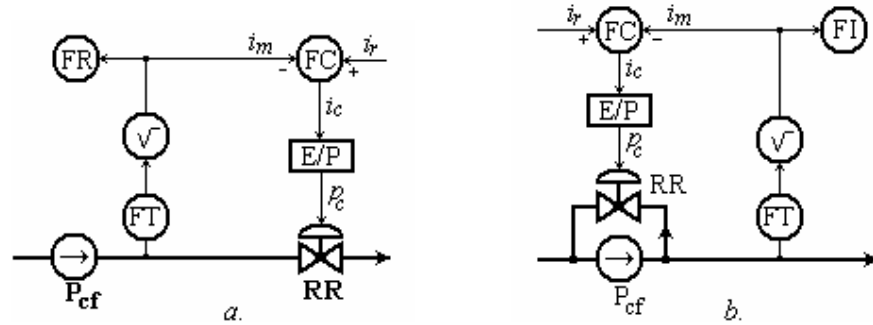


Fig. 5.1. Sisteme unificate de reglare a debitului pompelor centrifuge
a – cu RR pe conducta de refulare; b – cu RR pe conducta de recirculare.

La reglarea prin strângerea conductei de refulare se utilizează un robinet de reglare mai mare (deci mai scump și mai dificil de întreținut) decât la reglarea prin strângerea conductei de recirculare. În schimb, domeniul în care debitul poate fi reglat prin prima metodă este mai mare decât în cazul celei de-a doua metode. La ambele metode, o parte semnificativă din energia și presiunea lichidului se consumă pe robinetul de reglare. Acest neajuns este eliminat prin utilizarea celei de-a treia metode de reglare.

În schema de reglare prin modificarea vitezei de rotație a pompei (fig. 5.2), RTD este un redresor trifazat dublă alternanță cu șase tiristoare (câte două pentru fiecare fază), care generează tensiunea rotorică U pentru comanda motorului de curent continuu Mcc, iar BCG este un bloc de comandă pe grilă, care generează impulsuri periodice pentru comanda tiristoarelor, cu unghiul de deschidere φ_c dependent de curentul continuu de comandă i_c .

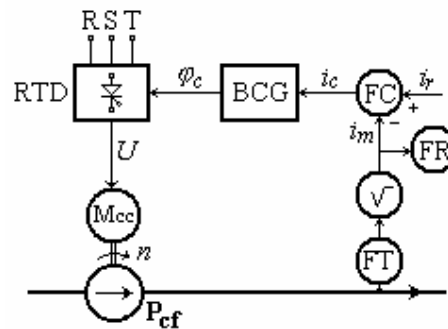


Fig. 5.2. Sistem de reglare a debitului prin modificarea turației pompei.

Dacă debitul reglat crește (datorită reducerii sarcinii sistemului hidraulic), atunci traductorul de debit FT sesizează imediat această creștere, iar curentul de măsură i_m de la ieșirea extractorului de radical va crește, depășind valoarea curentului de referință i_r . În urma procesării erorii $i_r - i_m$, regulatorul va mări curentul de comandă i_c , blocul de comandă pe grilă va crește unghiul de deschidere a tiristoarelor φ_c , tensiunea redresată U va scădea, viteza de rotație n a motorului de antrenare a pompei se va reduce, iar debitul refulat de pompă va scădea, revenind în final la valoarea dinainte. Echipamentul de automatizare este mai complex și mai scump decât la primele două metode de reglare, dar acest dezavantaj este compensat de faptul că întreaga energie a pompei este utilizată numai la transportul lichidului pe conductă, fără a mai avea pierderi de energie și presiune pe robinetul de reglare.

5.1.2. Reglarea debitului pompelor cu piston

La viteză de rotație constantă, forma caracteristicii de lucru a pompelor cu piston diferă substanțial de cea a pompelor centrifuge (fig. 5.3).

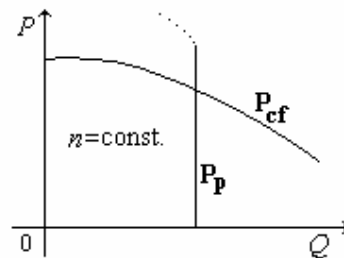


Fig. 5.3. Caracteristicile de lucru ale pompelor centrifuge (P_{cf}) și cu piston (P_p).

Deoarece la pompele cu piston, debitul se menține practic constant în raport cu presiunea de refulare, metoda de reglare cu robinet de reglare montat pe conducta de refulare nu este aplicabilă. Schemele de reglare a debitului pompelor centrifuge prin strangularea variabilă a conductei de recirculare (fig. 5.1, b) și prin modificarea vitezei de rotație a pompei (v. fig. 5.2) rămân însă valabile, cu observația că în locul simbolului pompei centrifuge P_{cf} se va utiliza simbolul pompei cu piston P_p . Avantajele și dezavantajele fiecăreia din cele două metode de reglare a debitului pompelor centrifuge se mențin la reglarea debitului pompelor cu piston.

5.2. REGLAREA PRESIUNII

Reglarea presiunii se întâlnește frecvent la transportul fluidelor pe conducte cu lungimi scurte, medii sau lungi (până la 100 km), la procesarea sau depozitarea fluidelor compresibile etc.

Reglarea presiunii pompelor și compresoarelor centrifuge sau cu piston se poate face prin oricare din cele trei metode utilizate la reglarea debitului pompelor centrifuge. Din considerente de ordin tehnologic, în cazul metodei de reglare prin strangularea conductei de refulare, traductorul de presiune PT („pressure-transducer”) trebuie însă amplasat în aval de robinetul de reglare (fig. 5.4).

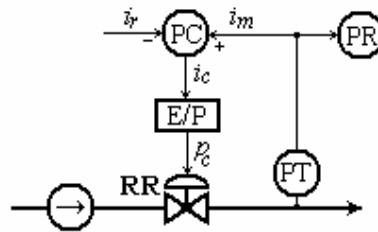


Fig. 5.4. Sistem de reglare a presiunii prin strangularea conductei de refulare.

În cazul transportului lichidelor, dinamica sistemelor de reglare a presiunii este comparabilă cu cea a sistemelor de reglare a debitului, iar regulatoarele utilizate sunt de tip P sau PI. La transportul fluidelor compresibile, dinamica procesului este mai lentă, în funcție de debitul de fluid și de volumul însumat al conductei (din aval de sursă) și al instalației de destinație a fluidului, iar regulatoarele utilizate pot fi de tip P, PI sau PID.

Reglarea presiunii din aparatele tehnologice de tip recipient (separatoare gaz-țitei, reactoare, coloane de separare ș.a.) se face de obicei prin modificarea debitului de admisie sau a debitului de evacuare, alegerea variantei de reglare fiind impusă de condițiile și caracteristicile procesului tehnologic. Modificarea debitului admis sau evacuat se poate face cel mai simplu cu ajutorul unui robinet de reglare montat pe conducta de intrare, respectiv de ieșire a fluidului. În cazul reglării presiunii într-un separator gaz-țitei SGT, robinetul de reglare RR este montat pe conducta de evacuare a gazului către instalația de degazolinare (fig. 5.5). Montarea robinetului de reglare pe conducta de amestec țitei-apă-gaz de la intrarea separatorului este improprie din punct de vedere tehnologic, dat fiind faptul că separatorul trebuie să acumuleze întreaga producție a sondelor de petrol racordate la acesta.

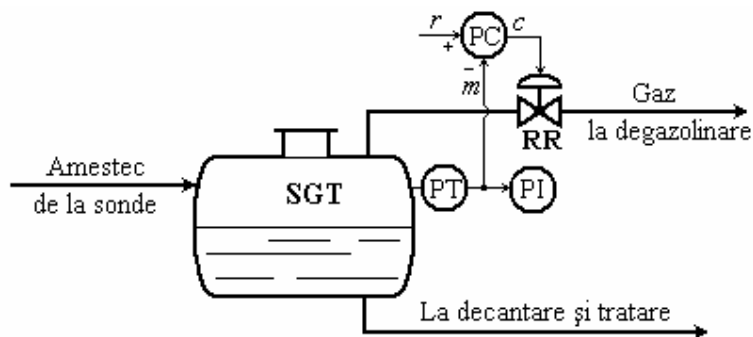


Fig. 5.5. Sistem de reglare a presiunii într-un separator gaz-țiței

5.3. REGLAREA NIVELULUI

Reglarea nivelului de lichid într-un aparat tehnologic sau rezervor se face prin modificarea debitului de lichid de admisie sau de evacuare, alegerea variantei convenabile fiind determinată numai de considerente de ordin tehnologic. Din aceleași considerente, reglarea nivelului de interfață între două lichide nemiscibile se poate face numai prin modificarea debitului de evacuare a lichidului cu densitatea mai mare (situat sub nivelul de interfață). Procesul având ca mărime de intrare debitul volumic Q de lichid evacuat și ca mărime de ieșire nivelul h este de tip pur integral, caracterizat prin ecuația

$$h = \frac{-1}{A} \int_0^t Q dt + h_0, \quad (5.1)$$

unde A este aria secțiunii orizontale de lichid în dreptul linii de nivel. Reglatoarele de nivel continue sau numerice pot fi de tip P sau PI, cu componenta proporțională puternică și componenta integrală foarte slabă (invers ca la reglarea debitului).

În schema sistemului de reglare a nivelului din figura 5.6, LT este traductorul de nivel („level-transducer”), LI – indicatorul de nivel („level-indicator”), LC regulatorul de nivel („level controller”), iar E/P – convertorul electro-pneumatic. Dacă debitul de lichid de la intrarea instalației scade, atunci nivelul începe să scadă. Traductorul de nivel LT sesizează scăderea nivelului și reduce proporțional semnalul de măsură i_m , regulatorul LC procesează eroarea $i_r - i_m$ și, în conformitate cu algoritmul de reglare implementat, modifică semnalul de comandă i_c . Presiunea de comandă p_c de la ieșirea convertorului E/P se modifică, robinetul de reglare RR reduce secțiunea de curgere, debitul evacuat scade sub valoarea debitului de intrare, iar nivelul va începe să crească, revenind în final (dacă regulatorul este de tip PI) la valoarea inițială (egală procentual cu valoarea semnalului de referință i_r).

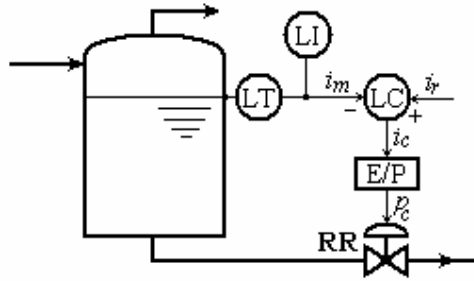


Fig. 5.6. Sistem electronic unificat de reglare a nivelului.

La reglarea nivelului lichidelor vâscoase și cu un conținut mare de impurități, pentru evitarea înfundării elementului obturator se folosesc de obicei *reglatoare bipoziționale*, care generează un semnal de comandă cu două valori distincte (pentru deschiderea și închiderea parțială sau totală a robinetului de reglare). Un exemplu elocvent de reglare bipozițională a nivelului îl întâlnim la separatoarele gaz-țigăi (fig. 5.7).

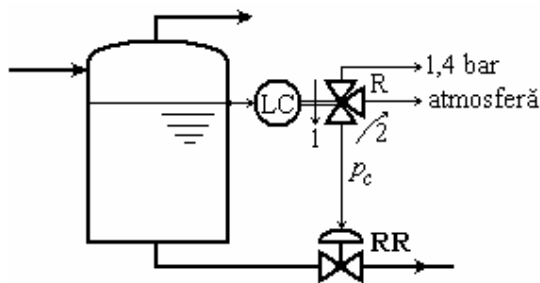


Fig. 5.7. Sistem de reglare bipozițională a nivelului.

Regulatorul specializat LC este alcătuit dintr-un traductor de nivel cu plutitor, un dispozitiv mecanic cu pârghie și burduf de etanșare (pentru transmisia poziției plutitorului în exteriorul vasului) și un robinet cu trei căi R, pilotat pe cale mecanică. Robinetul R are două stări distincte: starea 1, în care ieșirea robinetului este conectată la o sursă de aer comprimat cu presiunea de 1,4 bar și starea 2, în care ieșirea robinetului este conectată la atmosferă. Deoarece în acțiunea de pilotare a robinetului R intervine și fenomenul de frecare mecanică, caracteristica statică de tip releu a regulatorului prezintă histerezis. Prin raportare la poziția plutitorului, valoarea histerezisului este, de exemplu, de 20 cm. Robinetul de reglare RR este normal închis și are obturatorul de tip sertar (asigurând în poziția deschisă o secțiune de trecere având aria practic egală cu cea a conductei).

Dacă robinetul de reglare este închis (robinetul cu trei căi R se află în starea 2), atunci nivelul din separator crește. Când nivelul depășește cu 10 cm cota de referință, pârghia plutitorului comută robinetul R din starea 2 în starea

1. Presiunea de comandă p_c devine 1,4 bar, iar robinetul de reglare RR se deschide complet. Debitul de lichid evacuat sub acțiunea presiunii din separator este de câteva ori mai mare decât debitul de intrare în separator; în consecință, nivelul va începe să scadă. Atunci când nivelul scade cu 10 cm sub cota de referință, pârghia plutitorului comută robinetul R din starea 1 în starea 2. Presiunea de comandă p_c devine zero (aerul din camera activă a servomotorului robinetului de reglare fiind evacuat în atmosferă), robinetul de reglare RR se închide, debitul de lichid evacuat redevine zero, nivelul în separator începe să crească și ciclul se reia de la capăt.

5.4. REGLAREA TEMPERATURII

Procesele de transfer termic sunt procese lente, cu regimuri tranzitorii de ordinul minutelor și zecilor de minute, în funcție de dimensiunile instalațiilor în care au loc aceste procese (cuptoare, schimbătoare de căldură, reactoare chimice etc.). În funcție de unele cerințe impuse, privind simplitatea, robustețea și performanțele de reglare, regulatoarele de temperatură pot fi de tip P, PI, PID sau de tip bipozițional. La cuptoarele tubulare, reglarea se face prin modificarea debitului de combustibil sau a presiunii gazului combustibil, iar la schimbătoarele de căldură, reglarea se face prin modificarea debitului de agent termic (vapori supraîncălziți, aer de răcire, apă de răcire etc.).

În schema de reglare a temperaturii țigăii încălzit cu ajutorul cuptorului tubular CT din figura 5.8, simbolurile elementelor de automatizare au următoarele semnificații: TT – traductor de temperatură (“temperature-transducer”), TR – înregistrator de temperatură (“temperature recorder”), TC – regulator de temperatură (“temperature controller”), E/P – convertor electro-pneumatic.

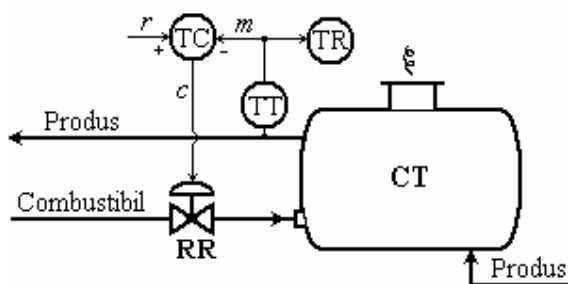


Fig. 5.8. Sistem de reglare simplă a temperaturii la un cuptor tubular.

Gradul de deschidere a robinetului de reglare RR influențează valorile debitului și presiunii combustibilului, dar nu în mod univoc. Aceste valori sunt însă influențate și de presiunea sursei de combustibil. În plus, caracteristica

statică (de lucru) a robinetului de reglare este întotdeauna neliniară, uneori prezentând un histerezis de valoare ridicată (la robinetele de reglare fără poziționer). Aceste inconveniente pot fi eliminate prin înlocuirea elementului de execuție (robinetului de reglare) cu un sistem de reglare automată a debitului de combustibil sau cu un sistem de reglare automată a presiunii combustibilului (numai în cazul unui combustibil gazos). În acest caz, semnalul de comandă al regulatorului de temperatură constituie referința regulatorului de debit (sau de presiune), iar reglarea simplă a temperaturii devine *reglare în cascadă*.

În figura 5.9 este reprezentat sistemul de reglare a temperaturii produsului încălzit în cascadă cu presiunea gazului combustibil. Regulatorul de temperatură TC este regulatorul principal (master), în timp ce regulatorul de presiune PC este regulatorul secundar (intern sau slave). Prin aplicarea semnalului de ieșire al regulatorului de temperatură TC la intrarea de referință a regulatorului de presiune PC, o variație de valoare arbitrară a comenzii regulatorului de temperatură se materializează, după un scurt regim tranzitoriu, într-o variație procentual egală a presiunii gazului combustibil la intrarea în cuptor. În plus, deoarece sistemul de reglare a presiunii este mult mai rapid decât sistemul de reglare a temperaturii, efectul modificării presiunii sursei de gaz combustibil asupra presiunii gazului combustibil la intrarea în cuptor este relativ rapid eliminat de către sistemul intern de reglare a presiunii, astfel încât temperatura produsului la ieșirea din cuptor rămâne practic neafectată. La reglarea simplă a temperaturii (fig. 5.8), modificarea presiunii sursei de gaz combustibil produce o variație a presiunii gazului combustibil la intrarea în cuptor, care are ca efect variația temperaturii produsului la ieșirea din cuptor. Regulatorul de temperatură TC intervine pentru a reduce și elimina această variație (eroare) a temperaturii, dar timpul de readucere a temperaturii la valoarea inițială este mare (de ordinul zecilor de minute).

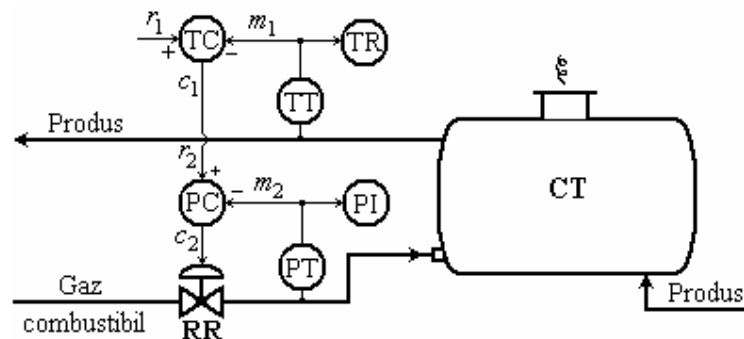


Fig. 5.9. Sistem de reglare a temperaturii în cascadă cu presiunea gazului combustibil.

În general, reglarea în cascadă este posibilă numai atunci când procesul reglat poate fi descompus în două subprocese înseriate P_2 și P_1 (fig. 5.10).

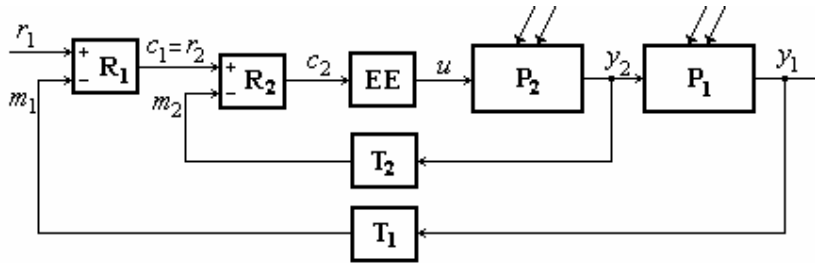


Fig. 5.10. Schema bloc a unui sistem de reglare în cascadă.

O variație a comenzii c_1 a regulatorului principal R_1 se materializează într-o variație procentual egală a mărimii intermediare y_2 , chiar dacă elementul de execuție EE are caracteristica statică neliniară. Din acest motiv, sistemul de reglare în cascadă are performanțe bune atât la modificarea referinței regulatorului principal R_1 , cât și la acțiunea perturbațiilor asupra subprocesului P_1 . Reglarea în cascadă este și mai eficientă atunci când primul subproces (P_2) are dinamica mult mai rapidă decât al doilea subproces (P_1), deoarece efectul perturbațiilor asupra subprocesului P_2 este eliminat rapid în cadrul buclei interne, fără ca mărimea reglată y_1 să sufere o variație semnificativă.