



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2017 01004

(22) Data de depozit: 29/11/2017

(41) Data publicării cererii:
30/05/2019 BOPI nr. 5/2019

(71) Solicitant:
• UNIVERSITATEA TEHNICĂ DIN
CLUJ-NAPOCA, STR.MEMORANDUMULUI
NR.28, CLUJ-NAPOCA, CJ, RO

(72) Inventatori:
• NAȘCU IOAN, STR.PANAIT ISTRATI
NR.12, CLUJ-NAPOCA, CJ, RO;
• DARAB POMPEI COSMIN, STR.SESULUI
NR.17, AP.13, CLUJ-NAPOCA, CJ, RO;
• CRISAN RUBEN DAN, STR.COJOCNEI
NR.16, AP.53, CLUJ-NAPOCA, CJ, RO;
• HARJA GABRIEL, STR.VASILE PETRI
NR.10, UNIREA, CJ, RO

(54) METODĂ DE ACORDARE AUTOMATĂ A PARAMETRILOR
REGULATOARELOR PID

(57) Rezumat:

Invenția se referă la o metodă de estimare a parametrilor unui model liniar al procesului de aerare și acordarea automată a regulatorului cu structură PID pentru controlul automat al concentrației de oxigen dizolvat în bazinul de aerare din treapta biologică a stațiilor de epurare a apelor uzate. Metoda conform invenției cuprinde următoarele etape:

a. inițializarea sistemului de supervizare prin definirea subdomeniilor pentru intrările procesului considerate ca perturbații,

b. monitorizarea valorilor perturbațiilor care pot fi determinate fie prin măsurători directe de către sistemul de control și transmise supervisorului, fie prin utilizarea unor estimatoare care vor calcula aceste valori pe baza măsurătorilor disponibile în cadrul sistemului,

c. verificarea încadrării valorilor curente ale perturbațiilor în subdomeniile pentru care au fost determinați parametrii modelului procesului și parametrii de acordare ai regulatorului,

d. activarea procedurii de estimare dacă valorile curente ale perturbațiilor nu se încadrează în subdomeniile respective,

e. sistemul de supervizare preia comanda asupra ieșirii regulatorului, calculează amplitudinea comenzii și aplică, la intrarea procesului, noua valoare a comenzii,

f. sistemul de supervizare măsoară parametrii de la intrarea și ieșirea procesului pe toată durata acestuia,

g. pe baza acestor măsurători se realizează estimarea parametrilor modelului procesului și acordarea regulatorului, și

h. noile valori se vor transmite regulatorului PID, după care se revine la monitorizarea valorilor perturbațiilor.

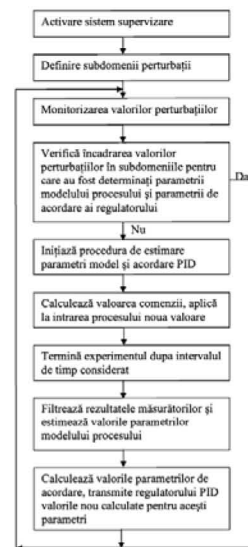


Fig. 2

Revendicări: 2
Figuri: 2

Cu începere de la data publicării cererii de brevet, cererea asigură, în mod provizoriu, solicitantului, protecția conferită potrivit dispozițiilor art.32 din Legea nr.64/1991, cu excepția cazurilor în care cererea de brevet de invenție a fost respinsă, retrasă sau considerată ca fiind retrasă. Întinderea protecției conferite de cererea de brevet de invenție este determinată de revendicările conținute în cererea publicată în conformitate cu art.23 alin.(1) - (3).



METODĂ DE ACORDARE AUTOMATA A PARAMETRILOR REGULATOARELOR PID

Invenția se referă la o metodă de estimare a parametrilor unui model liniar al procesului de aerare și acordarea automată a regulatorului pentru controlul automat a concentrației de oxigen dizolvat în bazinul de aerare din treapta biologică a stațiilor de epurare a apelor uzate.

Metoda cea mai eficientă și mai economică de tratare a apelor uzate este bazată pe folosirea procedeelor de epurare biologică. Cel mai utilizat procedeu pentru tratarea biologică a apelor uzate îl reprezintă procedeul de tratare cu nămol activ. Nămolul activ (biomasa) este format în bazinul de tratare biologică cu aerare (reactorul în care au loc reacțiile de degradare a substanței organice). În bazinul de tratare biologică, aerul insuflat prin procesul de aerare furnizează oxigenul necesar pentru activarea epurării, asigurând în același timp omogenizarea lichidului din bazin. Astfel, apa uzată este aerată împreună cu nămolul activ în așa fel încât oxigenul dizolvat să satisfacă necesitățile de mediu ale microorganismelor aerobe, iar acestea să se mențină în suspensie.

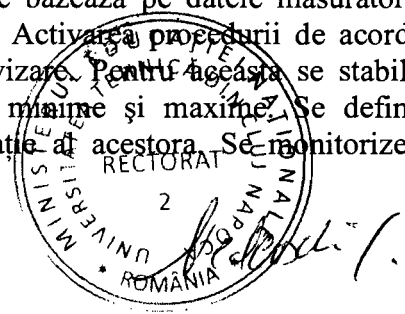
Instalația de automatizare a procesului de aerare din bazinele de aerare ale stațiilor de epurare asigură monitorizarea și controlul automat a concentrației optime de oxigen dizolvat. De regulă, structura sistemului de reglare automată este una clasică, în buclă închisă, având ca elemente constitutive un traductor pentru măsurarea concentrației de oxigen dizolvat, suflante pentru furnizarea debitului de aer necesar și un regulator PID. Structura convențională de control, cu regulatoare PID, deși este o structură simplă, cu performanțe modeste, are totuși avantajul că regulatoarele PID sunt cele mai cunoscute și ușor de utilizat.

Procesul de tratare biologică este însă unul neliniar, are o dinamică complicată, cu parametri variabili în timp și este afectat de perturbații semnificative. Conducerea unui astfel de proces este dificilă folosind metodele convenționale. În ultimul timp sunt propuse tot mai multe tehnici avansate de control automat pentru controlul acestor procese: control optimal, control predictiv bazat pe modele liniare sau neliniare, control adaptiv, control fuzzy sau neuronal. Pentru implementarea acestor tehnici este însă nevoie de utilizarea unui suport hardware cu flexibilitate în programare și putere de calcul sporite. În ciuda evoluției rapide a componentelor hardware din ultimii ani, regulatoarele convenționale PID au rămas încă cele mai folosite echipamente de reglare în aplicațiile industriale. Deși au o structură simplă aceste regulatoare sunt de departe cele mai larg utilizate în sistemele de control automat. Ele se pot regăsi și în structura celor două categorii de sisteme rezultate din dezvoltarea tehnologiilor și produselor de automatizare: DCS și PLC. Există numeroase argumente pro și contra utilizării structurii PID, acum când echipamente și sisteme numerice de reglare permit realizarea unor structuri mai complicate și mai eficiente. Structura PID este bine cunoscută și există metode sistematice, relativ simple, de acordare a acestor regulatoare. Această structură simplă limitează însă performanțele regulatorului. Reglarea proceselor cu o dinamică complexă și care se mai și modifică în timp este greu de realizat eficient cu regulatoare PID. Pentru aceste procese, în condițiile în care înlocuirea regulatoarelor clasice PID cu regulatoare moderne bazate pe strategii avansate de control (regulatoare predictive, regulatoare neurale sau neuro-fuzzy etc.) ar necesita costuri suplimentare se încearcă dezvoltarea unor tehnici de estimare a parametrilor și acordare a regulatoarelor care să compenseze neajunsurile structurii PID.

Metoda, conform invenției, înlătură dezavantajele soluțiilor bazate pe tehnici de control avansat, prin aceea că se bazează pe structura convențională de control, utilizând regulatoare PID. Pentru aceasta se are în vedere că majoritatea stațiilor de epurare au un sistem de automatizare bazat pe automate programabile (PLC) și un sistem de monitorizare și supervizare de tip SCADA. Astfel la nivelul supervisorului este posibilă accesarea tuturor datelor și parametrilor regulatoarelor conectate precum și modificarea valorilor unor parametri cum ar fi referința, parametrii de acordare sau parametrii de configurare.

Soluția pentru realizarea sistemului de control constă în implementarea la nivelul supervisorului a unei proceduri de estimare a parametrilor unui model liniar și acordarea automată a parametrilor regulatorului cu structură PID. Această procedură se bazează pe datele măsurătorilor variabilelor din proces disponibile la nivelul sistemului SCADA. Activarea procedurii de acordare automată este gestionată tot la nivelul de monitorizare și supervizare. Pentru aceasta se stabilesc perturbațiile principale din proces și se determină valorile lor minime și maxime. Se definesc subdomenii de variație de 20% din domeniul principal de variație al acestora. Se monitorizează

OFICIUL NAȚIONAL DE BREVET
Cerere de brevet de invenție
Nr. a 2017 01004
Data depozit 29-11-2017



permanent valorile acestor perturbații. De fiecare dată când valorile trec în alt subdomeniu supervizorul lansează procedura de autoacordare: estimează parametrii modelului procesului corespunzător noului regim de funcționare și calculează apoi parametrii de acordare ai regulatorului PID.

Metoda, conform invenției, permite extinderea gradului de utilizare a soluției de control convențional cu reglatoare PID, prin aceea că asigură performanțele de reglare în prezența neliniarităților dinamicii procesului prin actualizarea parametrilor de acord ai regulatorului în funcție de regimul de funcționare.

Metoda, conform invenției, prezintă următoarele avantaje:

- asigură păstrarea performanțelor de control în prezența neliniarităților procesului;
- nu necesită determinarea a unui model exact al procesului;
- prin faptul că se bazează pe reglatoare cu structura simplă, PID oferă comoditate în configurare și exploatare;
- asigură costuri reduse;

În continuare se dă un exemplu de realizare a invenției pentru controlul oxigenului dizolvat în bioreactoare aerobe, în legătură și cu figura 1 și figura 2, care reprezintă:

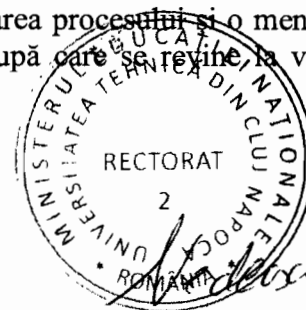
- figura 1, structura sistemului de control automat;
- figura 2, organigrama de funcționare a metodei de estimare a parametrilor modelului procesului și acordare a regulatorului PID, implementată la nivelul de supervizare.

Metoda, conform invenției, pentru estimarea parametrilor modelului procesului și acordarea regulatorului PID, este destinată aplicării în cadrul unui sistem de control automat a cărui structură este prezentată în figura 1.

Regulatorul PID are ieșirea conectată pe intrarea de control a procesului (u), reprezentând în cazul nostru debitul de aer introdus de suflante în proces. Regulatorul, cu structură PID calculează comanda astfel încât valoarea concentrației de oxigen dizolvat (y), să urmărească valoarea prescrisă (w) în conformitate cu performanțele impuse. În momentul în care sistemul supervizor activează procedura de autoacordare, se aplică aditiv o perturbație de tip treaptă de 10% din valoarea curentă pe intrarea u a procesului pentru un interval de timp egal cu valoarea anterioară a constantei de timp a procesului. Pe un interval de timp de trei ori mai mare decât durata acestei trepte, valorile măsurate la intrarea și ieșirea procesului se vor transmite algoritmului de estimare. Supervizorul poate modifica valoarea perturbației pentru a obține modificări ale semnalului măsurat de valori convenabile în raport cu zgomotul de măsură.

În figura 2 este prezentată organigrama de funcționare a sistemului de supervizare în baza căreia este comandată activarea procedurii de estimare a parametrilor modelului procesului și acordare a regulatorului. Aceasta cuprinde în principal următoarele etape:

- a) inițializarea sistemului de supervizare – definirea subdomeniilor pentru intrările procesului considerate ca perturbații;
- b) monitorizarea valorilor perturbațiilor. Acestea pot fi determinate fie prin măsurători directe de către sistemul de control și apoi transmise supervizorului fie prin utilizarea unor estimatoare ce vor calcula aceste valori pe baza altor măsurători disponibile în cadrul sistemului;
- c) verificarea încadrării valorilor determinate pentru perturbații în subdomeniile curente definite anterior pentru care au fost determinați parametrii modelului procesului și parametrii de acordare ai regulatorului;
- d) dacă se constată ieșirea din subdomeniile curente este necesară activarea procedurii de estimare a parametrilor procesului și re acordarea regulatorului;
- e) sistemul de supervizare preia comanda asupra ieșirii regulatorului, calculează noua comandă, de 110% din valoarea comenzii actuale, trimite această valoare la intrarea procesului și o menține un interval de timp egal cu valoarea constantei de timp a procesului, după care se revine la valoarea anterioară a comenzii;



f) sistemul de supervizare salvează valorile măsurate la intrarea și ieșirea procesului pe un interval de timp de trei ori mai mare decât durata perturbației treaptă pe intrarea procesului, după care încheie experimentul și transmite aceste valori algoritmului de estimare;

g) algoritmul de estimare filtrează rezultatele măsurătorilor și realizează estimarea parametrilor modelului procesului. Estimarea parametrilor se realizează utilizând metoda celor mai mici pătrate recursivă. Algoritmul de estimare rulează de 2 ori consecutiv. Mai întâi se rulează algoritmul de estimare având ca valori inițiale valorile anterioare ale parametrilor modelului și o valoare scăzută a factorului de uitare pentru a permite o adaptare rapidă însă nu foarte precisă a parametrilor modelului la valorile reale. Apoi cu noile valori determinate de estimator pentru parametrii procesului, considerate ca valori inițiale ale parametrilor, se mai rulează o dată algoritmul de estimare cu o valoare mare a factorului de uitare pentru a asigura o precizie mai bună a estimării;

h) conform metodei de acordare implementată sistemul de supervizare calculează, pe baza parametrilor modelului determinați în pasul anterior, noile valori ale parametrilor de acordare și le transmite regulatorului PID după care se revine la monitorizarea valorilor perturbațiilor;

Avantajele care decurg din cadrul prezentei invenții, rezultă din faptul că parametrii de acord ai regulatorului PID sunt actualizați de câte ori este necesar, în funcție de modificările în regimul de funcționare a procesului.

Flexibilitatea sistemului conform invenției, rezultă în principal din posibilitatea redefinirii regimurilor de funcționare în funcție de perturbațiile considerate și subdomeniile de variație ale acestora precum și din posibilitatea utilizării unor metode diferite de acordare a regulatorului.



Revendicări

1. Metoda, conform invenției, de estimare a parametrilor modelului procesului și acordare a regulatorului cu structură PID pentru procesul de aerare din treapta biologică a stațiilor de epurare a apelor uzate, **se caracterizată prin faptul că** ea cuprinde etapele:

a) inițializarea sistemului de supervizare – definirea subdomeniilor pentru intrările procesului considerate ca perturbații;

b) monitorizarea valorilor perturbațiilor. Acestea pot fi determinate fie prin măsurători directe de către sistemul de control și apoi transmise supervizorului fie prin utilizarea unor estimatoare ce vor calcula aceste valori pe baza măsurătorilor disponibile în cadrul sistemului;

c) verificarea încadrării valorilor curente ale perturbațiilor în subdomeniile pentru care au fost determinați parametrii modelului procesului și parametrii de acordare ai regulatorului;

d) dacă valorilor curente ale perturbațiilor nu se încadrează în aceste subdomenii este necesară activarea procedurii de estimare;

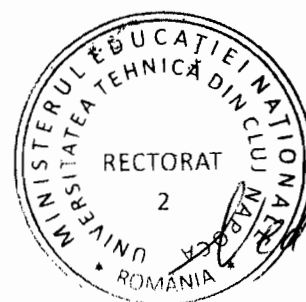
e) sistemul de supervizare preia comanda asupra ieșirii regulatorului, calculează amplitudinea comenzii, și aplică la intrarea procesului noua valoare a comenzii;

f) sistemul de supervizare măsoară intrarea și ieșirea procesului pe timpul desfășurării experimentului;

g) pe baza acestor măsurători, după terminarea experimentului sistemul de supervizare realizează estimarea parametrilor modelului procesului și acordarea regulatorului;

h) noile valori se vor transmite regulatorului PID după care se revine la monitorizarea valorilor perturbațiilor;

2. Metoda, conform revendicării 1, **este caracterizată prin aceea că** se bazează pe structura sistemului de control prezentată în fig. 1.



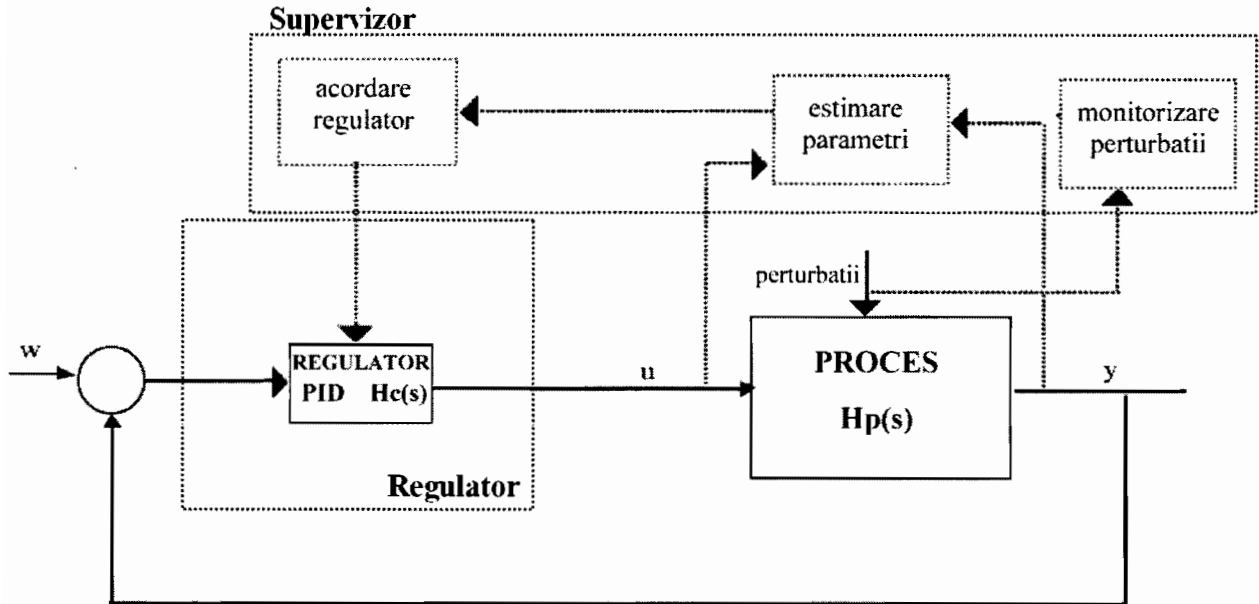


Figura 1. Structura sistemului de control bazat pe reglatoare PID

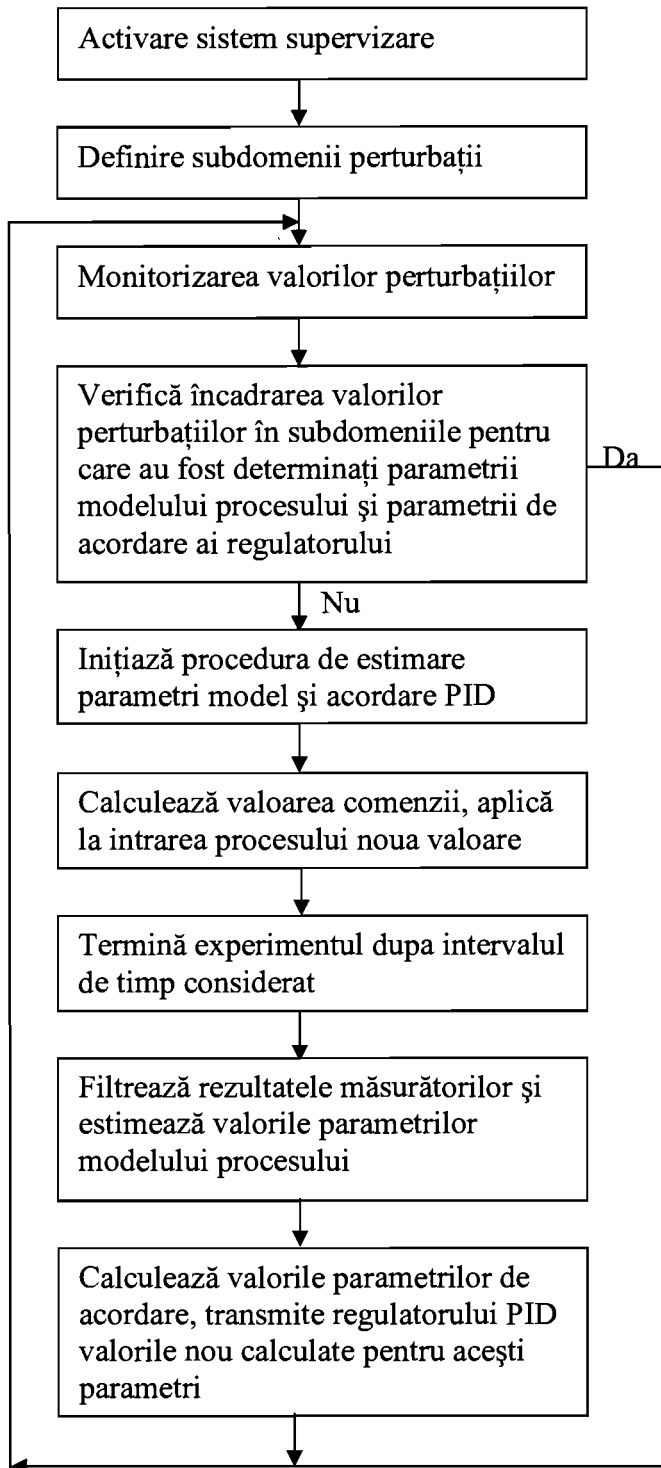


Figura 2. Organigrama de funcționare a metodei de estimare a parametrilor modelului procesului și acordare a regulatorului cu structură PID.

