



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2018 00874

(22) Data de depozit: 07/11/2018

(41) Data publicării cererii:
29/05/2020 BOPI nr. 5/2020

(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

(54) SISTEM DE CONTROL OPTIMAL MULTIVARIABIL
PENTRU STAȚIILE DE EPURARE AEROBICĂ CU NĂMOL
ACTIV

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un sistem multivariabil de control automat a procesului de aerare și recirculare a nămolului în bioreactorul stațiilor de epurare a apelor uzate care folosesc procedeul de epurare aerob cu nămol activ, în regim continuu, cu recirculare, sistemul având mai multe intrări și ieșiri, iar algoritmi de control predictiv utilizați, bazat pe model, asigură optimizarea funcționării procesului. Sistemul conform invenției este constituit dintr-o structură ierarhizată a sistemului de conducere a procesului, organizată pe două niveluri: nivelul controlului de proces și nivelul de optimizare, unde este implementată o tehnică de control predictiv bazat pe model care generează referințe pentru buclele de control direct de la nivelul controlului de proces pentru care se dorește optimizarea performanțelor, pentru care este utilizat un sistem de control optimal multivariabil care să coordoneze acțiunea celor două sisteme pe care se bazează bioreactorul, sistemul de aerare și cel de recirculare a nămolului activ, în vederea reducerii poluării la deversarea în emisar și optimizării consumurilor energetice.

Revendicări: 2
Figuri: 2

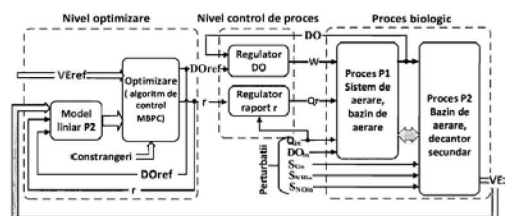


Fig. 1



6.

SISTEM DE CONTROL OPTIMAL MULTIVARIABIL PENTRU STAȚIILE DE EPURARE AEROBICĂ CU NĂMOL ACTIV

Invenția se referă la un sistem multivariabil de control automat a procesului de aerare și a celui de recirculare a nămolului în bioreactorul stațiilor de epurare a apelor uzate (SEAU) care au la bază procedeul de epurare aerob cu nămol activ, în regim continuu, cu recirculare. Sistemul de control este multivariabil având mai multe intrări și ieșiri, iar algoritmi de control predictiv bazat pe model utilizați asigură optimizarea funcționării procesului.

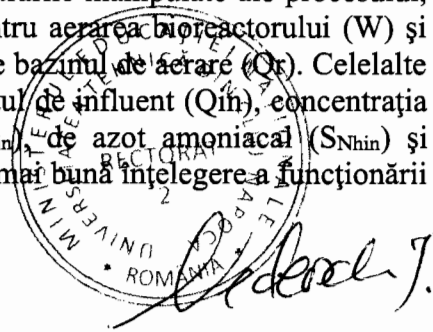
Cea mai eficientă și mai economică metodă de tratare a apelor uzate se bazează pe folosirea procedeelor de epurare biologică, iar cel mai utilizat procedeu pentru tratarea biologică a apelor uzate îl reprezintă procedeul de tratare cu nămol activ. Nămolul activ (biomasa) este format în bazinul de tratare biologică cu aerare unde, în prezența oxigenului insuflat se desfășoară procesul biochimic de degradare a substanțelor organice din apa uzată. Rezultă un amestec lichid-solide în suspensie care este apoi separat în decantorul secundar în lichidul limpezit (apa epurată), pe de o parte, și suspensiile concentrate (nămolul), pe de altă parte. O parte din nămolul depus în decantorul secundar este reintors (recirculat) în bazinul de aerare și amestecat cu apa de tratat, iar cealaltă se îndepărtează, ca nămol în exces.

În prezent, SEAU sunt proiectate pentru a satisface anumite cerințe referitoare la menținerea funcționării stației în parametrii impuși, în condițiile unor variații în încărcarea stației. Aceste variații se pot manifesta fie prin modificarea debitului influentului fie prin modificarea concentrațiilor componentelor poluanți în influent. În sistemul de automatizare clasică a procesului biologic din bazinele de aerare ale SEAU accentul este pus pe controlul aerării, sistemul de aerare având ca mărime de ieșire concentrația de oxigen dizolvat în bazinul de aerare, iar ca intrare debitul de aer furnizat de sistemul de suflante. 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 automat. Nu se acordă încă suficientă atenție unei alte variabile de intrare care poate fi ușor manipulată și anume debitul de recirculare a nămolului activ. În prezent, acesta este menținut de obicei constant sau, în cel mai bun caz, este prevăzută o reglare de raport a debitului de recirculare față de debitul de intrare al influentului în stație. Aceste sisteme de control prezintă dezavantajul că în nici una din aceste două variante sistemul de control al recirculării nu reacționează la variațiile încărcării stației datorate modificării concentrației poluanților în influent. În cazul unor astfel de variații sarcina este preluată doar de controlul sistemului de aerare care reacționează relativ lent rezultând depășiri temporare ale limitelor impuse parametrilor de calitate ai efluentului. Scopul invenției este de a elimina aceste dezavantaje și de a îmbunătăți performanțele sistemului de control concomitent cu optimizarea funcționării procesului. Sistemul de control optimal multivariabil conform invenției vine cu o abordare nouă a problemei: utilizarea unui sistem de control optimal multivariabil care să coordoneze acțiunea celor două sisteme, de aerare și de recirculare în vederea reducerii poluării la deversarea în emisar. Pe de altă parte, analiza repartizării consumurilor energetice la nivelul SEAU arată că energia consumată de sistemul de aerare este componenta cu ponderea cea mai semnificativă, aproximativ 54%, urmată de energia consumată de sistemele de pompare, 15%. Aceasta sugerează și posibilitatea creșterii eficienței energetice a procesului prin implementarea strategiei de control propuse, atât prin optimizarea fiecărei acțiuni în parte, cât și printr-o combinație optimă între acțiunile celor două sisteme (de aerare și de recirculare).

Sistemul de control se bazează pe o structură ierarhizată a sistemului de conducere a procesului cu două niveluri: nivelul controlului de proces și nivelul de optimizare. Structura generală a sistemului ierarhizat de control este prezentată în figura 1.

Procesul biologic din bazinul de aerare al SEAU are ca ieșiri măsurabile concentrația de oxigen dizolvat din bazinul de aerare (DO) și concentrațiile de materie organică și/sau concentrațiile de compuși ai azotului, toate aceste concentrații fiind incluse în VE. Intrările manipulate ale procesului, care pot fi utilizate pentru controlul acestuia sunt debitul de aer pentru aerarea bioreactorului (W) și debitul de recirculare a nămolului activ de la decantorul secundar spre bazinul de aerare (Q_r). Celelalte intrări nu pot fi manipulate și sunt considerate ca și perturbații: debitul de influent (Q_{in}), concentrația de oxigen dizolvat (DO_{in}), concentrațiile de materie organică (S_{Sin}), de azot amoniacal (S_{Nhin}) și respectiv azotul nitrat și nitrit (S_{NOin}) din masa influentului. Pentru o mai bună înțelegere a funcționării

ROMANIA DE STAT PENTRU INVENTII SI MARCI
Cerere de brevet de invenție
Nr. ... a 2018 0874
Data depozit ... 07-11-2018



sistemului ierarhizat de control, procesul biologic a fost divizat în 2 subprocese: procesul P1 - partea care cuprinde sistemul de aerare până la concentrația de oxigen dizolvat, proces caracterizat de constante de timp de ordinul zecilor de minute și procesul P2 care cuprinde partea de acțiune a biomasei pentru diminuarea încărcării cu componenți poluanți a apei tratate, proces caracterizat de constante de timp de ordinul zilelor.

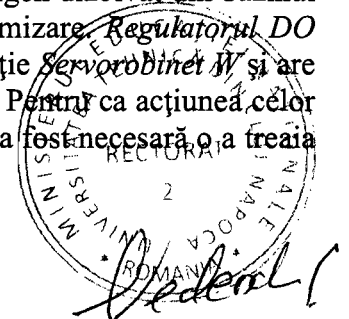
Nivelul de optimizare implementează o tehnică de control predictiv bazat pe model (MBPC) și generează referințele pentru buclele de control direct de la nivelul controlului de proces pentru care se dorește optimizarea performanțelor, respectiv pentru bucla de control a concentrației de oxigen dizolvat și bucla de reglare de raport pentru debitul de recirculare. Algoritmul de control predictiv este proiectat pentru 2 variabile de intrare (incluse în VE) pentru care trebuie specificată valoarea de referință VE_{ref} , dar are o implementare ce permite o mare flexibilitate în utilizare. Astfel se poate configura ușor pentru o singură variabilă de intrare (variabilă controlată), de exemplu CCOCr (consumul chimic de oxigen care măsoară concentrația de materie organică la ieșire). Algoritmul de control predictiv are 2 variabile de ieșire (2 variabile de control sau variabile manipulate), referința pentru concentrația de oxigen dizolvat din bazinul de aerare (DO_{ref}) și coeficientul raportului de recirculare (r) pentru bucla de reglare de raport a debitului de recirculare. Tehnica de control predictiv implementată asigură un control optimal în prezența constrângerilor impuse procesului. În acest sistem există anumite constrângeri asupra coeficientului de raport r pentru debitul de recirculare. Valorile uzuale ale acestui raport sunt între 0.6 și 1.8, dar aceste limite pot fi modificate de operatori în funcție de calitatea și cantitatea nămolului activ din bioreactor sau de capacitatea de sedimentare și de îngroșare a nămolului din decantorul decundar al SEAU.

La *nivelul controlului de proces* sunt implementate bucle locale de control automat bazate pe algoritmi de control de tip Proporțional-Integral-Derivativ (PID). Prima buclă reprezintă un control de stabilizare a concentrației de oxigen dizolvat din bazinul de aerare la o valoare a referinței (DO_{ref}) impusă de nivelul de optimizare. Cea de-a doua buclă de control este o reglare de raport și reglează debitul de recirculare a nămolului activ astfel ca între acesta și debitul de intrare a apei uzate Q_{in} să se păstreze un raport (r) a cărui valoare este dată de nivelul de optimizare

În continuare se dă un exemplu de realizare a invenției sistem de control optimal multivariabil pentru stațiile de epurare aerobică cu namol activ, în legătură și cu figura 2, care reprezintă structura sistemului ierarhizat de control automat implementat pe proces.

Sistemul de control optimal multivariabil conform invenției se bazează pe o structură ierarhizată a sistemului de conducere a procesului cu două niveluri: nivelul controlului de proces și nivelul de optimizare (figura 2). Stația de epurare considerată este o stație convențională pentru tratarea apelor uzate industriale la care se urmărește doar tratarea și diminuarea concentrației de materie organică. Procesul biologic din bazinul de aerare are ca ieșiri măsurabile concentrația de oxigen dizolvat (DO) și concentrația de materie organică, măsurată cu un senzor de CCOCr (consum chimic de oxigen). Intrările manipulate ale procesului sunt debitul de aer pentru aerarea bioreactorului (W) și debitul de recirculare a nămolului activ de la decantorul secundar spre bazinul de aerare (Q_r).

Nivelul de optimizare generează referințele pentru buclele de control direct de la nivelul controlului de proces, respectiv *Referința DO* pentru bucla de control a concentrației de oxigen dizolvat (*Regulator DO*) și *Referința raport recirculare* pentru bucla de reglare de raport a debitului de recirculare (*Regulator de raport*). La nivelul controlului de proces sunt implementate 3 bucle locale de control automat. Prima buclă este o reglare de raport și reglează debitul de recirculare a nămolului activ Q_r astfel ca între acesta și debitul de intrare a apei uzate Q_{in} să se păstreze un raport (r) a cărui valoare (*Referința raport recirculare*) este dată de nivelul de optimizare. Pompa de recirculare este de tip aer-lift și debitul de aer ce comandă această pompă este controlat prin intermediul elementului de execuție *Servorobinet R*. Regulatorul de raport are 2 intrări pentru măsura debitelor Q_r și Q_{in} . Cea de-a doua buclă de control este un control de stabilizare a concentrației de oxigen dizolvat din bazinul de aerare la o valoare a referinței (*Referința DO*) impusă de nivelul de optimizare. *Regulatorul DO* acționează asupra debitului de aerare W prin intermediul elementului de execuție *Servorobinet W* și are ca intrare măsura concentrației de oxigen dizolvat din bazinul de aerare (DO). Pentru ca acțiunea celor doi servorobineți să nu ducă la modificări ale presiunii din sistemul de aerare, a fost necesară o a treia



buclă de control care menține această presiune la valoarea impusă prin *Referință presiune*. *Regulatorul de presiune* acționează asupra turației suflantei.

Sistemul de control, conform invenției, prezintă următoarele avantaje:

- reducerea poluării la deversarea în emisar scurtând timpul de rejectare a perturbațiilor de la intrarea SEAU prin coordonarea acțiunii celor două sisteme, de aerare și de recirculare a nămolului activ;
- prin utilizarea algoritmilor de control predictiv la nivelul de optimizare asigură păstrarea performanțelor de control în prezența neliniarităților procesului determinate de modificarea punctului de funcționare;
- asigură costuri de exploatare reduse prin creșterea eficienței energetice a procesului.

Flexibilitatea sistemului conform invenției, rezultă în principal din posibilitatea redefinirii ieșirilor măsurate și a intrărilor manipulate din proces precum și din posibilitatea utilizării unor metode diferite de control predictiv bazat pe model.



Redond.

Revendicări

1. Sistemul de control optimal multivariabil pentru stațiile de epurare aerobică cu nămol activ conform invenției, , **se caracterizată prin faptul că** el cuprinde:

a) o structură ierarhizată a sistemului de conducere a procesului, organizată pe două niveluri: nivelul controlului de proces și nivelul de optimizare;

b) la nivelul de optimizare este implementată o tehnică de control predictiv bazat pe model care generează referințele pentru buclele de control direct de la nivelul controlului de proces pentru care se dorește optimizarea performanțelor;

c) utilizarea unui sistem de control optimal multivariabil care să coordoneze acțiunea celor două sisteme pe care se bazează bioreactorul, sistemul de aerare și cel de recirculare a nămolului activ, în vederea reducerii poluării la deversarea în emisar și optimizării consumurilor energetice;

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



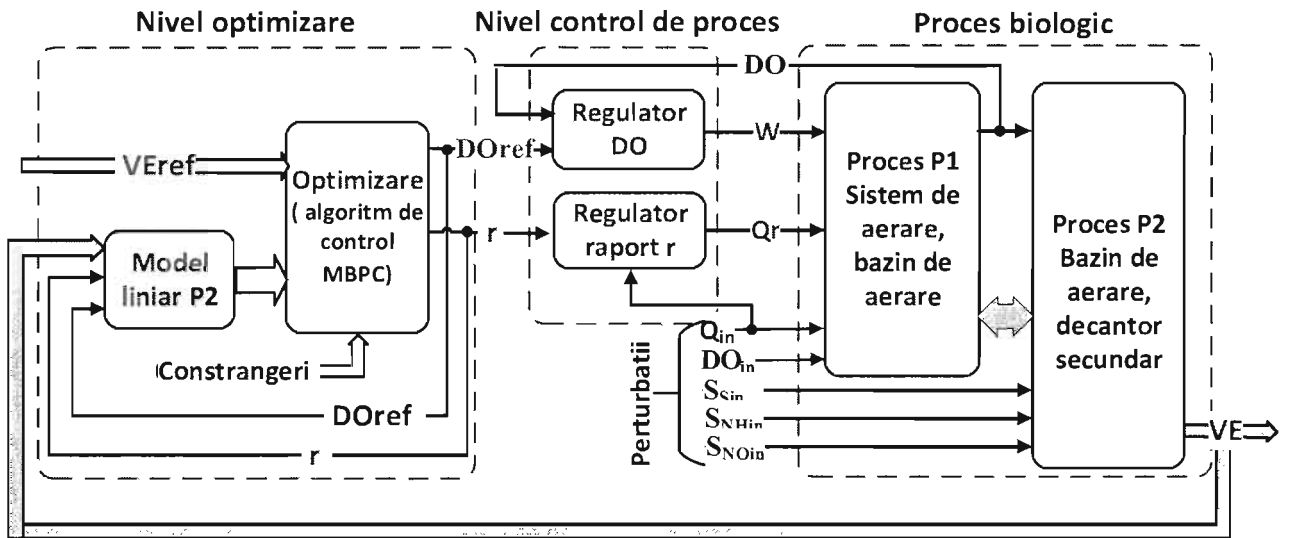


Figura 1. Structura generală a sistemului ierarhizat de control.

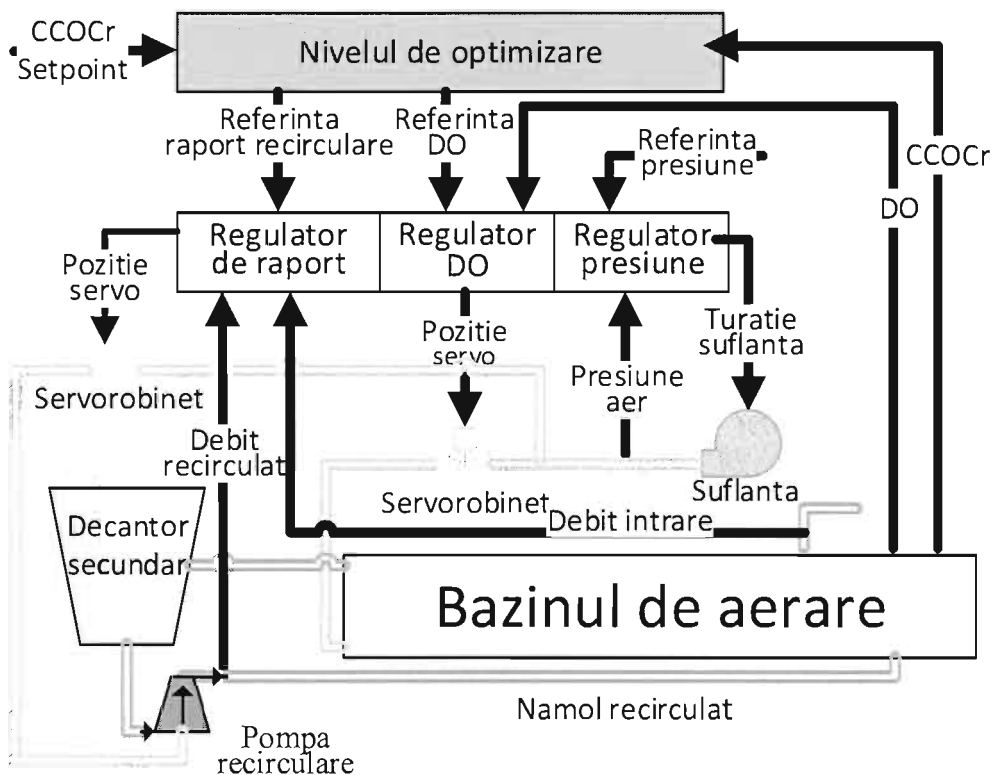


Figura 2. Structura sistemului ierarhizat de control automat implementat pe proces.

