ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1985

Seria : Automatyka z. 79 Nr kol.848

Mieczysław METZGER
Instytut Automatyki
Politechnika Śląska

BADANIA SYMULACYJNE STEROWANIA PROCESEM BIOLOGICZNEGO OCZYSZCZANIA ŚCIEKÓW

Streszczenie. W pracy porównano, drogą badań symulacyjnych, osiemnaście różnych sposobów sterowania procesem biologicznego oczyszczania ścieków. Przedstawiono wybrane przebiegi regulacyjne dla zakłóceń skokowych i sinusoidalnych. Na podstawie, zaproponowanego w pracy, wskaźnika jakości dokonano porównania otrzymanych rezultatów i przedstawiono wnioski.

1. WPROWADZENIE

W pracy [1] przedstawiono obszerny przegląd literatury dotyczącej problemów modelowania, symulacji i sterowania procesem biologicznego oczyszczania ścieków. Spotyka się tam informacje o stosowaniu w warunkach rzeczywistych praktycznie tylko jednego sposobu sterowania tym procesem - chodzi o regulację stężenia niezwiązanego tlenu w reaktorze napowietrzającym. Sterowanie takie nie przedstawia, przy obecnych możliwościach technicznych, większych trudności, choć zyski płynące z zastosowania stabilizacji stężenia tlenu nie dla każdej oczyszczalni są zauważalne (chodzi tu o oszczędności energii zużywanej na napowietrzanie [2]). W niektórych przypadkach nie da się stwierdzić nawet żadnej oszczędności energii [2].

W pracy [3] przebadano możliwości sterowania zakładając możliwość ciągłych pomiarów stężenia substratu na wyjściu S_{wy} i stężenia osadu czynnego na wyjściu X_{wy}. W przypadku S_{wy} dotychczas nie rozwiązano problemu ciągłego pomiaru tej wielkości, a w przypadku X_{wy} jest to bardzo trudne. Dodatkową wadą tej pracy jest fakt, że oprócz przyjęcia jako jednego ze sterowań wielkości przepływu nadmiarowego V_n^* (co jest racjonalne), przyjęto jako drugą wielkość sterującą : $D = V_s^* / V_1$ - co z punktu widzenia praktyki należy uznać za absurdalne, ponieważ przy stałej objętości V_1 należałoby wpływać na przepływ ścieków V_s^* ! W pracy [3] przyjęto jako zakłócenie sinusoidalne zmiany tylko stężenia substratu ne wejściu S_s, a V_s^* (choć w rzeczywistości ta wielkość jest zakłóceniem) zmieniana jest za pomocą algorytmu sterowania. Pomimo takiego ułatwienia dla sterowania otrzymano tylko niewielkie tłumienie amplitudy wahań S_{wy} po zasto -

sowaniu sterowania (rzędu od 10% do 50% w zależności od parametrów algorytmu sterowania).

W pracy [5] badano możliwości stabilizacji poziomu osadu (jest to równoważne stabilizacji ilości osadu G_x) w osadniku i wpływ takiego sterowania na inne parametry procesu.

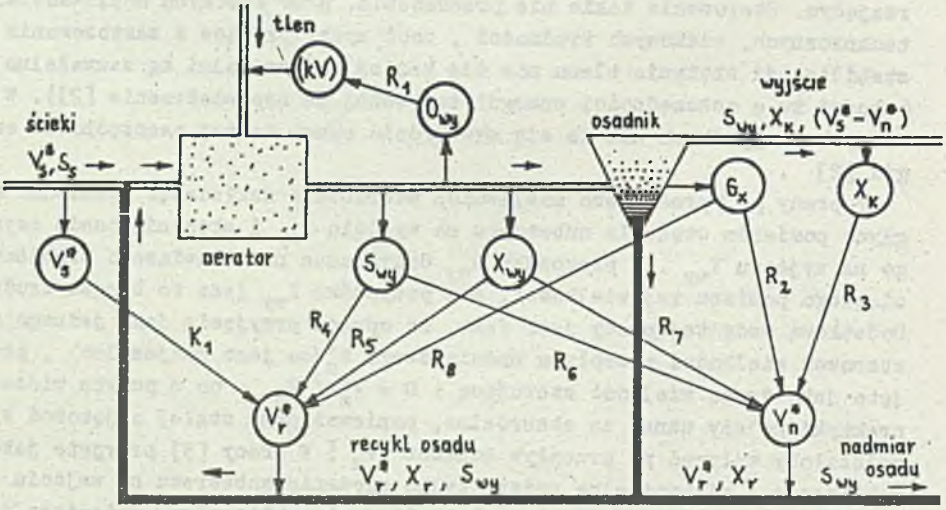
Bardzo zachęcające wyniki przedstawiono w pracy [4]. Zaproponowano tam i przebadano, za pomocą symulacji, układ sterowania utrzymujący prawie stałe stężenie osadu czynnego X_{wy} za pomocą tylko odpowiedniego oddziaływania na przepływy z osadnika w funkcji dopływu. Jednakże, należy tu dodać, że choć ilość osadu czynnego jest ważna dla pracy oczyszczalni, to jej głównym zadaniem jest utrzymanie odpowiedniej (jak najmniejszej) wielkości stężenia substratu na wyjściu S_{wy}.

W pracy, na podstawie modelu matematycznego procesu, przebadano na drodze badań symulacyjnych osiemnaście różnych sposobów sterowania tym procesem.

2. MODEL SYMULACYJNY ROZPATRYWANYCH STRUKTUR STEROWANIA

Na rys. 1 przedstawiono obiekt sterowania (proces biologicznego oczyszczania ścieków) wraz z możliwymi układami sterowania. Podstawę do badań symulacyjnych sterowania procesem stanowi uproszczony model matematyczny procesu przedstawiony wraz z analizą własności dynamicznych procesu w pracach [7,8]. Model procesu - obiektu sterowania uzupełniono opisem matematycznym układów sterowania według schematu przedstawionego na rys. 1.

Układ regulacji stężenia tlenu R_1 jest układem klasycznym i nie wymaga dodatkowych wyjaśnień. Ponadto, przyjmując jako możliwe do regulacji



Rys. 1. Schemat uwzględnionych w modelu symulacyjnym obwodów sterowania

zmienne: S_{wy} (stężenie substratu na wyjściu), X_{wy} (stężenie osadu czynnego na wyjściu ze zbiornika napowietrzającego), G_x (ilość osadu w osadniku) oraz X_k (stężenie osadu na wyjściu z osadnika) zaproponowano przebadanie praktycznie wszystkich możliwych układów regulacji, biorąc pod uwagę jako możliwe wielkości sterujące V_r^* (przepływ recyklu) oraz V_n^* (odpływ nadmiarowy). Wykluczamy możliwość wpływania na V_s^*. Albo oczyszczalnia może się dostosować za pomocą układów sterowania do zmian V_s^* (co byłoby pożądane), albo przy wzroście V_s^* zgodzimy się na pogorszenie jakości oczyszczonych ścieków lub wreszcie nadmiar ścieków zostanie zbocznikowany.

Przy badaniach symulacyjnych przyjęto algorytmy PI dla regulatorów, wyłączając działanie I przy możliwości osiągnięcia przez daną wielkość sterującą wartości maksymalnych.

Przyjęto, że wielkości sterujące są ograniczone następująco:

$V_r^* \in [0,300]$

$V_n^* \in [0,10]$

$(kV) \in [0,25000]$

Otwarty układ sterowania K_1 nastawia proporcjonalnie wielkość V_r^* w stosunku do V_s^*.

Uruchomiony program symulacyjny umożliwia badanie działania dowolnych sposobów sterowania wykorzystując przedstawione na rys. 1 układy sterowania. W programie uwzględnione są wszystkie układy sterowania jednocześnie. Aby wybrać pożądaną dla danego eksperymentu symulacyjnego strukturę, należy niepotrzebne układy sterowania wyłączyć poprzez wstawienie wartości wzmocnienia danego regulatora k_{Ri} (lub korektora K_1) równej zeru.

Dla badań symulacyjnych sterowania procesem biologicznego oczyszczania ścieków przyjęto punkt pracy instalacji sprecyzowany w pracy [8]. Jako wartości zadane regulatorów przyjęto wartości zmiennych regulowanych w punkcie pracy instalacji, to znaczy:

$S_{wy\ zad} = 17.461$

$X_{wy\ zad} = 891.53$

$O_{wy\ zad} = 2.415$

$G_{x\ zad} = 293198$

$X_{k\ zad} = 38.78$

3. BADANIA SYMULACYJNE ROZPATRYWANYCH SPOSOBÓW STEROWANIA

Wykorzystując przedstawione na rys. 1 układy sterowania przewidziane w programie symulacyjnym, przebadano 18 sposobów sterowania procesem, oznaczonych literami od A do S.

Rozpatrywano następujące sposoby sterowania:

Sposób sterowania A

Regulacja stężenia tlenu O_{wy} z oddziaływaniem na dopływ powietrza do zbiornika napowietrzającego (kV). Sterowanie to zrealizowano za pomocą regulatora R_1.

Sposób sterowania B

Oprócz regulatora R_1 wykorzystuje się w tym sposobie sterowania korektor K_1 zmieniający wartość V_r^* proporcjonalnie do zmian V_s^*. Współczynnik proporcjonalności, czyli nastawa korektora $K_1 = 0.3$, zapewnia w punkcie pracy wartość $V_r^* = 52.5$ dla $V_s^* = 175$.

Sposób sterowania C

Oprócz regulatora R_1 i korektora K_1 użyto w tym sposobie sterowania dodatkowo regulator R_2 zmieniający odpływ nadmiarowy V_n^* na podstawie pomiaru G_x.

Sposób sterowania D

Oprócz regulatora R_1 i korektora K_1 użyto w tym sposobie sterowania dodatkowo regulatora R_3, który na podstawie pomiaru X_k zmienia V_n^*.

Sposób sterowania E

Sterowanie to polega na wykorzystaniu regulatorów R_1 i R_2.

Sposób sterowania F

Sterowanie to polega na wykorzystaniu regulatorów R_1 i R_3.

Sposób sterowania G

Oprócz regulatora R_1 wykorzystuje się w tym sposobie sterowania regulator R_4, zmieniający przepływ w recyklu V_r^* na podstawie ewentualnego pomiaru stężenia substratu na wyjściu S_{wy}.

Sposób sterowania H

Polega na wykorzystaniu układów regulacji z regulatorami R_1, R_2 i R_4.

Sposób sterowania I

Oprócz regulatora R_1 zastosowano w tym sposobie sterowania regulator R_5 zmieniający przepływ w recyklu V_r^* na podstawie pomiaru stężenia osadu czynnego na wyjściu ze zbiornika napowietrzającego X_{wy}.

Sposób sterowania J

Polega na wykorzystaniu układów regulacji z regulatorami R_1, R_2 i R_5.

Sposób sterowania K

Oprócz regulatora R_1 zastosowano tu dodatkowo regulator R_8 zmieniający V_r^* na podstawie pomiaru G_x. Ten sposób sterowania jest rozszerzeniem sterowania badanego w pracy [5].

Sposób sterowania L

Wykorzystuje tylko otwarty układ sterowania z korektorem K_1. Odpowiada to sterowaniu B po wyłączeniu regulatora R_1.

Sposób sterowania M

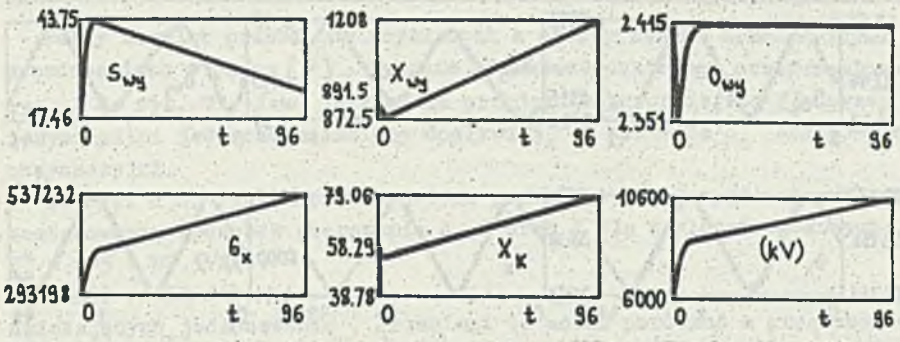
Odpowiada sterowaniu C po wyłączeniu regulatora R_1.

Sposób sterowania N

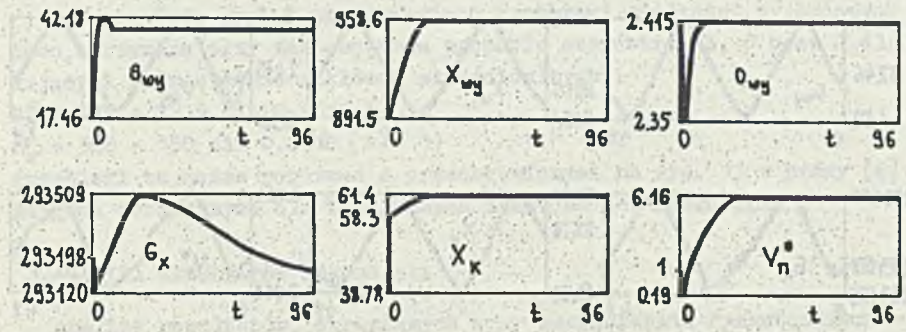
Odpowiada sterowaniu J po wyłączeniu regulatora R_1.

Sposób sterowania O

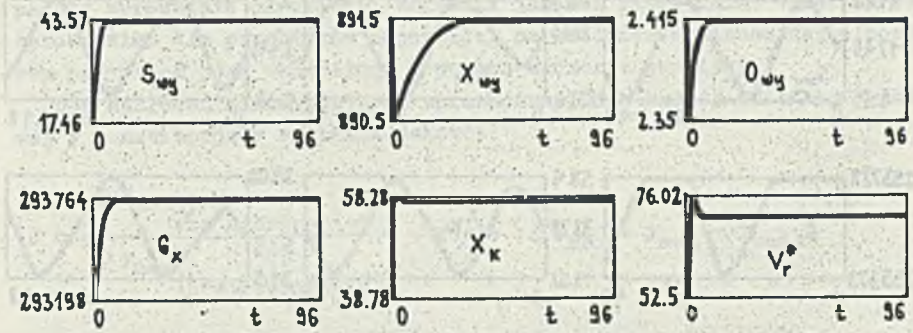
Wykorzystuje tylko otwarty układ sterowania z korektorem K_1. Zamiast



Rys. 2. Odpowiedzi procesu na zakłócenia skokowe przy sterowaniu A



Rys. 3. Odpowiedzi procesu na zakłócenia skokowe przy sterowaniu C

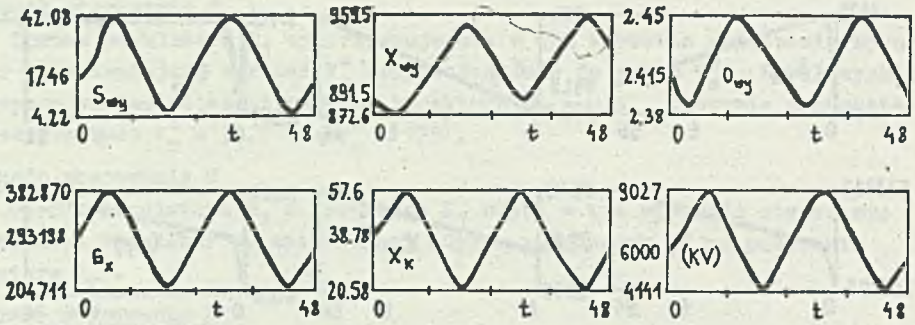


Rys. 4. Odpowiedzi procesu na zakłócenia skokowe przy sterowaniu J

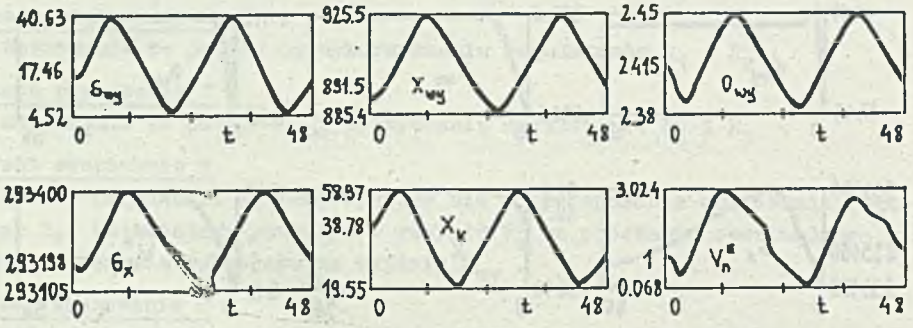
regulacji w układzie zamkniętym z regulatorem R_1 zastosowano sterowanie polegające na dostarczeniu nadmiaru ilości powietrza do zbiornika napowietrzającego (kV) = 18000 .

Sposób sterowania P

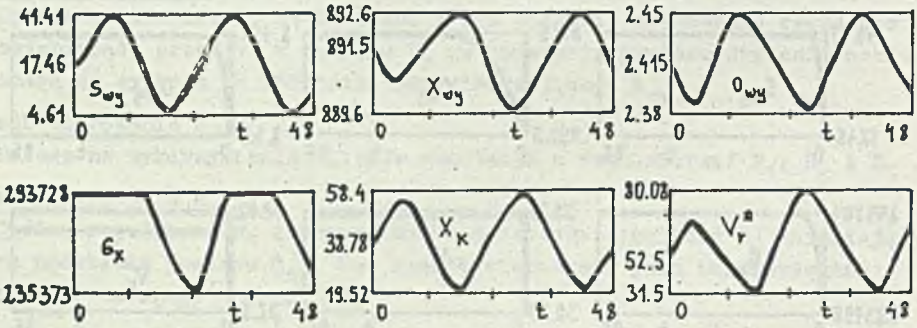
Wykorzystuje korektor K_1 oraz regulator R_2 . Zamiast regulatora R_1 zastosowano sterowanie polegające na dostarczeniu nadmiaru ilości powietrza do zbiornika napowietrzającego (kV) = 18000 .



Rys. 5. Odpowiedzi procesu na zakłócenia sinusoidalne przy sterowaniu A



Rys. 6. Odpowiedzi procesu na zakłócenia sinusoidalne przy sterowaniu C



Rys. 7. Odpowiedzi procesu na zakłócenia sinusoidalne przy sterowaniu J

Sposób sterowania R

Odpowiada sterowaniu J, jeśli zamiast regulatora R_1 dostarczymy nadmiaru powietrza do reaktora (kV) = 18000

Sposób sterowania S

Polega na dostarczeniu nadmiaru powietrza do zbiornika napowietrzającego (kV) = 18000 . Nie wykorzystuje żadnych układów sterowania .

Pełny komplet przebiegów uzyskanych z eksperymentów symulacyjnych przedstawiono w pracy [7] . Wybrane ciekawsze przebiegi przedstawiono na rys. 2 do rys. 7 . Jako zakłócenia przyjęto najgroźniejsze dla pracy oczyszczalni jednoczesne zmiany dopływu V_s^* i stężenia S_s ścieków do oczyszczalni.

Na rys. 2 do rys. 4 przedstawiono przebiegi regulacyjne otrzymane przy zastosowaniu sposobów sterowania A, C oraz J dla zakłóceń skokowych:

$V_s^* = 175 + 87.5\ 1(t)$

$S_s = 300 + 150\ 1(t)$

działających jednocześnie . Przebiegi te można porównać z przedstawionymi na rys. 8 w pracy [8] przebiegami otrzymanymi dla tych samych zakłóceń bez sterowania.

Na rys. 5 do rys. 7 przedstawiono przebiegi wielkości wyjściowych procesu,otrzymane przy zastosowaniu sposobów sterowania A, C oraz J dla działających jednocześnie zakłóceń sinusoidalnych :

$V_s^* = 175 + 87.5 \sin 0.2618\ t$

$S_s = 300 + 150 \sin 0.2618\ (t - 1)$

Przebiegi te można porównać z przedstawionymi na rys. 13 w pracy [8] przebiegami otrzymanymi dla tych samych zakłóceń bez sterowania .

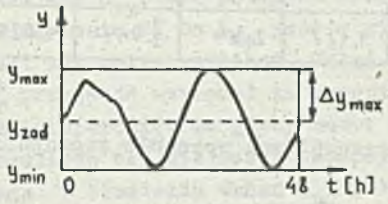
3.ANALIZA REZULTATÓW STEROWANIA

Analizę rezultatów, otrzymanych przy zastosowaniu dyskutowanych w pracy sposobów sterowania procesem, opieramy na bazie otrzymanych z badań symulacyjnych przebiegów . Aby tę analizę oprzeć na precyzyjnych danych, należy wprowadzić odpowiedni wskaźnik jakości sterowania. Wskaźnik ten wprowadzimy dla przebiegów odpowiedzi na zakłócenia sinusoidalne,ponieważ ten przypadek jest ważniejszy z punktu widzenia praktyki.

Dla zakłóceń sinusoidalnych wprowadzamy, dla każdej zmiennej wyjściowej y , następujący wskaźnik jakości:

$$J = \frac{\Delta y_{max}\Big|_{\text{ze sterowaniem}}}{\Delta y_{max}\Big|_{\text{bez sterowania}}}, \text{ gdzie : } \Delta y_{max} = y_{max} - y_{zad}$$

Na rys. 8 przedstawiono sposób graficzny obliczania wskaźnika .



Rys. 8.

Wskaźniki takie obliczamy dla wszystkich wielkości wyjściowych, to znaczy $y = S_{wy}, X_{wy}, O_{wy}, G_x, X_k$, a odpowiadające wskaźniki jakości dla poszczególnych wyjść oznaczymy jako J_{Swy} , $J_{Xwy}, J_{Owy}, J_{Gx}, J_{Xk}$. Dla przebiegu, który przy sterowaniu ma taką samą wartość maksymalną,jak bez sterowania (chodzi tu o wartość maksymalną w ok-

resie 48 godzin a nie amplitudę , ponieważ odpowiedzi nie są idealnymi sinusoidami), wskaźnik jakości sterowania ma wartość 1 . Im mniejsza wartość J, tym sterowanie silniej zmniejsza odchyłki od wartości zadanej . Wskaźniki J dla poszczególnych wyjść i wszystkich badanych sposobów sterowania przedstawiono w tabeli 1 .

Tabela 1

Wartości wskaźników jakości sterowania dla poszczególnych sposobów sterowania procesem

	Sterowanie	J_{swy}	J_{xwy}	J_{owy}	J_{6x}	J_{xx}
A	R_1	0.628	1.088	0.023	0.992	1.018
B	R_1, K_1	0.594	0.744	0.023	0.169	1.114
C	R_1, K_1, R_2	0.592	0.544	0.023	0.0022	1.092
D	R_1, K_1, R_3 $(V^*_{nmax}=50)$	0.945	0	0.023	0	0.17
E	R_1, R_2	0.742	0	0.023	0.284	0.772
F	R_1, R_3	0.774	0	0.023	0.259	0.753
G	R_1, R_4	0.536	1.613	0.0295	8.252	1.262
H	R_1, R_2, R_4	0.727	1.497	0.0295	3.172	1.245
I	R_1, R_5	0.61	0.025	0.023	1.632	1.053
J	R_1, R_2, R_5	0.61	0.017	0.023	0.0089	1.06
K	R_1, R_8	0.593	0.339	0.023	0.028	1.114
L	K_1	1.003	0.622	1.067	0.135	1.092
M	K_1, R_2	1.004	0.482	1.085	0.00175	1.084
N	R_2, R_5	1.002	0.0176	1.102	0.0045	1.062
O	K_1, (kV)= 18000	0.494	0.801	2.584	0.179	1.124
P	K_1, R_2, (kV)= 18000	0.494	0.559	2.567	0.0023	1.096
R	R_2, R_5, (kV)= 18000	0.513	0.0166	2.58	0.006	1.063
S	(kV)= 18000	0.525	1.127	2.54	1.044	1.029

Rezultaty otrzymane za pomocą poszczególnych sposobów sterowania omawiamy w pewnej logicznej kolejności.

Sterowanie A

Sposób ten polega na wykorzystaniu tylko regulatora R_1 do stabilizacji stężenia tlenu w reaktorze napowietrzającym. Otrzymujemy oczywiście prak-

tycznie stałe stężenie tlenu O_{wy} ; oraz wytłumienie około 30% wahań stężenia substratu S_{wy} . Możliwość prostej stabilizacji stężenia tlenu jest znana w literaturze. Istotnym uzupełnieniem jest stwierdzenie faktu, że powoduje to również zmniejszenie wahań S_{wy}, czego nie mogli otrzymać autorzy innych prac, nie przyjmując ,jak w tej pracy, ograniczenia od stężenia tlenu. Ponieważ układ regulacji z regulatorem R_1 jest najprostszy w praktycznej realizacji, w następnych sposobach sterowania będzie on stosowany również.

Sterowanie B

Otrzymujemy jak poprzednio prawie idealne wytłumienie wahań O_{wy} oraz dodatkowo wytłumienie o około 25% wahań X_{wy} i pięciokrotne wytłumienie wahań G_x . Wahania S_{wy} są na tym samym poziomie jak w sterowaniu A . Ponieważ mamy wolną wielkość sterującą V_n^*, dodajemy regulator R_2 otrzymując sterowanie C .

Sterowanie C

Ten sposób sterowania wydaje się być najlepszy z badanych struktur sterowania. Jest on możliwy bez większych kłopotów do realizacji, ponieważ nie wymaga pomiarów S_{wy} i X_{wy} . Otrzymujemy praktycznie całkowite wytłumienie wahań O_{wy} i G_x . S_{wy} oraz X_{wy} są wytłumione prawie o 50% . Zauważmy, że sam regulator R_2 nie jest w stanie wytłumić wahań G_x (sposób E) ze względu na mały wpływ V_n^* na proces. Jeśli jednak, jak w strukturze C , działa dodatkowo korektor K_1 (zregulowujący większość odchyłki G_x) regulator R_2 może precyzyjnie wytłumić resztę wahań G_x .

Sposoby sterowania D i F

Takie sterowania nie tylko nie są w stanie wytłumić (mało zresztą ważnych dla instalacji) wahań X_k, ale silnie wzmacniają, w stosunku do sposobu A, wahania S_{wy}. Wskaźniki J_{Xwy} i J_{Gx} mają wartości zerowe nie dlatego, że sterowanie za pomocą regulatora R_3 tłumi wahania tych wielkości, ale ponieważ osad odprowadzany jest z instalacji w takiej ilości, że X_{wy} oraz G_x opadają poniżej swoich wartości zadanych.

Sposoby sterowania G i H

Regulator R_4 przeznaczony jest do stabilizacji stężenia substratu S_{wy}. Ze względu na trudności pomiarowe stężenia substratu takiego sterowania nie da się obecnie zrealizować w praktyce. Tym niemniej badamy takie sterowanie, aby porównać jego rezultaty z otrzymanymi za pomocą innych sposobów sterowania. Użycie regulatora R_4, pomimo że jest to regulator stabilizujący S_{wy}, nie polepsza przebiegu wahań S_{wy}. Wynika to z faktu, że oddziaływanie V_r^* na S_{wy} jest o wiele słabsze i ograniczone niż procentowo taki sam wpływ zakłóceń. Układ regulacji R_4 zmienia V_r^* w ten sposób, że V_r^* przyjmuje wartości na ograniczeniach swojej wartości. W rezultacie można stwierdzić, że gdyby nawet możliwy był szybki pomiar S_{wy}, to i tak regulacja tej wielkości bezpośrednio poprzez układ zamknięty, niewiele pomaga w tłumieniu wahań S_{wy} .

Sposoby sterowania I oraz J

Użycie regulatora R_5 do regulacji stężenia X_{wy} nie przedstawia trudności. Zarówno w sposobie I, jak i w sposobie J regulator R_5 zregulowuje wahania X_{wy}, z tym że wzrastają, w stosunku do A, wahania S_{wy}. Pomiar X_{wy} jest bardzo kosztowny, choć nie niemożliwy. Ze względu na tę trudność poszukuje się innych możliwości stabilizacji X_{wy}. W pracy [4] przedstawiono ciekawą możliwość zmniejszenia wahań X_{wy} bez pomiaru tej wielkości. Należy jednak pamiętać, że podstawowym celem oczyszczalni jest uzyskanie jak najmniejszego S_{wy}, a przy stabilizacji X_{wy} stężenie substratu rośnie.

Sterowanie K

Jest to klasyczna struktura symulowana w pracy [5]. Pozwala ustabilizować za pomocą regulatora R_8 poziom osadu w osadniku. Łącznie z regulatorem R_1 otrzymujemy również zmniejszenie wahań stężenia S_{wy}.

Przeglądając powyższe wnioski, można zauważyć, że kluczowe znaczenie dla zmniejszenia wahań S_{wy} ma stabilizacja stężenia tlenu. To znaczy niedopuszczenie do spadku stężenia tlenu, bo jego wzrost jest korzystny. Aby ten fakt dokładniej zbadać, badamy dodatkowo sposoby sterowania L, M, N. Są to odpowiedniki struktur B, C, J, dla których otrzymaliśmy dobre tłumienie wielkości regulowanych. Można zauważyć, że bez regulatora R_1 stabilizującego stężenie tlenu, nie mamy zmniejszenia wahań stężenia substratu, co potwierdza sugestię, że dla zmniejszenia wahań lub dla zmniejszenia wzrostu S_{wy} (dla zakłóceń skokowych) istotne jest niedopuszczenie do spadku stężenia tlenu w reaktorze.

Zamiast stosowania regulacji stężenia tlenu O_{wy} możemy zastosować sterowanie zastępujące układ regulacji z regulatorem R_1 poprzez dostarczenie nadmiaru powietrza do instalacji. Sposoby sterowania O, P, R, S są oparte na tej sugestii. Zauważmy, że sterowanie polegające tylko na nastawieniu (kV) = 18000 skutecznie tłumi wahania S_{wy} tak jak przy zastosowaniu sposobu A. Tym niemniej dla dużych instalacji, gdzie koszt napowietrzania jest bardzo duży, właściwe jest raczej stosowanie stabilizacji O_{wy}.

5. KOMENTARZ KOŃCOWY

Badania przeprowadzone w pracy możemy następująco podsumować:

a. Przy sterowaniu procesu nie należy obawiać się większych trudności przy sterowaniu stabilizującym X_{wy} oraz G_x. Wniosek ten jest zbieżny z literaturą [4, 5].

b. Wielkość przepływu nadmiarowego V_n^* nie może być jedyną wielkością sterującą. Za pomocą oddziaływania na V_n^* (regulator R_2) nie da się całkowicie ustabilizować G_x. Dopiero użycie sterowania proporcjonalnego K_1 z oddziaływaniem na V_r^* wraz z regulatorem R_2 dodatkowo skutecznie tłumi wahania poziomu G_x.

c. Istnieją poważne trudności przy stabilizacji stężenia substratu S_{wy}, a jest to wielkość najważniejsza do oceny działania oczyszczalni.

Trudności te wynikają z faktu, że główna możliwość oddziaływania na proces, to znaczy zmiany V_r^*, są zbyt słabe, by przeciwdziałać silnym zmianom V_s^* i S_s.
W instalacjach, dla których nie przewidziano zmiany V_r^*, nie ma możliwości w ogóle zmniejszenia wahań S_{wy} tą drogą. W takim przypadku instalacja musi być zaprojektowana z takim nadmiarem, aby maksymalna wartość S_{wy} mieściła się w granicach tolerancji.

d. Kluczowe znaczenie dla procesu ma stabilizacja stężenia tlenu w zbiorniku napowietrzającym. W literaturze fakt ten jest podkreślany [3,4,5] [9], ale rozpatruje się tam modele nie uwzględniające wpływu stężenia tlenu na reakcję redukcji substratu, zakładając, że dostarczana jest wystarczająca ilość tlenu. W niniejszej pracy pokazano jaki jest efekt, gdy ilość tlenu maleje, przy wzroście V_s^* i S_s. Dla przeciwdziałania temu zjawisku należy więc stosować stabilizację stężenia tlenu z oddziaływaniem na napowietrzanie. Można też dostarczyć powietrza lub tlenu w nadmiarze, ale taki sposób sterowania wiąże się z dużymi kosztami, choć dla małej oczyszczalni może być tańszy od wprowadzenia i konserwacji układu regulacji.

e. Na podstawie powyższych wniosków można zaproponować następującą kolejność wprowadzenia sterowania :
   1. Po pierwsze należy wprowadzić prosty autonomiczny układ stabilizacji stężenia tlenu. Sposób sterowania A .
   2. W drugiej kolejności należy rozważyć możliwość uruchomienia pomiarów przepływów, X_{wy}, G_x oraz ewentualnie S_{wy} wraz z mikrokomputerem do przetwarzania danych i prób sterowania .
   3. Na bazie danych otrzymanych z badań eksperymentalnych dokonać można prób sterowania, za pomocą mikrokomputera, wykorzystując, przy uwzględnieniu możliwości pomiarowych i nastawczych, jedną z następujących struktur sterowania B, C, I, J, K .

6. OZNACZENIA

W pracy przyjęto te same oznaczenia jak w [8] .

LITERATURA

[1] Kuźnik J., Metzger M.; Moszczyński M.: Modele i algorytmy sterowania procesami oczyszczania ścieków. Etap I, Inst. Aut., 1982, niepubl.

[2] Gentre N.K., Roester J.F., Bucken B.D.: Case histoires of automatic control of dissolved oxygen. JWPCF , 1978/ 10 .

[3] Angelbeck D.I., Shah Alam A.B.: Simulation studies on optimization of the activated sludge process. JWPCF, 1978/1 .

[4] Attir U., Denn M.M.: Dynamic and control of the activated sludge wasterwater process. AICHE Journal, 1978/4 .

[5] Busby J.B., Andrews J.F.: Dynamic modeling and control strategies for the activated sludge process. JWPCF, 1975/5 .

[6] Shah Alam A.B., Angelbeck D.I.: Laboratory studies on optimization of the activated sludge process. JWPCF , 1978/10 .

[7] Kuźnik J., Metzger M.: Modele i algorytmy sterowania procesami oczyszczania ścieków. Etap III, Inst. Aut., 1984 , niepublikowane .

[8] Metzger M.: Cyfrowa symulacja procesu biologicznego oczyszczania ścieków jako obiektu sterowania. Zesz. Nauk. Pol. Śl, seria Automatyka, 1985 .

[9] Ko K., McInnis B.C., Goodwin. G.C.: Adaptive control and Identification of the dissolved oxygen process. Automatica, 1982/6 .

SIMULATION STUDIES OF THE ACTIVATED WASTERWATER SLUDGE PROCESS CONTROL

S u m m a r y

Basing on the simulation studies, 18 different control strategies of the activated wasterwater sludge process have been compared. The chosen control responses for the step and sinusoidal disturbances have been presented in the paper. Basing on the performance index, proposed in the paper, the comparison study and conclusions have been shown .

ИМИТАЦИОННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СБРОСОВ

Р е з ю м е

В работе , путём имитационных иследований , сравнены I8 различных способов управления процессом биологической очистки сбросов.Показаны выбранные регуляционные траектории для ступенчатых и синусоидальных возмущений . На основание предложенного в работе показателя качества сравнены полученные результаты и приведены соответствующие выводы.