

MODELOWANIE PROCESU NAPEŁNIANIA ZBIORNIKÓW W SYSTEMIE FILTRACJI MEMBRANOWEJ

Marcin Tomasik

Akademia Rolnicza w Krakowie

Streszczenie. Przedstawiono problematykę modelowania matematycznego procesu napełniania zbiorników w systemie filtracji emulsji chłodząco-smarującej elementy robocze prasy tłoczącej puszkę napojową. Modele procesu napełniania zbiorników zbudowano, bazując na logice rozmytej. Wybrano metodę Takagi-Sugeno, umożliwiającą predykcję wielkości poziomu w zbiornikach systemu filtracyjnego. Zaprezentowane modele znajdują zastosowanie w automatyzacji procesu filtracji membranowej prowadzonej z zastosowaniem sterownika mikroprocesorowego. We wnioskach wskazano na korzyści jakie osiągnięto, dzięki zastosowaniu logiki rozmytej do modelowania i sterowania procesami technologicznymi.

Słowa kluczowe: automatyzacja, emulsja, filtracja membranowa, logika rozmyta

WSTĘP

Zadaniem układów regulacji jest utrzymanie zmiennych regulowanych jak najbliżej wartości dla nich zadanych określających punkt pracy obiektu sterowanego [Mikulski 2001]. Jeśli wymagania co do jakości regulacji nie są wygórowane, to sterowanie liniowe może okazać się wystarczające. W przeciwnym wypadku należy zastosować rozwiązanie oparte na technice mikroprocesorowej. Wprowadzenie do praktyki takich rozwiązań z narzędziami wspomagającymi sterowanie nieliniowe, tj. sterowanie rozmyte, sieci neuronowe radykalnie zmieniło jakość sterowania. Pozwalają na realizację nawet bardzo zaawansowanych obliczeniowo algorytmów regulacji wielowymiarowej i regulacji nieliniowej [Brzózka 2004].

Występujące w systemie filtracji membranowej obiekty sterowania są jednakże z reguły nieliniowe, nierzadko silnie nieliniowe. Ze względu m.in. na nieliniowe charakterystyki pomp i przepływów, zależności ilościowe są trudne do określania. Standardowe metody automatycznej regulacji stają się niewystarczające. Z drugiej strony doświad-

Adres do korespondencji – Corresponding Author: Marcin Tomasik, Katedra Energetyki Rolniczej Akademii Rolniczej w Krakowie, ul. Balicka 104, 30-149 Kraków, tel. 0-12 662-46-48, kom: 0501 549 897, e-mail: mtomasik@poczta.fm

czony operator (ekspert) jest w stanie manipulując zaworami doprowadzić do chwilowego wyrównania zadanych wielkości.

Takie intuicyjne, oparte na doświadczeniu „ręczne” sterowanie przenosi na potrzeby układów automatycznej regulacji technika fuzzy-logic, nazywana także sterowaniem rozmytym. Znajduje coraz częściej zastosowanie w sytuacjach trudnych do opisu matematycznego, zależnych od wielu czynników o zmieniających się lub nieokreślonych parametrach w układach nieliniowych [Piegat 1999].

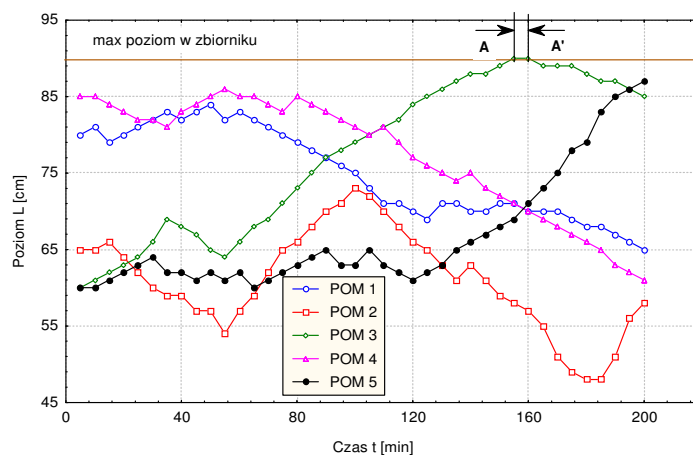
Celem pracy jest analiza systemu sterowania procesem filtracji na linii technologicznej produkującej puszkę napojową oraz sformułowanie modelu matematycznego opisującego proces napełniania zbiorników w systemie filtracji. Przyjęto hipotezę badawczą, że modelowanie rozmyte dokładniej opisuje proces napełniania zbiorników, aniżeli modelowanie oparte na równaniach różniczkowych.

BADANIA DOŚWIADCZALNE

Celem badań doświadczalnych było określenie krytycznych punktów na linii filtracji emulsji chłodząco-smarującej oraz stworzenie bazy wiedzy o procesie. Baza wiedzy wykorzystana została w modelowaniu systemu sterowania opartego na logice rozmytej.

Stanowisko pomiarowe opracowano wg zaleceń normy ISO4572/ISO16889, jako wzór stanowiska badawczego układu filtracji [Hunt 1998, Milcent i Carrère 2001]. Wyniki badań stanowiły pomiary bezpośrednie, jako reprezentacja czasowych przebiegów poszczególnych wielkości. Błąd bezwzględny wyznaczano z klasy dokładności przyrządów pomiarowych lub na podstawie najmniejszej działki skali przyrządu [Fotowicz 2004].

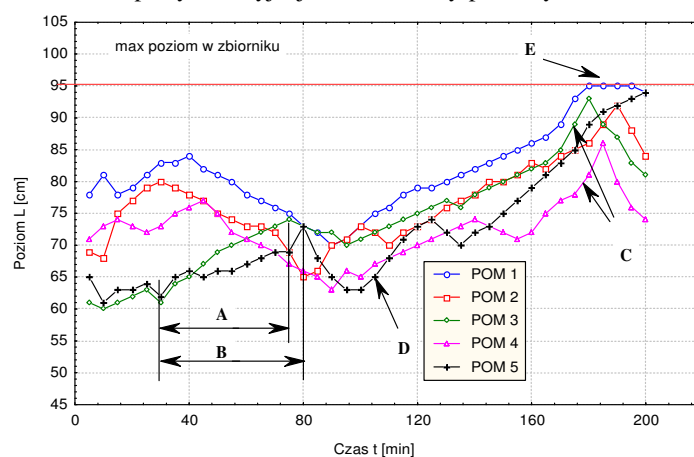
Na rysunku 1 zamieszczono charakterystykę poziomu emulsji w zbiorniku powrotnym z pras tłoczących puszkę napojową (bodemakery) (ZB-1).



Rys. 1. Charakterystyka poziomu emulsji w zbiorniku ZB-1
Fig. 1. Characteristic of level emulsion in tank ZB-1

Powracająca emulsja zawiera zanieczyszczenia z procesu wytłaczania puszek. Nieliniowa charakterystyka wynika z jednoczesnego przepompowywania emulsji do następnego zbiornika oraz zużycia emulsji w procesie produkcji. Poziomą linią zaznaczono maksymalny poziom w zbiorniku. Odcinek A-A' jest stanem awaryjnym przełania, spowodowany małym strumieniem odpływu emulsji do zbiornika ZB-2 (za mały współczynnik otwarcia zaworu wylotowego). W tej fazie pracują filtry by-passowe o mniejszej wydajności. Całkowita jej objętość powinna być rozłożona na dwa zbiorniki równomiernie.

Poziom emulsji w zbiorniku zasilającym filtr (ZB-2) obrazuje rysunek 2. Zbiornik ten stanowi zasilanie prasy filtracyjnej oraz filtrów by-passowych.

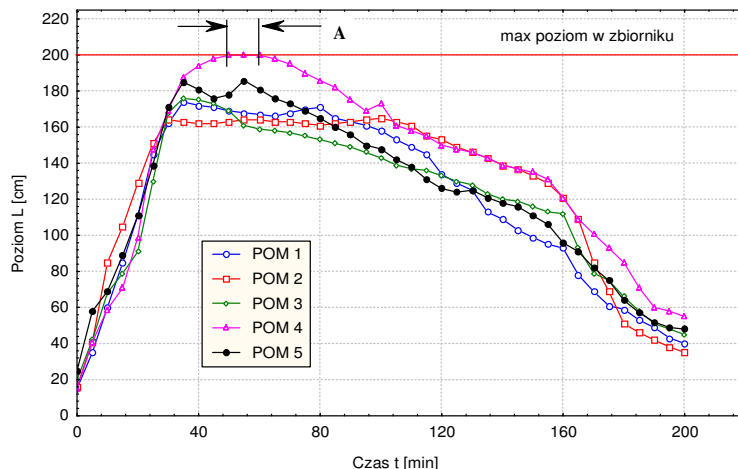


Rys. 2. Charakterystyka poziomu emulsji w zbiorniku ZB-2

Fig. 2. Characteristic of level emulsion in tank ZB-2

Analizując przebiegi poziomu emulsji w zbiorniku, wyznaczone zostały charakterystyczne punkty, które mają istotne znaczenie w opracowywaniu automatycznego systemu sterowania. Odcinki A i B przedstawiają przebieg uzupełniania emulsji. Punkt D w pomiarze nr 4, to moment, od którego zaczyna wzrastać poziom w zbiorniku. Wzrost poziomu emulsji jest odpowiedzią na rosnący opór membrany prasy filtracyjnej, wynikający ze stopniowego zatykania się porów w materiale rozdzielającym. Poprzez C oznaczono moment załączenia filtrów by-passowych. Po włączeniu ich poziom cieczy rośnie szybciej do momentu przełączenia z powrotem na filtrację membranową. Przepływ przez te filtry mierzony na zasilaniu bodymakerów w emulsję jest około trzech razy mniejszy. Jest to jeden z istotnych powodów do ograniczenia pracy tych filtrów do niezbędnego minimum na czas wymiany wkładów w prasie. Szybki wzrost poziomu emulsji w zbiorniku był przyczyną powstałego stanu awaryjnego – przełanie się emulsji na zewnątrz zbiornika (punkt E).

Następnym zbiornikiem w kolejności procesu technologicznego filtracji emulsji jest zbiornik za prasą filtracyjną (ZB-CZ), stąd oczyszczona emulsja trafia do wymiennika



Rys. 3. Charakterystyka poziomu emulsji w zbiorniku ZB-CZ
 Fig. 3. Characteristic of level emulsion in tank ZB-CZ

ciepła w celu stabilizacji temperatury i dalej tłoczona jest do bodymakerów. Charakterystykę poziomu cieczy w tym zbiorniku zamieszczono na rysunku 3. Na początku przepływu do zbiornika jest większy – poziom wzrasta szybciej. Po osiągnięciu pewnej wartości maksymalnej na skutek stopniowego przytykania się porów przepływ maleje. W okresie badań nie odnotowano niższego poziomu w zbiorniku niż 13 cm. Podczas prowadzenia pomiaru czwartego (A) nastąpiło przelanie się emulsji.

MODELOWANIE PROCESU NAPEŁNIANIA ZBIORNIKÓW W SYSTEMIE FILTRACJI MEMBRANOWEJ

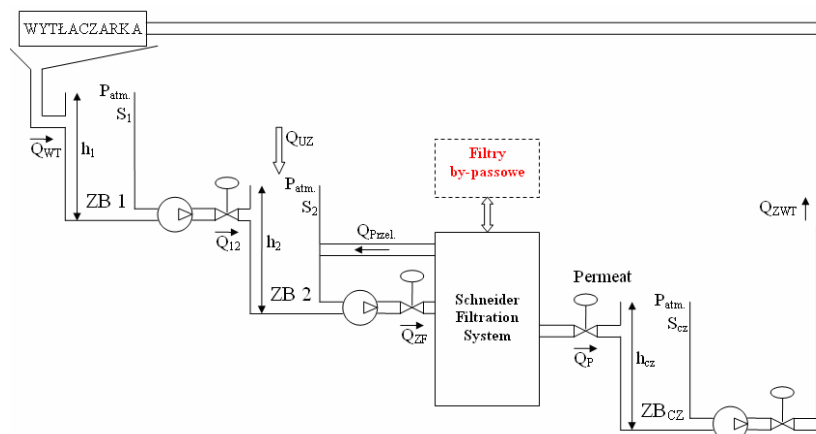
System zasilający filtr membranowy składa się z trzech zbiorników buforowych, pomp, zaworów regulujących przepływ, urządzenia zbierającego zanieczyszczenia z piany oraz wymiennika ciepła. Proces filtracji składa się z szeregu podprocesów, które wprowadzają nieliniowość. Sam układ zasilania wnosi nieliniowość poprzez takie czynniki, jak: sposób sterowania wypływami, lepkość, czy charakterystyki pomp zasilających [Pospolita 2001].

Wprowadzono uproszczenia, tj. przepływ laminarny na modelowanych odcinkach, pominięto ściśliwość i lepkość cieczy.

W modelu systemu filtracji wyróżniono następujące strumienie masowe: Q_{WT} – na wyjściu z wyłaczarki (bodymakera), Q_{12} – na wyjściu zbiornika ZB 1, Q_{UZ} – uzupełnianie emulsji, Q_{Przel} – strumień wracający z filtra (przelew), Q_{ZF} – zasilający filtr, Q_P – wypływającego permeatu (oczyszczonej emulsji), Q_{ZWT} – zasilający wyłaczarkę.

Dodatkowo do modelu przyjęto następujące oznaczenia dla wielkości charakteryzujących system zasilania filtra membranowego: S_1 – pole powierzchni swobodnej zbior-

nika ZB 1 ($9,2 \text{ m}^2$), S_2 – pole powierzchni swobodnej zbiornika ZB 2 ($9,8 \text{ m}^2$), S_{CZ} – pole powierzchni swobodnej zbiornika ZB_{CZ} ($8,75 \text{ m}^2$), h_1 – wysokość zbiornika ZB 1, h_2 – wysokość zbiornika ZB 2, h_{CZ} – wysokość zbiornika ZB_{CZ} (rys. 4).



Rys. 4. Schemat modelowanej instalacji filtracji
Fig. 4. Schema modelling instalation of filtration

W celu osiągnięcia optymalnych warunków pracy filtra, należy utrzymywać jednokowe obciążenie tzn. różnica ciśnień powinna być na niezmiennym poziomie niezależnie od strumienia wypływu permeatu (przefiltrowanej emulsji) [Rautenbach 1996]. Nierównomierne warunki filtracji obniżają jakość tego procesu i mogą doprowadzić do uszkodzenia filtra. Dynamikę zmian objętości w poszczególnych zbiornikach można zapisać następująco:

$$\frac{dV_{ZB1}}{dt} = \frac{dh_1}{dt} \cdot S_{ZB1} = Q_{WT} - Q_{12} \quad (1)$$

$$\frac{dV_{ZB2}}{dt} = \frac{dh_2}{dt} \cdot S_{ZB2} = Q_{12} + Q_{UZ} + Q_{Przel} - Q_{ZF} \quad (2)$$

$$\frac{dV_{ZBCZ}}{dt} = \frac{dh_{CZ}}{dt} \cdot S_{ZBCZ} = Q_P - Q_{ZWT} \quad (3)$$

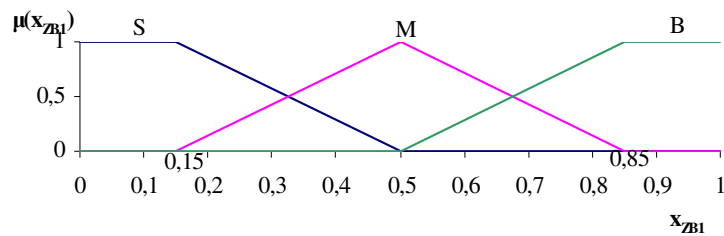
System zasilający filtr posiada ograniczenia wynikające z jego budowy, które należy uwzględnić zarówno w modelowaniu, jak i w opracowywaniu systemu sterowania.

MODEL SYSTEMU OPARTY NA LOGICE ROZMYTEJ

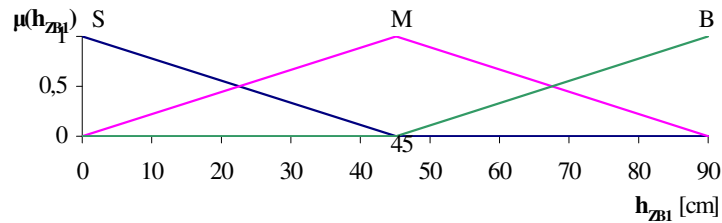
Modelowanie rozmyte opiera się na wiedzy o procesie. Wiedza zawarta jest w obserwacjach procesu i wynikach badań niezbędnych dla procesu modelowania rozmytego. W przypadku metody Takagi-Sugeno wykorzystane zostały przedstawiane w pracy

wyniki badań doświadczalnych, jak również dodatkowe (konieczne) pomiary wielkości wejściowych $u(k)$ oraz wyjściowych $y(k)$.

Pierwszy z opisywanych modeli odnosi się do procesu napełniania zbiornika ZB-1 zanieczyszczoną emulsją. W pierwszym etapie modelowania rozmytego (fuzzyfikacja), przedstawiono przebiegi przynależności współczynnika otwarcia zaworu $\mu(x_{ZB1})$ odprowadzającego emulsję do zbiornika ZB – 2, jako wielkość sterująca $u(k)$ (rys. 5) oraz poziomu emulsji chłodząco-smarującej h_{ZB1} – wielkość wyjściowa (rys. 6) do podzbiorów S (małych), M (średnich) i B (dużych).



Rys. 5. Fuzzyfikacja współczynnika otwarcia zaworu x_{ZB1}
Fig. 5. Fuzzification of open valve ratio x_{ZB1}



Rys. 6. Fuzzyfikacja poziomu emulsji h_{ZB1} w zbiorniku ZB-1
Fig. 6. Fuzzification of level emulsion h_{ZB1} in tank ZB - 1

W geometrycznym ujęciu, reguły wnioskowania Takagi-Sugeno odpowiadają przybliżeniu odcinkami za pomocą funkcji liniowej. Funkcje te wyznaczono na podstawie badań doświadczalnych. Pomocnicze modele liniowe w chwilach $k + 1$ dla poszczególnych podzakresów (podzbiorów S,M,B) mają postać:

$$h_{S-ZB1}(k+1) = 0,5 \cdot h_{ZB1}(k) - 0,5 \cdot h_{ZB1}(k-1) + 2612,5 \cdot x_{ZB1}(k) - 2712,5 \cdot x_{ZB1}(k-1) \quad (4)$$

$$h_{M-ZB1}(k+1) = 0,125 \cdot h_{ZB1}(k) - 0,5 \cdot h_{ZB1}(k-1) + 2080 \cdot x_{ZB1}(k) - 2147,5 \cdot x_{ZB1}(k-1) \quad (5)$$

$$h_{B-ZB1}(k+1) = -3 \cdot h_{ZB1}(k) - 8 \cdot h_{ZB1}(k-1) + 21560 \cdot x_{ZB1}(k) - 22300 \cdot x_{ZB1}(k-1) \quad (6)$$

Przewidywaną wartość poziomu emulsji h_{ZB1} w kroku następnym ($k + 1$) obliczono na podstawie tablicy decyzyjnej zaproponowanej przez Takagi i Sugeno mającą postać wzoru (7) [Piegat 1999, Wachowicz 2002]:

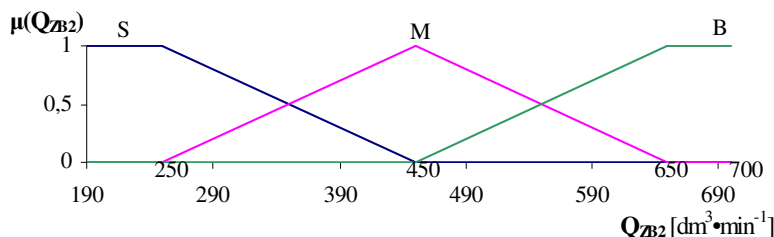
$$h_{ZB1}(k+1) = \frac{\mu_S(h_{ZB1}[k])}{\mu_S(h_{ZB1}[k]) + \mu_M(h_{ZB1}[k]) + \mu_B(h_{ZB1}[k])} \cdot h_{S(ZB1)}[k+1] + \frac{\mu_M(h_{ZB1}[k])}{\mu_S(h_{ZB1}[k]) + \mu_M(h_{ZB1}[k]) + \mu_B(h_{ZB1}[k])} \cdot h_{M(ZB1)}[k+1] + \frac{\mu_B(h_{ZB1}[k])}{\mu_S(h_{ZB1}[k]) + \mu_M(h_{ZB1}[k]) + \mu_B(h_{ZB1}[k])} \cdot h_{B(ZB1)}[k+1] \quad (7)$$

gdzie: $h_{ZB1}[k]$ jest pomiarem poziomu emulsji w chwili k , natomiast: $\mu_S(h_{ZB1}[k])$, $\mu_M(h_{ZB1}[k])$, $\mu_B(h_{ZB1}[k])$ są wartościami funkcji przynależności tego pomiaru do podzbiorów.

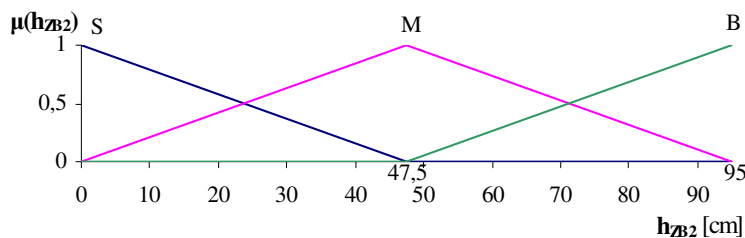
Pomocnicze modele liniowe dla zbiornika ZB-2 wyznaczono przyjmując jako wielkość sterującą $u(k)$ sumaryczny strumień zasilający ten zbiornik Q_{ZB2} na wielkość którego, składają się:

$$Q_{ZB2} = Q_{12} + Q_{UZ} + Q_{Przel.} - Q_{ZF} \quad (8)$$

Wielkością sterowaną jest poziom emulsji h_{ZB-2} w tym zbiorniku. Funkcje przynależności sygnału sterującego przedstawiono na rysunku 7, a sterowanego na rysunku 8.



Rys. 7. Fuzzyfikacja całkowitego strumienia Q_{ZB2} zasilającego zbiornik ZB-2
 Fig. 7. Fuzzification of total flux Q_{ZB2} feeding in tank ZB-2



Rys. 8. Fuzzyfikacja poziomu h_{ZB2} emulsji w zbiorniku ZB-2
 Fig. 8. Fuzzification of level h_{ZB2} emulsion in tank ZB-2

Pomocnicze modele liniowe w chwilach $k + 1$ dla poszczególnych podzbiorów S,M,B:

$$h_{S-ZB2}(k+1) = 0,251 \cdot h_{ZB2}(k) + 0,582 \cdot h_{ZB2}(k-1) - 0,045 \cdot Q_{ZB2}(k) + 0,028 \cdot Q_{ZB2}(k-1) \quad (9)$$

$$h_{M-ZB2}(k+1) = 0,392 \cdot h_{ZB2}(k) - 1,371 \cdot h_{ZB2}(k-1) + 0,008 \cdot Q_{ZB2}(k) + 0,203 \cdot Q_{ZB2}(k-1) \quad (10)$$

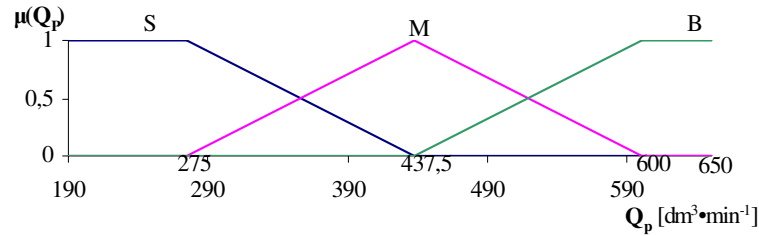
$$h_{B-ZB2}(k+1) = -0,788 \cdot h_{ZB2}(k) + 0,855 \cdot h_{ZB2}(k-1) + 0,209 \cdot Q_{ZB2}(k) - 0,114 \cdot Q_{ZB2}(k-1) \quad (11)$$

Przewidywaną wielkość sterowaną h_{ZB-2} w kroku $k+1$ wyznacza się z następującej tablicy decyzyjnej:

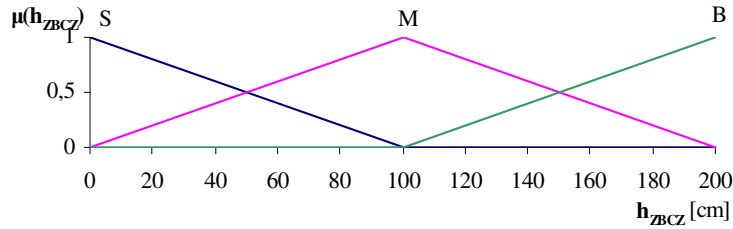
$$h_{ZB2}(k+1) = \frac{\mu_S(h_{ZB2}[k])}{\mu_S(h_{ZB2}[k]) + \mu_M(h_{ZB2}[k]) + \mu_B(h_{ZB2}[k])} \cdot h_{S(ZB2)}[k+1] + \frac{\mu_M(h_{ZB2}[k])}{\mu_S(h_{ZB2}[k]) + \mu_M(h_{ZB2}[k]) + \mu_B(h_{ZB2}[k])} \cdot h_{M(ZB2)}[k+1] + \frac{\mu_B(h_{ZB2}[k])}{\mu_S(h_{ZB2}[k]) + \mu_M(h_{ZB2}[k]) + \mu_B(h_{ZB2}[k])} \cdot h_{B(ZB2)}[k+1] \quad (12)$$

gdzie: $h_{ZB2}[k]$ jest pomiarem poziomu emulsji w chwili k , natomiast: $\mu_S(h_{ZB2}[k])$, $\mu_M(h_{ZB2}[k])$, $\mu_B(h_{ZB2}[k])$ są wartościami funkcji przynależności tego pomiaru do podzbiorów.

Modelowanie napełniania zbiornika ZB-CZ oczyszczoną emulsją wpływającą z filtra membranowego rozpoczyna fuzyfikacja wielkości sterującej Q_P (rys. 9) oraz sterowanej h_{ZB-CZ} (rys. 10).



Rys. 9. Fuzyfikacja wpływającego z filtra strumienia permeatu Q_P do zbiornika ZB-CZ
Fig. 9. Fuzzification of effluent in filter flux permeat Q_P in tank ZB-CZ



Rys. 10. Fuzyfikacja poziomu h_{ZB-CZ} emulsji w zbiorniku ZB-CZ
Fig. 10. Fuzzification of level h_{ZB-CZ} emulsion in tank ZB-CZ

Pomocnicze modele liniowe w chwilach $k + 1$ dla poszczególnych podzbiorów:

$$h_{S-ZBCZ}(k+1) = -0,461 \cdot h_{ZBCZ}(k) + 1,136 \cdot h_{ZBCZ}(k-1) + 0,068 \cdot Q_p(k) - 0,085 \cdot Q_p(k-1) \quad (13)$$

$$h_{M-ZBCZ}(k+1) = 2,442 \cdot h_{ZBCZ}(k) - 5,487 \cdot h_{ZBCZ}(k-1) - 15,725 \cdot Q_p(k) + 16,093 \cdot Q_p(k-1) \quad (14)$$

$$h_{B-ZBCZ}(k+1) = 5,303 \cdot h_{ZBCZ}(k) - 8,339 \cdot h_{ZBCZ}(k-1) - 0,5 \cdot Q_p(k) + 1,839 \cdot Q_p(k-1) \quad (15)$$

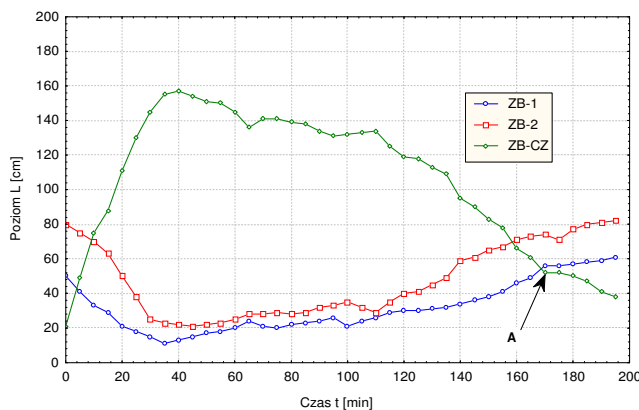
Tablica decyzyjna pozwalająca przewidzieć h_{ZB-CZ} w kroku $k + 1$ jest następująca:

$$h_{ZBCZ}(k+1) = \frac{\mu_S(h_{ZBCZ}[k])}{\mu_S(h_{ZBCZ}[k]) + \mu_M(h_{ZBCZ}[k]) + \mu_B(h_{ZBCZ}[k])} \cdot h_{S(ZBCZ)}[k+1] + \frac{\mu_M(h_{ZBCZ}[k])}{\mu_S(h_{ZBCZ}[k]) + \mu_M(h_{ZBCZ}[k]) + \mu_B(h_{ZBCZ}[k])} \cdot h_{M(ZBCZ)}[k+1] + \frac{\mu_B(h_{ZBCZ}[k])}{\mu_S(h_{ZBCZ}[k]) + \mu_M(h_{ZBCZ}[k]) + \mu_B(h_{ZBCZ}[k])} \cdot h_{B(ZBCZ)}[k+1] \quad (16)$$

gdzie: $h_{ZBCZ}[k]$ jest pomiarem poziomu emulsji w chwili k , natomiast: $\mu_S(h_{ZBCZ}[k])$, $\mu_M(h_{ZBCZ}[k])$, $\mu_B(h_{ZBCZ}[k])$ są wartościami funkcji przynależności tego pomiaru do podzbiorów.

WERYFIKACJA EMPIRYCZNA MODELU STEROWANIA

Badania weryfikacyjne przeprowadzono na zautomatyzowanym obiekcie. Jednostką sterującą PLC był sterownik GE Fanuc serii 90-70. Zaprogramowanie sterownika zrealizowano w zalecanym oprogramowaniu Proficy Machine Edition®.



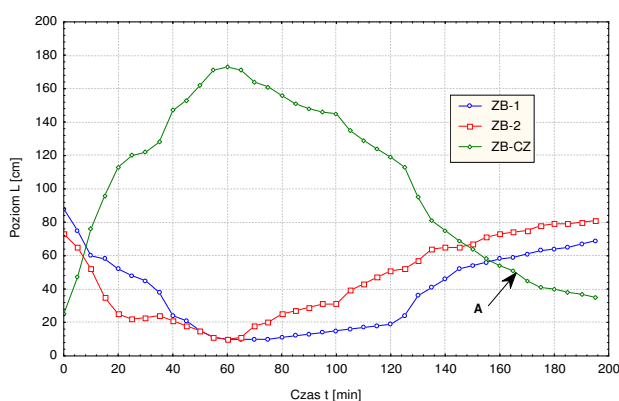
Rys. 11. Charakterystyka poziomu emulsji (weryfikacja – pierwsza seria)

Fig. 11. Characteristic of level emulsion (verification – first series)

Na rysunkach 11 i 12 zamieszczono wyniki pomiarów poziomu odczytane przy pierwszej i drugiej serii weryfikacyjnej. Poprzez A oznaczono włączenie filtrów by-passowych. System sterujący został tak zaprogramowany, aby załączały się te filtry jeszcze przed opróżnieniem zbiornika ZB-CZ. Moment załączania inicjowany jest przy poziomie emulsji w tym zbiorniku wynoszącym 52 cm. Pozostawiony zapas przy

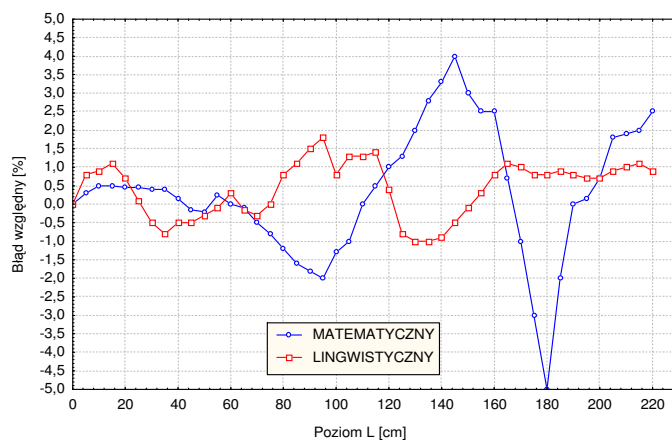
mniejszej wydajności filtrów ma zagwarantować niezmienny strumień emulsji chłodząco-smarującej zasilający prasę tłoczącą opakowania do końca operacji wymiany wkładów w filtrze membranowym. Najistotniejszym parametrem z punktu widzenia bezpieczeństwa prowadzonego procesu wyłaczania opakowań jest utrzymywanie odpowiedniego poziomu emulsji.

Wydłużono cykl filtracji membranowej. Odpowiednie jej prowadzenie pozwoliło na lepsze wykorzystywanie tego systemu. Poziom 52 cm przy którym załączane są filtry by-passowe osiągany po ok. 170 min od chwili uruchomienia filtracji membranowej. Przez cały cykl pracy opracowanego systemu sterowania utrzymywany był większy poziom w zbiorniku ZB-CZ, niż przy sterowaniu manualnym.



Rys. 12. Pomiary poziomu emulsji (weryfikacja – druga seria)

Fig. 12. Characteristic of level emulsion (verification – latter series)



Rys. 13. Porównanie modeli dla sterowania poziomem emulsji w zbiorniku ZB-2

Fig. 13. Comparison model for steorage level in tank ZB-2

Porównano również klasyczny model matematyczny z modelem lingwistycznym (rys. 13). Ocenę metod modelowania przeprowadzono dla zbiornika ZB-2. Z obserwacji wyników błędów względnych tych modeli wynika, że model lingwistyczny globalnie lepiej odzwierciedla proces. Jednakże w mniejszych wartościach poziomu emulsji (do 70 cm) lokalnie lepiej opisuje model matematyczny. Przy większych wartościach poziomu ten model jest mniej dokładny.

Trudności modelowania dla tego zbiornika wynikają z liczby zmiennych mających wpływ na wartość końcową. Przy uwzględnieniu, że model lingwistyczny można jeszcze udoskonalić, modyfikując reguły bądź sam proces rozmywania, istnieje możliwość uzyskania jeszcze większej dokładności tego modelu. To dodatkowo przemawia za lepszą oceną dla modelu lingwistycznego.

WNIOSKI

1. Rozmyte modele systemu zasilającego filtrację membranową emulsji chłodząco-smarującej poprawnie opisują proces napełniania zbiorników.
2. Opracowane predykcyjne modele pozwalają na przewidywanie stanów krytycznych. Ich zastosowanie powoduje ograniczanie strat technologicznych wynikających z przelewania się emulsji. Ponadto ułatwiają utrzymywanie odpowiedniej ilości oczyszczonej emulsji przed wymianą wkładów filtracyjnych.
3. Zastosowanie logiki rozmytej na etapie modelowania oraz w aplikacji sterującej, zapewni skuteczne sterowanie obiektami nieliniowymi. Regulator rozmyty stwarza możliwość swobodnego kształtowania powierzchni – a ściślej odwzorowania „wejście – wyjście” oraz realizację dowolnego odwzorowania regulatora klasycznego.

PIŚMIENNICTWO

- Brzózka J., 2004. Regulatory i układy automatyki. Wyd. Mikom, Warszawa.
- Fotowicz P., 2004. Ocena niepewności wskazania przyrządu pomiarowego. *Pomiary Automatyka Robotyka – PAR*, 4, 14–19, Warszawa.
- Hunt T., 1998. The monitoring of filters. *Filtration & Separation* 10, 27–30.
- Mikulski J., 2001. Podstawy automatyki – liniowe układy regulacji. Wyd. PŚ, Gliwice.
- Milcent S., Carrère H., 2001. Clarification of lactic acid fermentation broths. *Separation and Purification Technol.* 22–23.
- Piegat A., 1999. Modelowanie i sterowanie rozmyte. Exit, Warszawa.
- Pospolita J., 2001. Pomiary przepływów płynów. Ofic. Wyd. PO, Opole.
- Rautenbach R., 1996. Procesy membranowe. Podstawy projektowania modułów i instalacji. WNT, Warszawa.
- Wachowicz E., 2002. Zastosowanie teorii zbiorów rozmytych do modelowania procesów technologicznych. *Inż. Rol.* 7(40), 5–17.

MODELLING PROCESS OF FILL TANK IN SYSTEM FILTRATION MEMBRANE

Abstract. Featured problematic modeling automatic control in process filtration cooling oil emulsion cooling elements of the bodymaker. Modeling process filling of tank build base by fuzzy logic. Selected method of the Takagi-Sugeno, enable prediction of level in tank filtration system. The automatic control system for the system filtration oil emulsion will allow for control of technological processes and maintenance. Furthermore, it will facilitate archiving of the process data and their analysis, at the same time facilitating use of the installation.

Key words: automation, emulsion, membrane filtration, fuzzy logic

Praca naukowa finansowana ze środków KBN w latach 2005–2006 jako projekt badawczy

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 6.03.2006