

APLIKACJA ZBIORÓW ROZMYTYCH DLA NOWOCZESNYCH TECHNIK DOJU KRÓW*

Stanisław Lis, Henryk Juszka, Marcin Tomasik

Katedra Energetyki i Automatykacji Procesów Rolniczych, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Streszczenie. Opracowano algorytm sterowania podciśnieniem w autonomicznym aparacie udojowym. Do sterowania wykorzystano rozmyty regulator FLC. Symulację komputerową wykonano w programie MATLAB-Simulink®. Wyniki zilustrowano na wykresach odzwierciedlających charakter zjawisk zachodzących w układzie regulacji.

Słowa kluczowe: maszynowy dój krów, podciśnienie, modelowanie, sterowanie

Wstęp

Metody zaliczane do sztucznej inteligencji, do których również należy logika rozmyta z powodzeniem są wykorzystywane w inżynierii rolniczej [Juszka, Tomasik 2005; Lis i in. 2010, Wachowicz 2002]. Obecnie z zastosowaniem logiki rozmytej powstaje wiele nowych aplikacji systemów sterowania i podejmowania decyzji. Ze względu na mniejsze nakłady obliczeniowe, dokładniejsze wyniki i prostotę obsługi w porównaniu z tradycyjnymi metodami sterowania, logika rozmyta w przypadku złożonych obiektów sterowania, do których zaliczany jest maszynowy dój krów, zwłaszcza z wykorzystaniem robotów, stanowi znaczącą alternatywę dla konwencjonalnych sposobów sterowania.

W opracowaniu przedstawiono przykład aplikacji logiki rozmytej w nowoczesnych technikach doju krów. Zastosowano model rozmyty Mamdaniego do sterowania podciśnieniem w autonomicznym aparacie udojowym. W Katedrze Energetyki i Automatykacji Procesów Rolniczych w UR w Krakowie prowadzone są badania związane z opracowaniem takiego aparatu udojowego.

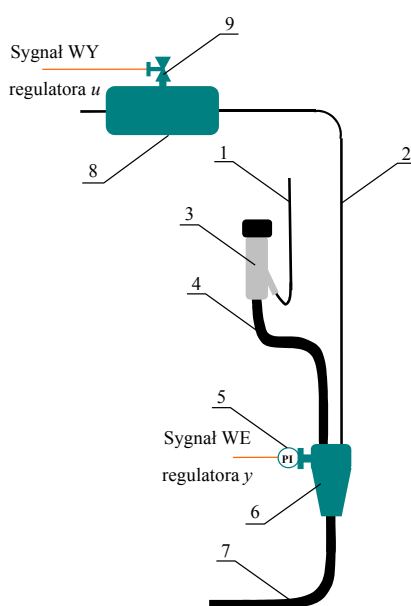
Cel i zakres pracy

Celem pracy jest przedstawienie modelu układu regulacji, z regulatorem rozmytym FLC, do sterowania podciśnieniem w autonomicznym aparacie udojowym. Zakres pracy obejmuje opracowanie algorytmu sterowania podciśnieniem i odwzorowanie przebiegu tego procesu w autonomicznym aparacie udojowym, symulację komputerową w programie MATLAB-Simulink i zilustrowanie jej wyników w postaci wykresów.

* *Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2008-2011 jako projekt badawczy N N313 154435.*

Charakterystyka obiektu regulacji

Modelowany obiekt regulacji składa się z dwóch zasadniczych grup elementów (rys. 1). Pierwsza z nich to sekcja autonomicznego aparatu udojowego, do doju jednej ćwiartki wymienia krwi, która obejmuje kolektor (6) wraz z czujnikiem podciśnienia (5), kubek udojowy (3), krótki przewód mleczny (4), przewody ciśnienia ssącego i pulsacyjnego (1) i (2). W modelowanym autonomicznym aparacie udojowym założono rozdzielenie ciśnienia transportującego p_t i ssącego p_s . Drugi z przedstawionych na rys. 1 zespołów służy do sterowania podciśnieniem ssącym i składa się ze zbiornika (8) i elementu wykonawczego – zaworu (9).



Źródło: opracowanie własne

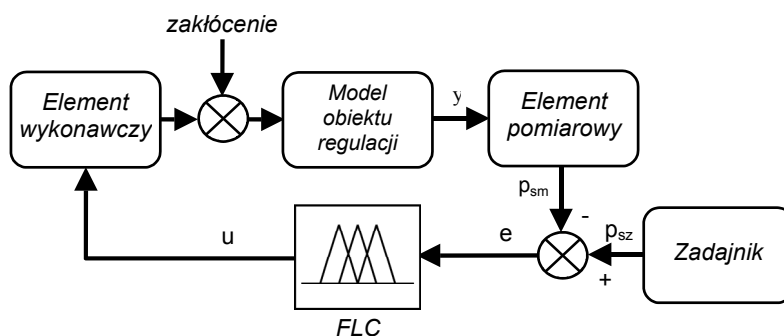
Rys. 1. Uproszczony schemat obiektu regulacji: 1 – przewód pulsacyjny, 2 – przewód podciśnienia ssącego p_s , 3 – kubek udojowy, 4 – krótki przewód mleczny, 5 – czujnik pomiaru podciśnienia ssącego, 6 – kolektor autonomicznego aparatu udojowego, 7 – długi przewód mleczny, 8 – zbiornik, 9 – zawór

Fig. 1. A simplified schematic representation of a controlled object: 1 – pulse tube, 2 – suction negative pressure tube p_s , 3 – teat cup, 4 – short milk tube, 5 – sensor of suction negative pressure tube, 6 – collector of autonomous milking machine, 7 – long milk tube, 8 – container, 9 – valve

Charakterystyka układu regulacji automatycznej

Założono, że do sterowania wartością podciśnienia w autonomicznym aparacie udojowym zostanie wykorzystany nadążny układ regulacji z programowanym zadajnikiem, obliczającym wartość zadaną podciśnienia na podstawie wpływu mleka ze strzyka krowy.

W środowisku MATLAB-Simulink® opracowano model takiego układu [Fuzzy Logic Toolbox™ User's Guide 2011]. Jego schemat ilustruje rys. 2.



Źródło: opracowanie własne

Rys. 2. Schemat blokowy układu sterującego podciśnieniem
 Fig. 2. A flow chart of a negative pressure control system

Istotnym elementem funkcjonalnym przedstawionego schematu jest model odwzorowujący działanie obiektu regulacji (rys. 2). Na jego wejście podawany jest sygnał oddziaływania zwrotnego u , obliczony przez regulator rozmyty FLC. Wartość sygnału u kształtowana jest na podstawie błędu regulacji e , stanowiącego różnicę pomiędzy wartością zadaną z zadajnika a wartością wyjściową modelu obiektu regulacji.

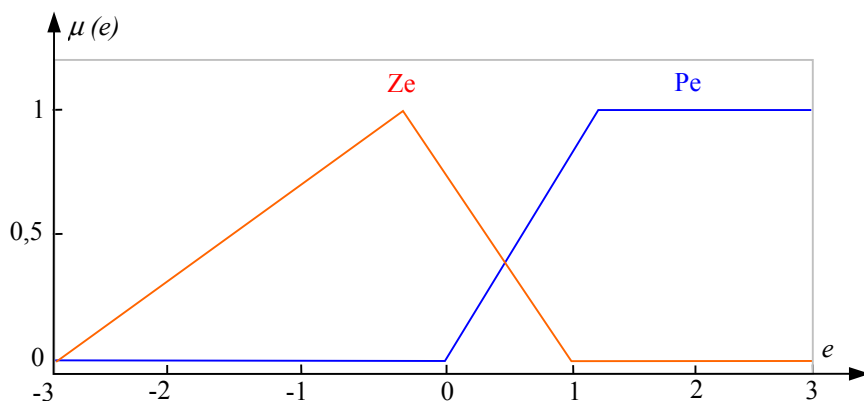
Model obiektu regulacji zastosowany do badań symulacyjnych przedstawiono w pracy Lisa i in. [2010].

Oddziaływanie otoczenia w postaci zakłóceń jest pozorowane przy wykorzystaniu węzła sumującego.

Regulator rozmyty FLC

Doświadczenie zdobyte dzięki analizie działania modelu układu regulacji automatycznej zostanie wykorzystane podczas doboru nastaw dla sterownika PLC. W czasie formułowania modelu regulatora rozmytego FLC, którego algorytm zostanie zapisany w sterowniku, zbiory wartości wejściowych i wyjściowych podzielono tylko na dwa podzbiory. Umożliwi to usprawnienie działania sterownika i ograniczy do niezbędnego minimum wykonywane przez to urządzenie obliczenia. W przypadku FLC wielkość wejściową stanowi błąd regulacji e , a wielkość wyjściową sygnał sterujący u , w tym przypadku jest to napięcie dla elementu wykonawczego – zaworu [Çunkaş, Aydoğdu 2010; Łachwa 2001, Mroczek 2006, Rahmat, Ghazaly 2006, www.ijcaonline.org]. Napięcie mieści się w przedziale 0–24 V.

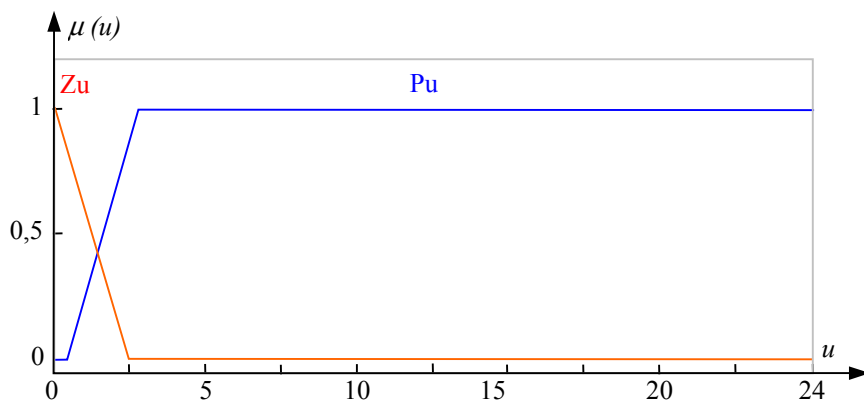
Zbiór wartości wejściowych po podziale na podzbiory wartości: ujemnych i zerowych Z_e oraz dodatnich P_e , zilustrowano na rys. 3.



Źródło: opracowanie własne

Rys. 3. Przebieg funkcji przynależności elementów zbioru wartości wejściowych e do podzbiorów
 Fig. 3. Course of the membership function of the elements of the input values collection e to subsets

W przypadku sygnału wyjściowego FLC u , zbiory rozmytych wartości, oznaczone zostały jako zerowy Zu i dodatni Pu (rys. 4).



Źródło: opracowanie własne

Rys. 4. Przebieg funkcji przynależności elementów zbioru wartości wyjściowych u do podzbiorów
 Fig. 4. Course of the membership function of the elements of the input values collection u to subsets

Dla powiązania wartości wejściowych z wyjściowymi na podstawie wiedzy Autorów dotyczącej charakteru badanych zjawisk sformułowano bazę reguł stanowiącą tabelę decyzyjną (tabela 1).

Tabela 1. Relacje pomiędzy wartością błęd (wejście) i odpowiedzią regulatora rozmytego
 Table 1. A relation between error value (input) and the answer of the fuzzy regulator

e	Z_e	P_e
u	Z_u	P_u

Źródło: opracowanie własne

Zależności po zapisaniu w postaci zdań warunkowych przyjęły następującą postać:

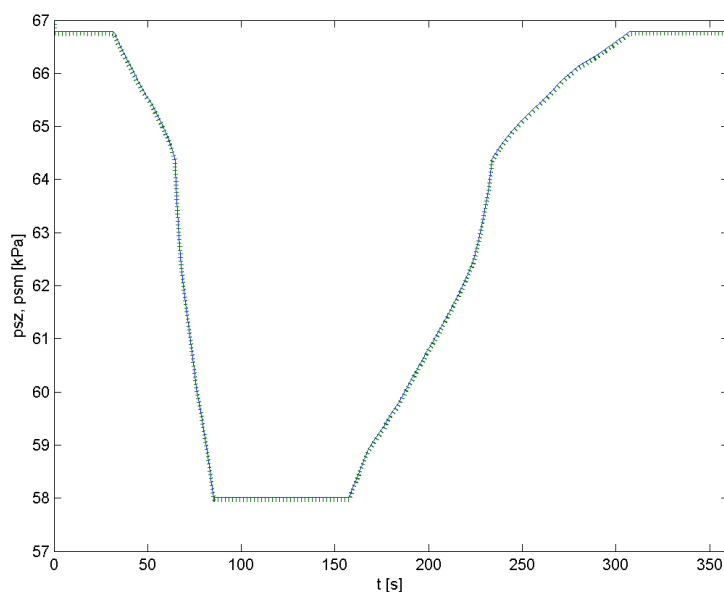
1. Jeżeli e jest Z_e to u jest Z_u .
2. Jeżeli e jest P_e to u jest P_u .

Badania symulacyjne

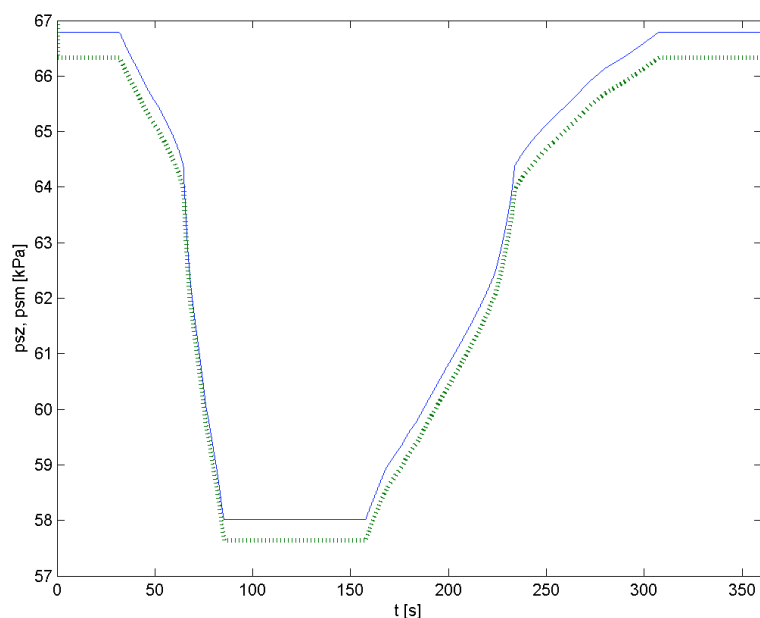
Symulację komputerową przebiegu procesu sterowania przeprowadzono w środowisku MATLAB-Simulink według schematu przedstawionego na rys. 2.

Celem badań symulacyjnych było sprawdzenie stabilności układu automatycznej regulacji poprzez analizę jego odpowiedzi na zakłócenie, które pozorowano poprzez zmianę natężenia strumienia powietrza q_p przepływającego przez obiekt regulacji. Podczas pierwszej symulacji q wynosił $100 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ a podczas następnej był równy $400 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$.

Uzyskane wyniki zobrazowano na wykresach (rys. 5 i 6). Na tych wykresach przebiegi wartości zadanej p_{sz} oznaczono linią ciągłą a przebiegi uzyskane z modelu p_{sm} linią przerywaną.



Rys. 5. Przebiegi wartości zadanej i regulowanej ciśnienia ssącego p_s przy $q_p = 100 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$
 Fig. 5. The course of a set and a regulated value of suction negative pressure p_s at $q_p = 100 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$



Rys. 6. Przebiegi wartości zadanej i regulowanej ciśnienia ssącego p_s przy $q_p = 400 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$
 Fig. 6. The course of a set and a regulated value of suction negative pressure p_s at $q_p = 400 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$

Aby ocenić jakość przyjętego rozwiązania porównano przedstawione na wykresach wartości zadane p_{sz} z wartościami regulowanymi p_{zm} (rys. 2). Obliczono w tym celu średni absolutny błąd modelu (1):

$$BM = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \left| \frac{y_i - y_i^p}{y_i} \right| \quad (1)$$

gdzie:

- y_i – wartości zadane ciśnienia ssania w kPa,
- y_i^p – wartości ciśnienia ssania otrzymane z modelu w kPa,
- m – liczba obserwacji,

Dla strumienia powietrza q_p równego $100 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ średni absolutny błąd modelu wyniósł niespełna 0,1%, natomiast dla q_p o wartości $400 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ wartość błędu zbliżyła się do 0,7%.

Wnioski

1. Badania symulacyjne modelu układu regulacji wskazują na zasadność jego wykorzystania do sterowania podciśnieniem w aparacie udojowym do doju krów.
2. Zastosowanie regulatora rozmytego w układzie automatycznej regulacji umożliwi uzyskanie stabilnego przebiegu procesu sterowania i utrzymanie wartości podciśnienia ssącego na zadanym poziomie.
3. Wyniki symulacji komputerowej zostaną wykorzystane w doborze nastaw dla układu sterowania automatycznego autonomicznym aparatem udojowym.

Bibliografia

- Çunkaş M., Aydoğdu O.** 2010. Realization of fuzzy logic controlled brushless dc motor drives using Matlab/Simulink. *Mathematical and Computational Applications*, Vol. 15, No. 2. Association for Scientific Research. s. 218-229.
- Juszka H.** 2006. *Automatyzacja i robotyzacja w inżynierii rolniczej*. PTIR, Kraków. ISBN 83-917053-3-1
- Juszka H., Tomasik M.** 2005. Logika rozmyta w sterowaniu podciśnieniem w automatyzowanym doju krów, *Acta Sci. Pol., Technica Agraria*. Nr 4. Lublin. s. 67-74.
- Lis S., Juszka H., Tomasik M.** 2010. Sterowanie podciśnieniem w autonomicznym aparacie udojowym. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 5(123). Kraków. s. 129-135.
- Łachwa A.** 2001. *Rozmyty świat zbiorów, liczb, relacji, faktów, reguł i decyzji*. Seria Problemy współczesnej nauki teoria i zastosowania. Informatyka. Wydawnictwo Exit, Warszawa. ISBN 83-87674-21-4.
- Mroczek B.** 2006. Projektowanie regulatorów rozmytych w środowisku MATLAB-Simulink®. *Pomiary, Automatyka, Robotyka*. Nr 11. Warszawa. s. 5-13.
- Rahmat M. F., Ghazaly M. M.** 2006. Performance comparison between PID and fuzzy logic controller in position control system of dc servomotor. *Jurnal Teknologi*, 45(D). Universiti Teknologi Malaysia. s. 1-17.
- Wachowicz E.** 2002. Zastosowania teorii zbiorów rozmytych do modelowania procesów technologicznych. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 7(40). Warszawa. s. 5-17.
- Fuzzy Logic Toolbox™ User's Guide [online]. Natick. The MathWorks, Inc. 2011 [dostęp 09-07-2011]. Dostępny w Internecie: http://www.mathworks.com/access/helpdesk/help/pdf_doc/fuzzy/fuzzy.pdf
- PKI Endorsement Functions for Network Users [online]. IJCA Special Issue on "Computational Science - New Dimensions & Perspectives" NCCSE, 2011 [dostęp 09-07-2011]. Dostępny w Internecie: <http://www.ijcaonline.org/nccse/number3/SPE171T.pdf>

APPLICATION OF FUZZY SETS IN MODERN MILKING TECHNIQUES

Abstract. An algorithm of negative pressure control in an autonomous milking machine was developed. The FLC fuzzy logic controller was used for controlling. A computer simulation was carried out in the MATLAB-Simulink[®] software. Results were presented on the graphs reflecting the character of the phenomena occurring in the control system.

Key words: machine milking of cows, negative pressure, modelling, control

Adres do korespondencji:

Stanisław Lis email: Stanislaw.Lis@ur.krakow.pl
Katedra Energetyki i Automatykacji Procesów Rolniczych
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
ul. Balicka 116B
30-149 Kraków