

STEROWANIE UDOJEM OPARTE O MODEL PROCESU

Henryk Juszka, Stanisław Lis

Katedra Energetyki i Automatykacji Procesów Rolniczych, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Streszczenie. Przedstawiono metodykę generowania przy wykorzystaniu logiki rozmytej, przebiegu sygnału sterującego fazami doju maszynowego krów. Symulację prowadzono w programie MATLAB-Simulink® a jej wyniki przedstawiono na wykresach. Wyniki symulacji wskazały na możliwość zastosowania logiki rozmytej do modelowania procesu udoju.

Słowa kluczowe: dój maszynowy krów, sterowanie, logika rozmyta

Wstęp

Zbliżenie parametrów doju maszynowego krów do ich cech osobniczych w zakresie oddawania mleka z wykorzystaniem automatycznego sterowania wiąże się m. in. z koniecznością rozwiązania problemu dotyczącego procesu sterowania. Badania urządzeń udojowych prowadzone bezpośrednio na krowach mogą negatywnie wpływać na ich zdrowie. Aby wyeliminować to zagrożenie część badań może być prowadzona przy użyciu komputerów na podstawie opracowanych zależności matematycznych [Solov'ev i in. 1998]. Trudne i złożone zagadnienie opracowania modelu matematycznego można zrealizować przy wykorzystaniu logiki rozmytej. Zatem w programie Matlab opracowano rozmyty model procesu sterowania dojem maszynowym krów. Zastosowano model typu Sugeno [Mroczek 2006].

Cel i zakres pracy

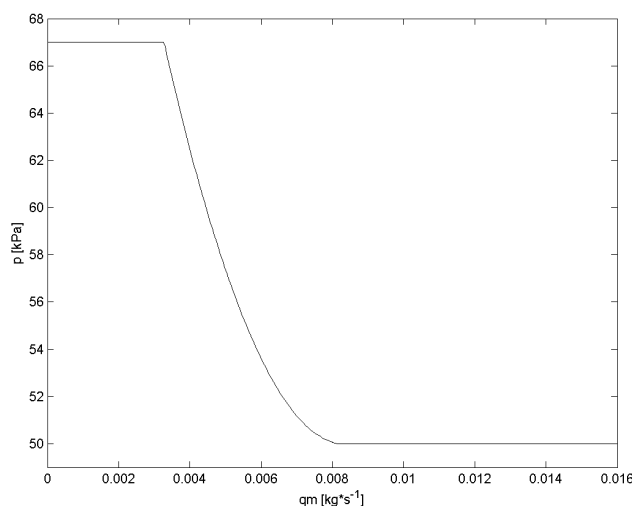
Celem pracy jest przedstawienie modelu procesu sterowania ciśnieniem bezwzględny w aparacie udojowym dla krów z wykorzystaniem logiki rozmytej.

Zakres pracy obejmuje generowanie modelem logiki rozmytej sygnału sterującego ciśnieniem bezwzględny podczas doju maszynowego krów oraz symulację komputerową w programie MATLAB-Simulink® i przedstawienie jej wyników w postaci wykresów.

Metodyka

Dla procesu sterowania ciśnieniem bezwzględny w aparacie udojowym przyjęto założenie, że ciśnienie podczas fazy wstępnej i końcowej wynosi 67 kPa a podczas doju właściwego jest równe 50 kPa. Jego wartość zmienia się w funkcji natężenia mleka wypływającego ze strzyków krowy. Graniczny poziom natężenia strumienia masowego mleka

między fazą wstępną i dojem właściwym oraz dojem właściwym i fazą końcową przy którym zmienia się wartość ciśnienia bezwzględnego w aparacie udojowym wynosi $0,003 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$. W oparciu o przyjęte założenia wyznaczono graficzną postać przebiegu sygnału sterującego zmianami wartości ciśnienia bezwzględnego w aparacie udojowym w funkcji natężenia strumienia masowego mleka. Biblioteka środowiska Matlab Fuzzy Logic Toolbox umożliwia uczenie modelu typu Sugeno metodami odpowiednimi dla sieci neuronowych tj. poprzez wykorzystanie do tego celu danych uczących. Dlatego opracowany w formie graficznej przebieg sygnału sterującego ciśnieniem zamieniono na postać cyfrową umożliwiającą wprowadzenie do przestrzeni roboczej programu MATLAB i zapisano go w arkuszu kalkulacyjnym. Jego fragment przedstawiono na rys. 1.



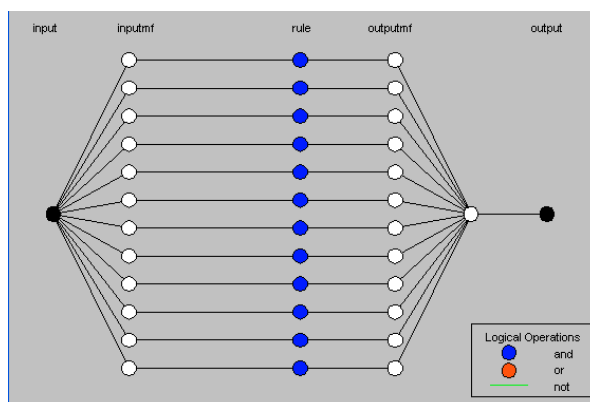
Źródło: opracowanie własne autorów

Rys. 1. Przebieg sygnału sterującego ciśnieniem bezwzględnym w aparacie udojowym
 Fig. 1. Trajectory of signal controlling absolute pressure in a milking machine

Na tym wykresie można zaobserwować przebieg sygnału sterującego ciśnieniem bezwzględnym w aparacie udojowym zgodny z przyjętymi wcześniej założeniami. Jego linia określa wartość ciśnienia dla strumienia masowego mleka mniejszego od $0,003 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$ ($0,2 \text{ kg}\cdot\text{min}^{-1}$) na poziomie przyjętym dla fazy wstępnej i końcowej doju tj. 67 kPa. Dla strumienia masowego większego bądź równego $0,003 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$ linia sygnału sterującego ciśnieniem opada łagodnie do poziomu odpowiedniego dla doju właściwego – 50 kPa. Macierz wartości zilustrowanych na wykresie wykorzystano następnie jako dane uczące dla sieci neuronowej, której zadaniem był dobór parametrów modelu rozmytego typu Sugeno. W macierzy strumień masowy mleka zadeklarowano jako wielkość wejściową a wartość ciśnienia bezwzględnego w aparacie udojowym jako wielkość wyjściową. Równoważna sieć neuronowa wykorzystana w procesie uczenia powstała przez przekształcenie modelu rozmytego. Jej schemat przedstawiono na rys. 2.

Sterowanie udojem...

Widoczne w oknie warstwy sieci neuronowej pełnią następujące funkcje: warstwa pierwsza (input) oznacza wartość wejściową, warstwa druga (inputmf) jest odpowiedzialna za fuzyfikację (rozmycie) wartości wejściowej, warstwa trzecia (rule) reprezentuje reguły. Kolejne warstwy (outputmf i output) odpowiadają za defuzyfikację (wyostrzenie).

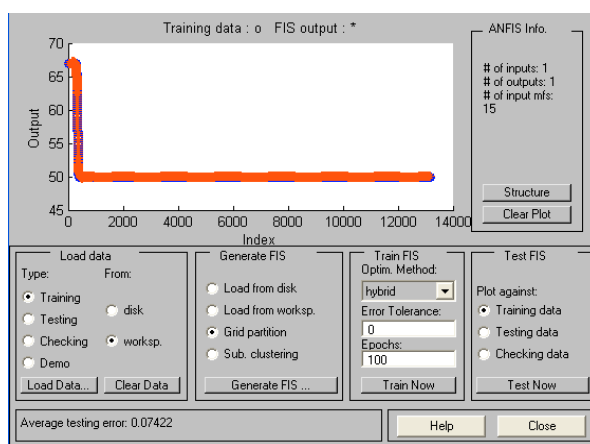


Źródło: opracowanie własne autorów

Rys. 2. Okno Anfis Model Struktura z wizualizacją modelu rozmytego opisanego przez 12 reguł po przekształceniu w sieć neuronową

Fig. 2. The Anfis Model Struktura window with visualisation of fuzzy model characterised by 12 rules after transformation into neural network

Etap uczenia sieci neuronowej reprezentuje interfejs ANFIS Editor [Juszka i in. 2007, Mroczek 2006] (rys. 3).

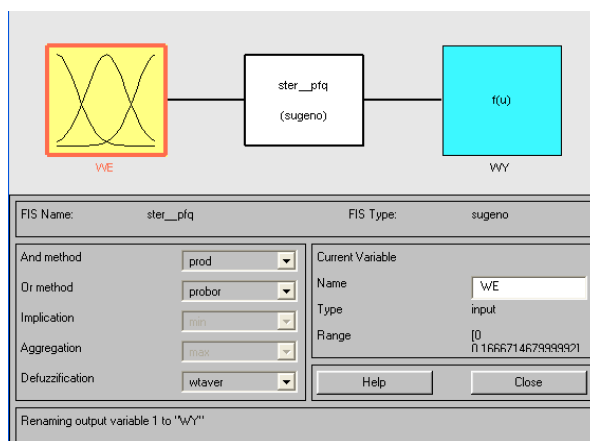


Źródło: opracowanie własne autorów

Rys. 3. Okno interfejsu ANFIS Editor z wizualizacją danych uczących

Fig. 3. The ANFIS Editor interface window with visualisation of teaching data

Zastosowany algorytm pozwolił na opracowanie modelu rozmytego typu Sugeno, generującego sygnał sterujący ciśnieniem bezwzględny w aparacie udojowym podczas faz doju w funkcji strumienia masowego mleka. Diagram wejść-wyjść tego modelu przedstawia rys. 4.

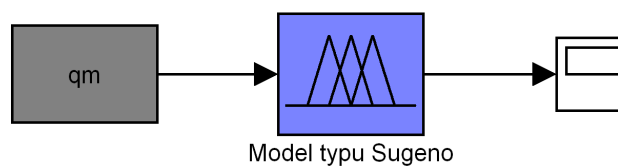


Źródło: opracowanie własne autorów

Rys. 4. Okno edytora FIS Fuzzy Logic Toolbox – diagram wejść-wyjść modelu rozmytego
Fig. 4. The FIS Fuzzy Logic Toolbox editor window – diagram with fuzzy model inputs-outputs

Badania symulacyjne

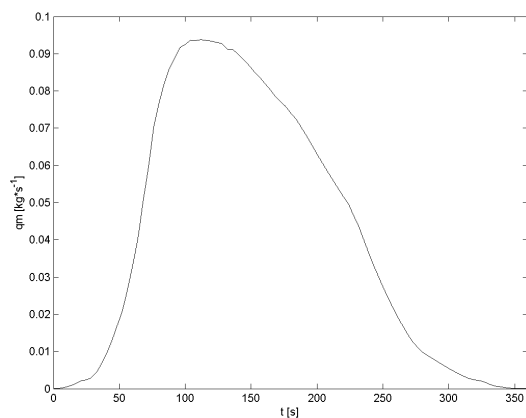
Symulację komputerową procesu sterowania ciśnieniem bezwzględny w aparacie udojowym podczas doju, według reguły zbiorów rozmytych przeprowadzono w programie MATLAB-Simulink® według schematu (rys. 5).



Źródło: opracowanie własne autorów

Rys. 5. Schemat symulacji
Fig. 5. Simulation diagram

Opracowany model rozmyty na przedstawionym schemacie blokowym reprezentowany jest przez blok Simulinka o nazwie „Model typu Sugeno”. Znajdujący się na schemacie blok „qm” wykorzystano do wprowadzenia z arkusza kalkulacyjnego do przestrzeni roboczej programu MATLAB, wartości przebiegu strumienia masowego mleka (rys. 6).

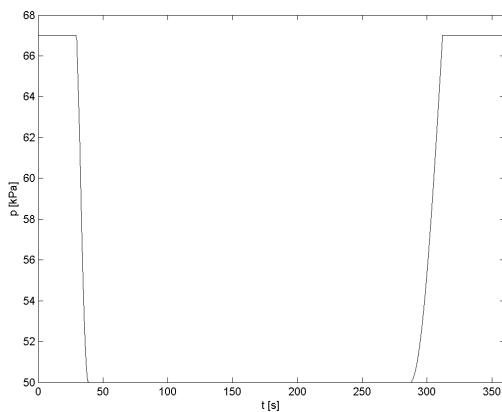


Źródło: Juszka 2006

Rys. 6. Strumień masowy mleka
Fig. 6. Mass stream of milk

Blok typu „Oscyloskop” posłużył do wizualizacji otrzymanych wartości.

Symulacja miała następujący przebieg: na wejście bloku reprezentującego model rozmyty wprowadzono przebieg strumienia masowego mleka; na wyjściu otrzymano sygnał sterujący ciśnieniem bezwzględny w aparacie udojowym w funkcji strumienia masowego mleka (rys. 7).



Źródło: opracowanie własne autorów

Rys. 7. Przebieg sygnału sterującego ciśnieniem bezwzględny w aparacie udojowym odwzorowany logiką rozmytą
Fig. 7. Trajectory of signal controlling absolute pressure in a milking machine represented using fuzzy logic

Można zaobserwować, że zilustrowany przebieg jest zgodny z przyjętymi założeniami. Linia sygnału sterującego określa w sposób właściwy wartość ciśnienia. Przy przedstawionym na rys. 6 strumieniu masowym mleka mniejszym od $0,003 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$ ciśnienie utrzymuje się na poziomie przyjętym dla fazy wstępnej doju (stymulacja) – 67 kPa. Następnie po przekroczeniu $0,003 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$ łagodnie opada do wartości odpowiednich dla doju właściwego tj. 50 kPa. Gdy poziom strumienia masowego mleka pod koniec doju spadnie poniżej $0,003 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$ linia sygnału sterującego łagodnie wzrasta do wartości odpowiednich dla fazy końcowej doju – 67 kPa. Na tym poziomie, reprezentującym stymulację końcową, utrzymuje się do końca doju. Z uwagi na powyższe uzasadnione jest stwierdzenie, iż generowanie sygnału sterującego ciśnieniem bezwzględnym aparatu udojowego w funkcji strumienia masowego mleka modelem rozmytym typu Sugeno stało się realne.

Wnioski

1. Generowany sygnał sterujący ciśnieniem bezwzględnym aparatu udojowego w funkcji strumienia masowego mleka modelem rozmytym typu Sugeno pozwala uzyskać zadowalający wynik z punktu widzenia celów użytkowniczych.
2. Przedstawiona metodyka zapewnia generowanie sygnału sterującego bez konieczności stosowania do jego opisu klasycznego modelu matematycznego, którego opracowanie metodami analitycznymi jest zagadnieniem złożonym.
3. Opracowany model sterowania dojem maszynowym krów na etapie prac projektowych daje pogląd na dalsze doskonalenie urządzeń udojowych.

Bibliografia

- Juszka H.** 2006. Automatykacja i robotyzacja w inżynierii rolniczej. Wyd. PTIR, Kraków. ISBN 83-917053-3-1
- Juszka H., Lis S., Tomasik M.** 2008. Odwzorowanie przebiegu pulsacji metodami sztucznej inteligencji. Inżynieria Rolnicza. Nr 9 (107). s. 131-137.
- Mroczek B.** 2006. Projektowanie regulatorów rozmytych w środowisku MATLAB-Simulink. Pomiarzy. Automatyka. Robotyka. Nr 11. s. 5-13.
- Solov'ev S.A., Asmakin E.M., Asmakin A.M., Sachov V.A.** 1998. Modelirovanie processa otdaci moloka zivotnym. Tech.Sel'.Choz. Nr 5. s. 9-11.

MILKING CONTROL BASED ON PROCESS MODEL

Abstract. The paper presents methodology applied to generate characteristics of signal controlling cow machine milking phases using fuzzy logic. The simulation has been carried out using the MATLAB-Simulink® application, and its results are shown in diagrams. Simulation results indicate that it is possible to apply fuzzy logic to model the milking process.

Key words: machine milking of cows, control, fuzzy logic

Adres do korespondencji:

Henryk Juszka,; e-mail: hjuszka@ar.krakow.pl
Katedra Energetyki i Automatykacji Procesów Rolniczych
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
ul. Balicka 116B
30-149 Kraków