

Henryk Juszka, Stanisław Lis  
Zakład Energetyki Rolniczej  
Akademia Rolnicza w Krakowie

## SYMULACJA STEROWANIA ROZMYTEGO DYNAMIKĄ DOJU MASZYNOWEGO KRÓW

### Streszczenie

Przedstawiono symulację komputerową na bazie nieliniowego modelu sterowania procesem doju, pozwalającą przybliżyć się do problematyki dopasowania parametrów dojarki do cech osobniczych krów. Wykorzystano algorytm zbiorów rozmytych do modelowania matematycznego sterowaniem dynamiką doju. Zamieszczono wyniki symulacji komputerowej z wykorzystaniem programu Matlab®.

**Słowa kluczowe:** automatyzacja doju, pulsator, sterowanie rozmyte

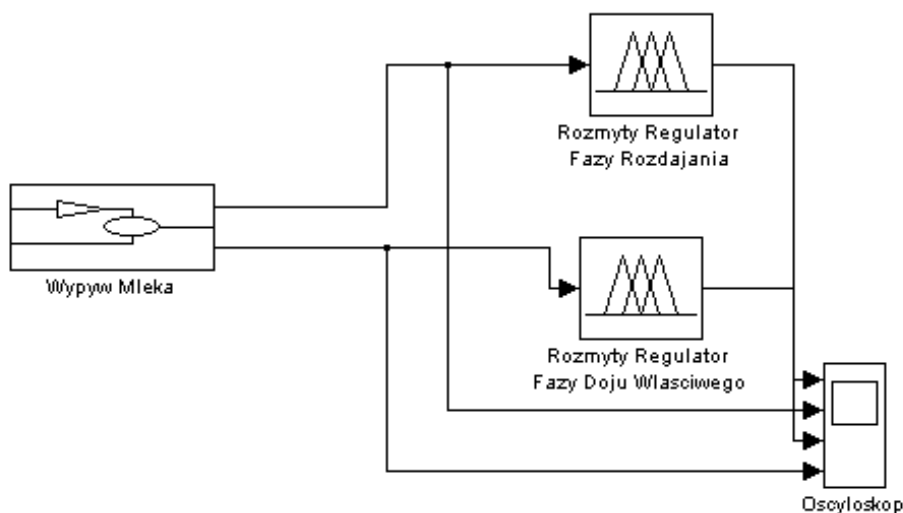
### Wstęp

Problemem obecnie stosowanych dojarek są sztywne parametry pracy tych urządzeń, uniemożliwiające dostosowanie się do zmiennych warunków pracy wynikających z fizjologii oddawania mleka przez krowę. Nawet prawidłowo dobrane parametry pracy dojarek w opinii wielu badaczy mogą działać stymulująco na powstawanie nowych oraz rozwój już istniejących infekcji [Wiercioch 1994]. Podejmowane do tej pory działania mające na celu zautomatyzowanie procesu doju w małym stopniu dotyczyły jego parametrów, takich jak podciśnienie w kubkach udojowych czy częstotliwość pulsacji, lecz czynności wykonywanych przez dojarza i miały na celu zmniejszenie nakładów pracy [Gedymin 2003, Juszka i in. 2004]. Koniecznym wydaje się prowadzenie badań, nad maszynowym dojem krów, zmierzających do konstrukcji systemu automatycznego sterowania dopasowującego dynamikę doju do cech osobniczych krów. Wcześniej sformułowano nieliniowy model sterowania dynamiką doju krów [Juszka, Tomasik 2004]. Wydaje się iż kierunek badań z wykorzystaniem teorii zbiorów rozmytych jest właściwy. Logika rozmyta pozwala w sposób nieskomplikowany i skuteczny sterować procesami nieliniowymi [Wachowicz 2002].

Celem pracy było przedstawienie wyników komputerowej symulacji sterowania rozmytego dynamiką maszynowego doju krów. Pozwoli ona na opracowanie parametrów dla rzeczywistego systemu sterowania.

### Opis symulacji komputerowej

Symulację komputerową procesu sterowania pulsatorem według reguły zbiorów rozmytych przeprowadzono w programie MATLAB 6.5<sup>®</sup>. Stanowi on uniwersalne środowisko programowe dla obliczeń naukowo-technicznych i wizualizacji. Łączy analizę numeryczną, obliczenia macierzowe, przetwarzanie sygnałów i grafikę w łatwe do użycia środowisko w którym zarówno problemy, jak i ich rozwiązania zapisane są matematycznie bez uwzględnienia zasad tradycyjnego programowania.

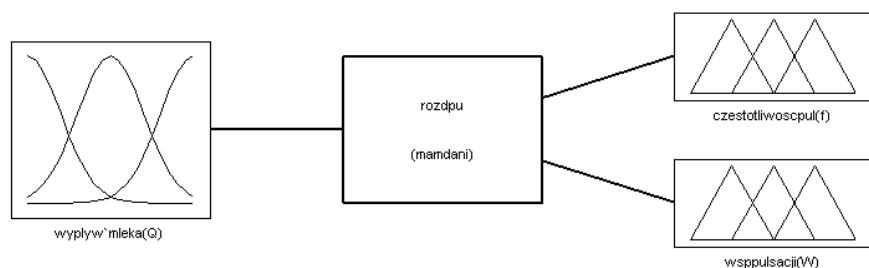


Rys. 1. Schemat układu sterowania pulsatorem z wykorzystaniem logiki rozmytej  
Fig. 1. Diagram of pulser control system using the fuzzy logic

### Wyniki badań symulacyjnych

Na wejście regulatora rozmytego w fazie rozdajania wprowadzono sygnał odzwierciedlający wpływ mleka w tej fazie. Ma on charakter rosnący o przebiegu liniowym. Natomiast na wejście regulatora rozmytego w fazie doju właściwego wprowadzono sygnał o przebiegu sinusoidalnym, odzwierciedlający wpływ mleka w fazie doju właściwego.

Na rys. 2. zamieszczono schemat zależności między wartościami, które rozmyto w połączeniu z bazą reguł kierującą tymi zależnościami. Dotyczy to zarówno fazy rozdajania jak i doju właściwego.

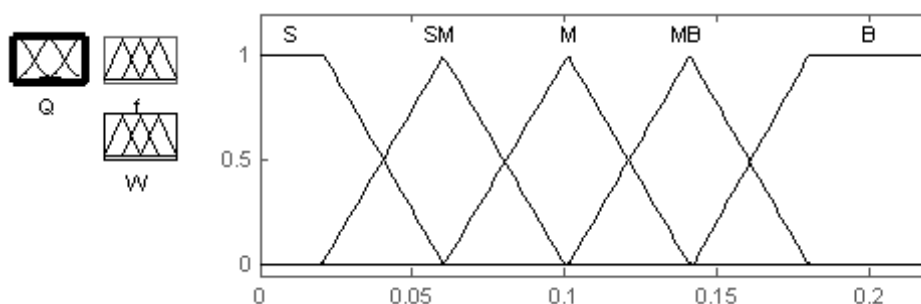


Rys. 2. Schemat zależności częstotliwości pulsacji i współczynnika pulsatora od wypływu mleka

Fig. 2. Presentation of dependence of the pulsation frequency and pulser coefficient from milk outflow

Sporządzone wykresy przebiegu funkcji przynależności wartości wypływu mleka, częstotliwości pulsacji oraz współczynnika pulsacji do danych podzbiorów zaaplikowano do środowiska programu Matlab®.

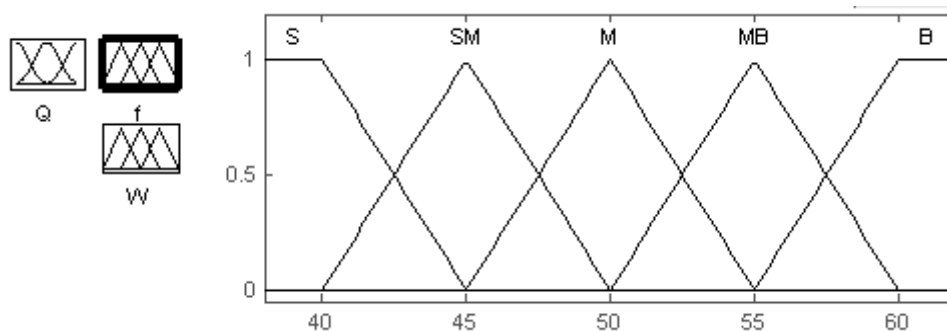
Na rys. 3 widać w jakich zakresach będzie się zmieniał wypływ mleka w fazie rozdajania. Przyjmuje on wartości od 0 do  $0,2 \text{ kg} \cdot \text{min}^{-1}$  podzielone na podzbiory.



Rys. 3. Przebieg funkcji przynależności wartości przepływu mleka (Q) do podzbiorów dla fazy rozdajania

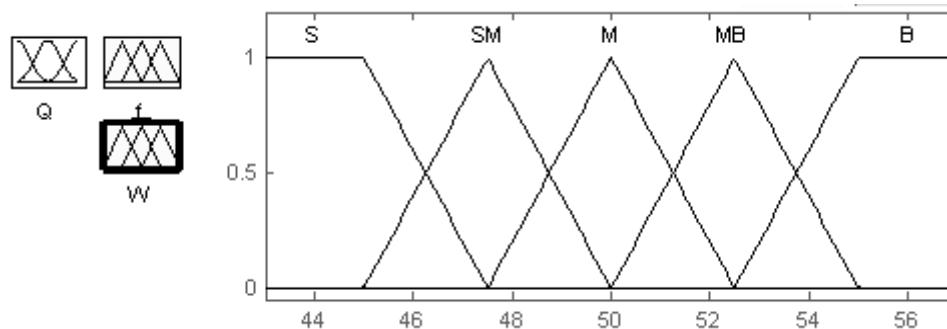
Fig. 3. Function of belonging of milk flow values (Q) to pre-milking phase subsets

Częstotliwość pulsacji w fazie rozdajania będzie przyjmować wartości od 40 do 60 puls·min<sup>-1</sup> i zmieniać się w zależności od wypływu mleka. Przebieg funkcji przynależności wartości częstotliwości pulsacji do podzbiorów obrazuje rys. 4. Wartość współczynnika pulsacji w fazie rozdajania mieści się w zakresie od 45 do 55%. Podobnie jak częstotliwość pulsacji będzie przyjmować wartości z tego zakresu w zależności od przepływu mleka. Rys. 5 przedstawia przynależność wartości współczynnika pulsacji do podzbiorów.



Rys. 4. Przebieg funkcji przynależności wartości częstotliwości pulsacji ( $f$ ) do podzbiorów dla fazy rozdajania

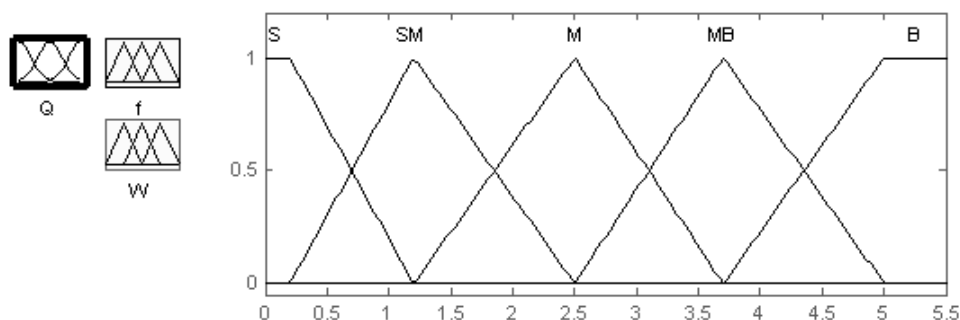
Fig. 4. Function of belonging of pulsation frequency values ( $f$ ) to pre-milking phase subsets



Rys. 5. Przebieg funkcji przynależności wartości współczynnika pulsacji ( $W$ ) do podzbiorów dla fazy rozdajania

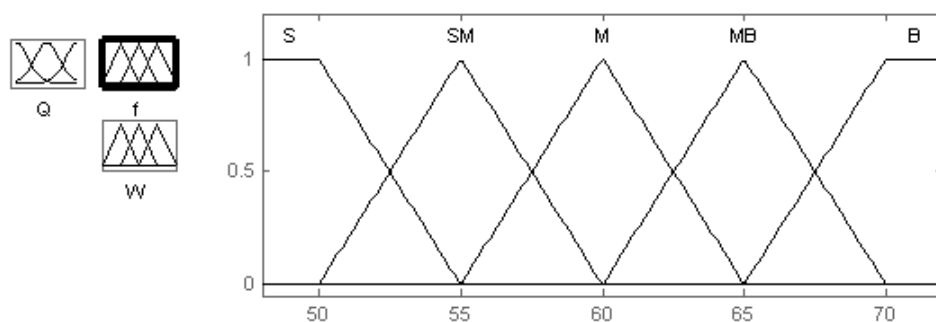
Fig. 5. Function of belonging of pulsation coefficient value ( $W$ ) to pre-milking phase subsets

Gdy przepływ mleka wzrośnie powyżej  $0,2 \text{ kg}\cdot\text{min}^{-1}$ , nastąpi przejście do następnej fazy. W fazie doju właściwego podobnie jak w fazie rozdajania w zależności od wypływu mleka ze strzyka, częstotliwość pulsacji i współczynnik pulsatora będą przyjmować odpowiednie wartości, zgodne z tym, co zostało założone w sformułowanej wcześniej bazie reguł. Gdy przepływ mleka przyjmie ponownie wartość poniżej  $0,2 \text{ kg}\cdot\text{min}^{-1}$ , nastąpi przejście do fazy podoju. Wartości częstotliwości pulsacji i współczynnika pulsacji w fazie podoju będą takie same, jak w fazie rozdajania. Dój zakończy się, gdy zaniknie wypływ mleka. Podczas doju właściwego przepływ mleka mieści się w granicach od  $0,2$  do  $5,5 \text{ kg}\cdot\text{min}^{-1}$ . Także i w tej fazie doju dokonano podziału wartości przepływu mleka do podzbiorów, co odzwierciedla rys. 6. Częstotliwość pulsacji będzie przyjmować wartości od 50 do  $70 \text{ puls}\cdot\text{min}^{-1}$  w fazie doju właściwego. Przebieg funkcji przynależności wartości częstotliwości pulsacji do podzbiorów w tej fazie przedstawia rys. 7.



Rys. 6. Przebieg funkcji przynależności wartości przepływu mleka ( $Q$ ) do podzbiorów dla fazy doju właściwego

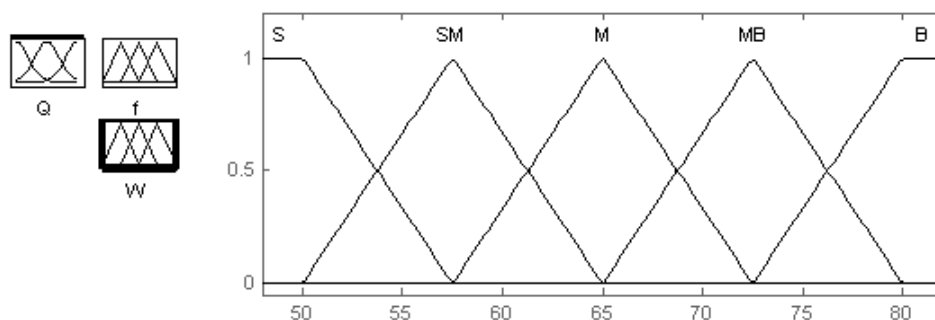
Fig. 6. Function of belonging of milk flow values ( $Q$ ) to milking phase subsets



Rys. 7. Przebieg funkcji przynależności wartości częstotliwości pulsacji ( $f$ ) do podzbiorów dla fazy doju właściwego

Fig. 7. Function of belonging of pulsation frequency values ( $f$ ) to milking phase subsets

W fazie doju właściwego współczynnik pulsacji przyjmuje wartości z zakresu od 50 do 80%. Cały zakres wartości został podzielony na poszczególne podzbiory, co obrazuje rys. 8.



Rys. 8. Przebieg funkcji przynależności wartości współczynnika pulsacji ( $W$ ) do podzbiorów dla fazy doju właściwego

Fig. 8. Function of belonging of pulsation coefficient value ( $W$ ) to milking phase subsets

Do programu Matlab<sup>®</sup> wprowadzono następującą bazę danych:

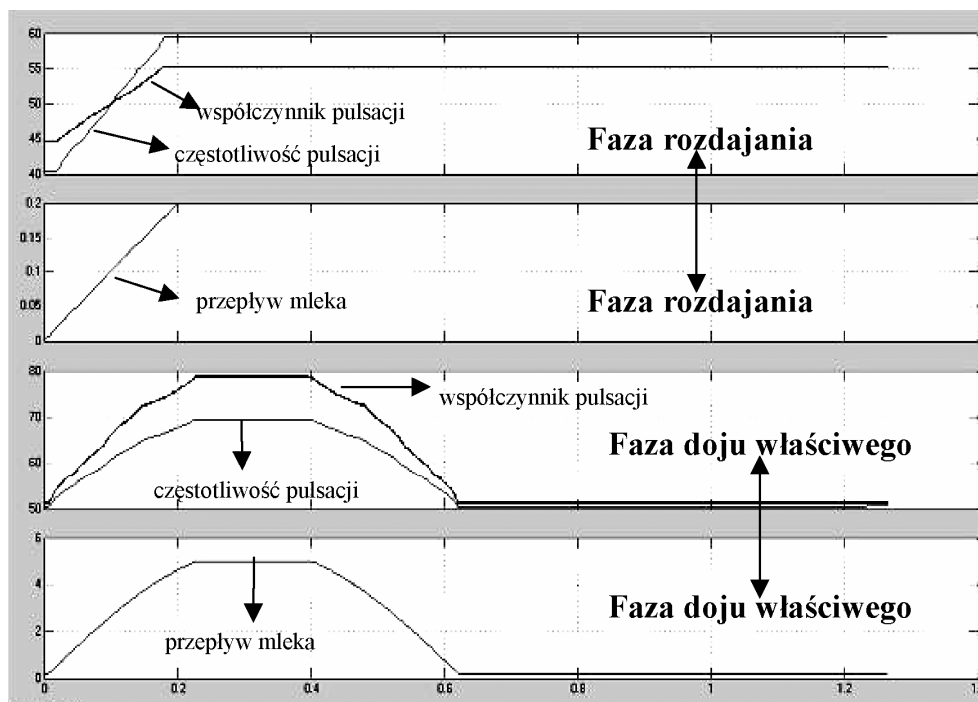
1. If (Q is S) then (f is S)(W is S) (1)
2. If (Q is SM) then (f is SM)(W is SM) (1)
3. If (Q is M) then (f is M)(W is M) (1)
4. If (Q is MB) then (f is MB)(W is MB) (1)
5. If (Q is B) then (f is B)(W is B) (1)

Baza obrazuje zależności pomiędzy wypływem mleka ( $Q$ ), a częstotliwością pulsacji ( $f$ ) i współczynnikiem pulsatora ( $W$ ). Jest ona taka sama dla rozdajania i doju właściwego.

Przykładowe wyniki obliczeń otrzymanych po defuzyfikacji dla fazy rozdajania są następujące: przy wypływie mleka  $0,11 \text{ kg}\cdot\text{min}^{-1}$ , częstotliwość pulsacji wynosi  $51,3 \text{ puls}\cdot\text{min}^{-1}$  i współczynnik pulsacji równy  $50,7\%$ . Dla fazy doju właściwego przy wypływie mleka  $2,8 \text{ kg}\cdot\text{min}^{-1}$  częstotliwości pulsacji jest równa  $61,4 \text{ puls}\cdot\text{min}^{-1}$ , a współczynnik pulsacji  $67,2\%$ .

Wprowadzono do programu Matlab<sup>®</sup> wszystkich przebiegów funkcji przynależności przepływu mleka, częstotliwości pulsacji i współczynnika pulsatora. Następnie sformułowano bazy reguł rządzące zależnościami między wypływem mleka, częstotliwością pulsacji a współczynnikiem pulsatora i przeprowadzono symulację

komputerową. Symulacja ta przedstawia przebieg zmian wartości częstotliwości pulsacji i współczynnika pulsatora w powiązaniu z wpływem mleka ze strzyka. Powyższe ilustruje rys. 9.



Rys. 9. Symulowany przebieg zmian wartości częstotliwości pulsacji i współczynnika pulsatora w zależności od wypływu mleka

Fig. 9. Simulated course of changes of pulsation frequency and pulsation coefficient values as a function of milk outflow

### Podsumowanie

Proponowany algorytm zbiorów rozmytych umożliwi sterowanie nieliniowym procesem pozyskiwania mleka od krów. Znajdzie zastosowanie w opracowywaniu parametrów pracy pulsatora. Stanowi kolejny krok w dalszym zbliżeniu parametrów pracy pulsatora do wymagań fizjologicznych krów.

## **Bibliografia**

Gedymin M. 2003. Wpływ szybkości oddawania mleka przez krowę na wahania podciśnienia pod strzykiem w zależności od wybranych parametrów aparatu udojowego. Mat. Konf. V Międzynarodowej Konferencji Naukowej IBMER, „Problemy intensyfikacji produkcji zwierzęcej z uwzględnieniem ochrony środowiska i przepisów UE”, IBMER Warszawa.

Juszka H., Tomasik M. 2004. Sterowanie rozmyte dynamiką doju maszynowego krów. Mat. Konf. X Międzynarodowej Konferencji Naukowej IBMER, „Problemy intensyfikacji produkcji zwierzęcej z uwzględnieniem ochrony środowiska i przepisów UE”, IBMER Warszawa.

Wiercioch M. 1994. Przepływy w kubku udojowym dojarki mechanicznej. Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu. Rozprawy CXXX, Nr 260, Instytut Mechanizacji Rolnictwa, Wrocław.

Wachowicz E. 2002. Zastosowanie teorii zbiorów rozmytych do modelowania procesów technologicznych. Inżynieria Rolnicza, Nr 7/2002, Warszawa.

*Praca naukowa finansowana ze środków KBN w latach 2002 – 2005 jako projekt badawczy.*

## **SIMULATION OF FUSSY CONTROL OF DYNAMICS OF MACHINE MILKING**

### **Summary**

Computer aided simulation has been presented, based on a non-linear milking process control model, which allows to approach the question of matching parameters of a milking machine to individual cows' features. For the mathematical modelling of milking dynamics control, the fussy sets algorithm has been used. Computer aided simulation results using the Matlab® application have been presented.

**Key words:** milking automation, pulser, fussy control