

Henryk Juszka, Marcin Tomasiak
Zakład Energetyki Rolniczej
Akademia Rolnicza w Krakowie

SYMULACJA REGULACJI PODCIŚNIENIA W APARACIE UDOJOWYM Z ZASTOSOWANIEM LOGIKI ROZMYTEJ

Streszczenie

Zaprezentowano wyniki symulacji komputerowej opartej na opracowanym wcześniej modelu sterowania rozmytego procesem doju krów w odniesieniu do fazy doju właściwego. Wielkości wejściowe zostały ustalone na podstawie wcześniejszych badań doświadczalnych tego procesu. Symulację, przeprowadzono w programie Matlab-Simulink®.

Słowa kluczowe: parametry doju, podciśnienie ssania, sterowanie rozmyte

Wstęp

Na podstawie badań nad intensywnością oddziaływania parametrów pracy dojarki na wymię krowy stwierdzono, że podstawowym parametrem zapewniającym prawidłowy przebieg doju jest stabilne podciśnienie w końcowym efekcie wpływające na zdrowotność krów mlecznych [Szlachta, Wiercioch 1993]. Uważa się, że aparat udojowy powinien mieć niezależny podciśnieniowy system zasilania, który zapewniłby stabilność parametrów sterujących procesem doju krów [Juszka 1999].

Optymalnym rozwiązaniem konstrukcji aparatu udojowego byłoby automatycznie sterowane podciśnienie w kubkach udojowych, ściśle związane z wpływem mleka ze strzyków. Wpływ mleka jest jednak silnie nieliniowy, ponadto zależny nie tylko od podciśnienia, lecz także od czynników fizjologicznych krowy. Co więcej wzrostowi podciśnienia nie towarzyszy przewidywany wzrost wypływu mleka [Juszka 1999; Juszka, Tomasiak 2004]

Celem niniejszej pracy było przeprowadzenie komputerowej symulacji na wcześniej opracowanym przez autorów modelu. Symulację przeprowadzono w programie Matlab – Simulink®.

Symulacja komputerowa

Proces doju krów składa się umownie z kilku etapów a mianowicie: rozdajania, doju właściwego i podoju. Każdy etap powinien charakteryzować się odpowiednimi parametrami sterowania [Kupczyk i in. 2003]. Symulacja przeprowadzona została dla rozdajania oraz doju właściwego. Względy objętościowe opracowania decydują o zamieszczeniu wyników symulacji tylko dla fazy doju właściwego.

Przyjętym zadaniem sterowania podlegającym sprawdzeniu, jest automatyczne dopasowywanie podciśnienia P w zależności od natężenia wypływu mleka Q .

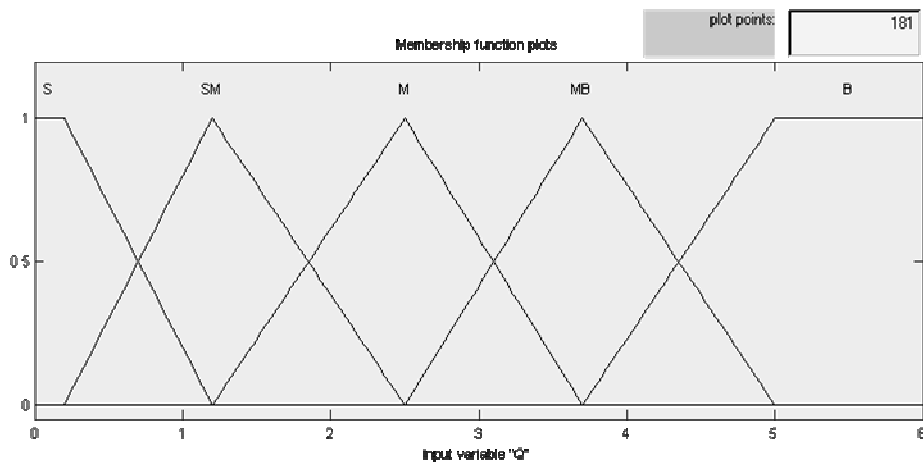
Dój właściwy rozpoczyna się, gdy natężenie wypływu mleka ze strzyka Q przekroczy wartość $0,2 \text{ kg}\cdot\text{min}^{-1}$. W tym etapie procesu doju podciśnienie P dobierane jest z zakresu $20 - 55 \text{ kPa}$, a natężenie wypływu mleka Q waha się w granicach $0,2 - 6 \text{ kg}\cdot\text{min}^{-1}$.

Podobnie w fazie rozdajania przyjmujemy zmiany wartości podciśnienia w kubku udojowym dobierane w zależności od natężenia wypływu mleka ze strzyka Q . Wprowadzony parametr trend określający zmianę wypływu mleka (faza doju właściwego) w czasie przyjmuje wartości od -1 do 1 . Jeżeli trend wynosi 1 , oznacza to, że wypływ mleka ze strzyka jest coraz większy i w ciągu każdej sekundy przyrasta o $0,1 \text{ kg}\cdot\text{min}^{-1}$. Natomiast, jeżeli trend wynosi -1 znaczy, że natężenie wypływu mleka ze strzyka w ciągu każdej sekundy maleje o $0,06 \text{ kg}\cdot\text{min}^{-1}$. Dla trend = 0 wypływ mleka ze strzyka jest stały.

Zasada doboru podciśnienia przez system sterujący przedstawiona jest w postaci bazy reguł. Przed przedstawieniem bazy reguł należy dokonać fuzyfikacji sygnałów wejściowych.

Fuzyfikacja natężenia wypływu mleka Q

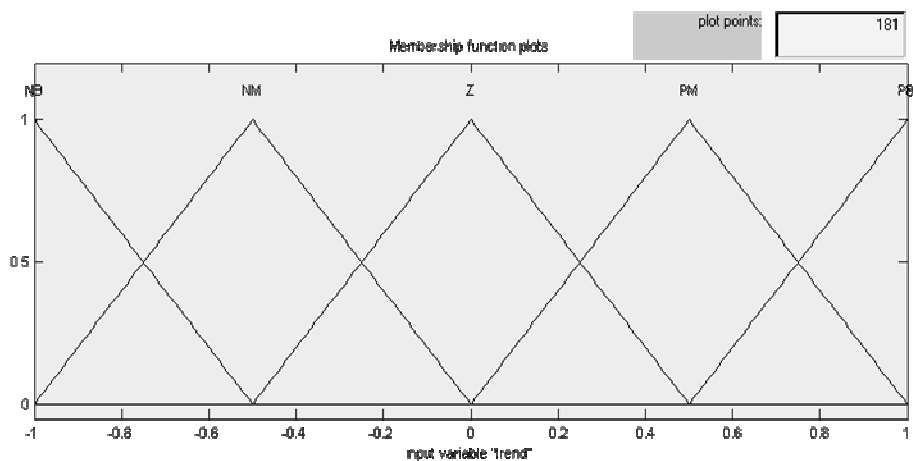
Wartości natężenia wypływu mleka Q w tej fazie zawierają się w przedziale od $0,2 \text{ kg}\cdot\text{min}^{-1}$ (w chwili przejścia z etapu rozdajania do doju zasadniczego) do $6 \text{ kg}\cdot\text{min}^{-1}$ maksymalnie. Zbiór ten został podzielony na 5 podzbiorów: małych S , średnio małych SM , średnich M , średnio dużych MB i dużych B wartości (rys. 1).



Rys. 1. Przebieg funkcji przynależności wartości Q do podzbiorów
 Fig. 1. Function of belonging of Q value to subsets

Fuzyfikacja wartości trend

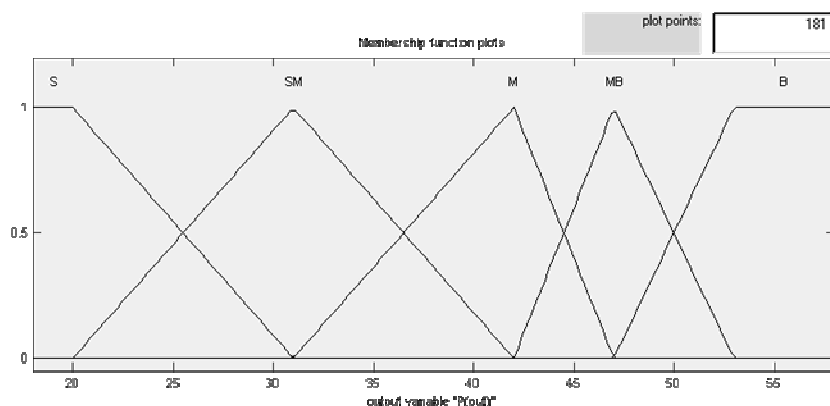
Wartość trend określająca zmianę wypływu mleka Q w czasie, zawarta jest w przedziale od -1 do 1. Zbiór ten został podzielony na 5 podzbiorów: ujemny duży NB, ujemny mały NM, zerowy Z, dodatni mały PM, dodatni duży PB (rys. 2).



Rys. 2. Przebieg funkcji przynależności wartości trend do podzbiorów
 Fig. 2. Function of belonging of trend value to subsets

Wnioskowanie rozmyte

Wartość podciśnienia P jest sygnałem wyjściowym. I tak jak sygnały wejściowe (Q i trend), muszą zostać podzielone na podzbiory. Podciśnienie w tej fazie doju zostało podzielone na 5 podzbiorów: małych S , średnio małych SM , średnich M , średnio dużych MB i dużych B wartości (rys. 3).



Rys. 3. Przebieg funkcji przynależności wartości podciśnienia P do podzbiorów
Fig. 3. Function of belonging of negative pressure P value to subsets

Baza reguł

Baza reguł pozwala na przeniesienie wiedzy operatora procesu do poziomu znanego dla oprogramowania. Przedstawia się ona w postaci rozmytych zdań warunkowych, które opisują, co należy zrobić, jeśli zajdzie dany warunek i jaka powinna być wartość odpowiedzi (rozmyta). W rozpatrywanym przypadku przyjmuje ona następującą postać:

1. If ($Q = S$) and (trend= PM) then ($P = M$)
2. If ($Q = S$) and (trend= PB) then ($P = SM$)
3. If ($Q = SM$) and (trend= PM) then ($P = MB$)
4. If ($Q = SM$) and (trend= PB) then ($P = M$)
5. If ($Q = M$) and (trend= PM) then ($P = B$)
6. If ($Q = M$) and (trend= PB) then ($P = MB$)
7. If ($Q = MB$) and (trend= PM) then ($P = SM$)
8. If ($Q = MB$) and (trend= PB) then ($P = S$)
9. If ($Q = B$) and (trend= PB) then ($P = S$)
10. If ($Q = B$) and (trend= PM) then ($P = SM$)
11. If ($Q = B$) and (trend= Z) then ($P = S$)

12. If (Q = B) and (trend= NM) then (P = SM)
13. If (Q = MB) and (trend= NB) then (P = M)
14. If (Q = MB) and (trend= NM) then (P = SM)
15. If (Q = M) and (trend= NM) then (P = M)
16. If (Q = M) and (trend= NB) then (P = MB)
17. If (Q = SM) and (trend= NM) then (P = MB)
18. If (Q = SM) and (trend= NB) then (P = B)
19. If (Q = S) and (trend= NB) then (P = MB)
20. If (Q = S) and (trend= Z) then (P = SM)

Objaśnienie przykładowego punktu bazy reguł (nr 4).

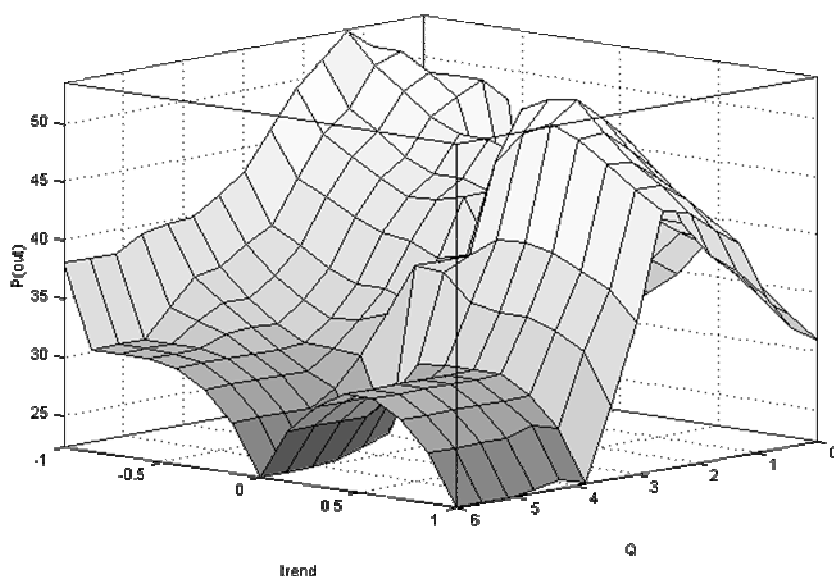
IF (Natężenie wypływu mleka Q = średnio małe)

AND (Wypływ mleka zwiększa się z każdą sekundą o ok. 0,1 kg·min⁻¹

Trend = dodatni duży)

THEN (Podciśnienie w kubku udojowym = średnie)

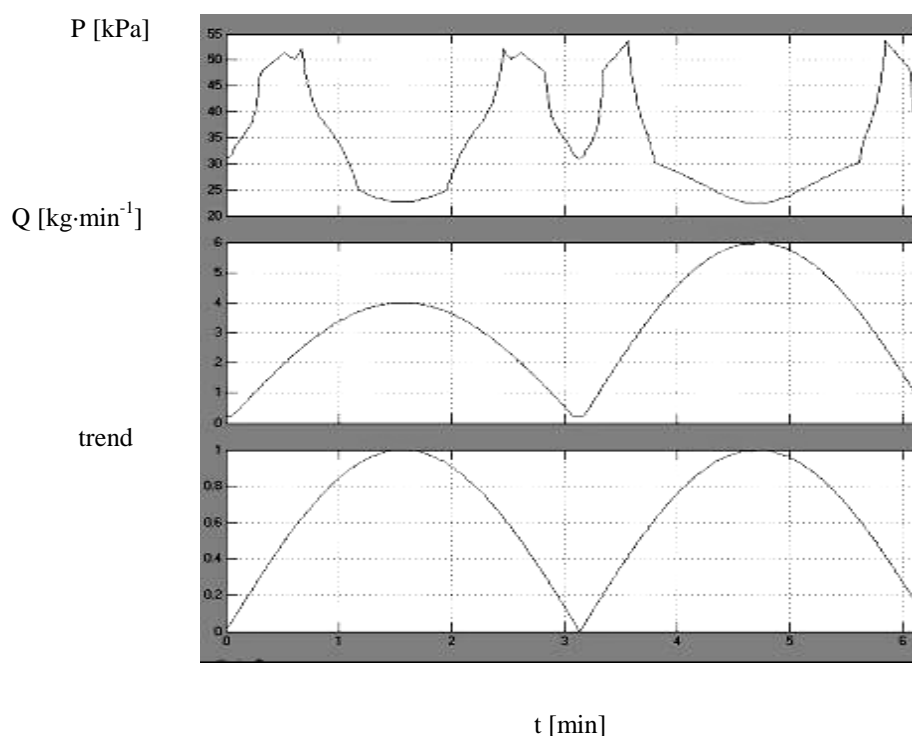
Poniższa charakterystyka przedstawia zależność sygnałów wejściowych (Q, trend) od wyjściowego (P). Przestrzennym odwzorowaniem bazy reguł dla fazy doju zasadniczego jest rysunek 4.



Rys. 4. Charakterystyka przedstawiająca zależność sygnału wyjściowego P od sygnałów wejściowych Q i trend dla fazy doju zasadniczego

Fig. 4. Graph demonstrating dependency between the P output signal and Q input signals and trend for the milking phase

Wyniki badań symulacyjnych zamieszczono na rys. 5 w postaci trzech wykresów, gdzie pierwszy od góry przedstawia sygnał wyjściowy - podciśnienie P . Jego wartość została ustalona przez dwa sygnały wejściowe, czyli Q (wykres środkowy) i trend (wykres dolny). Można zaobserwować, że jeśli mamy duży wypływ mleka oraz wzrastający trend, to ciśnienie ulega zmniejszaniu, co jest niezwykle istotne, że zmiany te nie zachodzą gwałtownie, lecz płynnie i nie powinny oddziaływać szkodliwie na krowy.



Rys. 5. Charakterystyka czasowa $f(Q, \text{trend}) = P$, gdzie trend zawiera się w przedziale od 0 do 1

Fig. 5. Time characteristics $f(Q, \text{trend}) = P$, where trend falls between the range 0 to 1

Wnioski

1. Prezentowane rozwiązania przygotowują podstawę do wykorzystania nowoczesnych technik w sterowaniu procesem maszynowego doju krów.
2. Zastosowanie sterowania rozmytego pozwoli na płynne wyznaczenie wartości podciśnienia odpowiednio do wypływu mleka ze strzyka i czasu trwania doju.
3. Zmiany podciśnienia są łagodne, więc nie powinny mieć wpływu na zdrowie krowy.
4. Kolejnym etapem, jaki należy zrealizować jest przybliżenie prezentowanego rozwiązania do charakterystyki ssania krowy przez cielę.

Bibliografia

Juszka H., 1999. Proces ssania u cieląt a nowoczesne technologie doju krów. Mat. Konf. V Międzynarodowej Konferencji Naukowej IBMER „Problemy intensyfikacji produkcji zwierzęcej z uwzględnieniem ochrony środowiska i przepisów UE”, IBMER Warszawa.

Juszka H., Tomasiak M. 2004. Sterowanie podciśnieniem w automatyzowanym doju krów. Materiały konferencyjne. X Międzynarodowa Konferencja Naukowa nt. Problemy intensyfikacji produkcji zwierzęcej z uwzględnieniem ochrony środowiska i przepisów UE. IBMER.

Kupczyk A., Mastyj A., Daniel Z., Gaworski. M. 2003. Dojarka mechaniczna: budowa, użytkowanie i aspekty rynkowe urządzeń do pozyskiwania mleka surowego. Pro Agricola Sp. z o.o. Gietrzwałd.

Szlachta J., Wiercioch M. 1993. Badania laboratoryjne parametrów pracy aparatu udojowego z oddzielnym transportem mleka i powietrza. Zesz. Prob. Post. Nauk Roln. Nr 410.

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

SIMULATION OF NEGATIVE PRESSURE CONTROL IN MILKING MACHINE USING FUSSY LOGIC

Summary

Results of computer-aided simulation have been presented, based on previously developed model of fussy control of milking cows, relating to the specific milking phase. Input values were established based on previous experiments carried out in that process. The simulation was made using the Matlab-Simulink® application.

Key words: milking parameters, sucking negative pressure, fussy control