

Henryk Juszka, Stanisław Lis, Marcin Tomasiak
Katedra Energetyki Rolniczej
Akademia Rolnicza w Krakowie

MODELOWANIE MATEMATYCZNE SYSTEMU STEROWANIA APARATEM UDOJOWYM

Streszczenie

Przedstawiono modelowanie działania aparatu udojowego w kontekście prac mających na celu automatyczne sterowanie tym urządzeniem. Istota proponowanego systemu sterowania polega na jego realizacji w oparciu o logikę rozmytą. Model aparatu udojowego zweryfikowano logicznie w programie Matlab® - Simulink. Wyniki symulacji wskazały na poprawność modelu i możliwość dalszego jego wykorzystania do modelowania systemu sterowania rozmytego.

Słowa kluczowe: dój krów, sterowanie rozmyte, automatyczne sterowanie

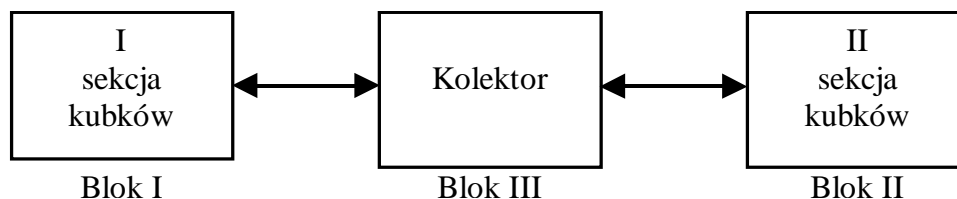
Wstęp

Od wielu lat na rynku maszyn do doju krów obserwuje się wzrost poziomu techniki na bazie elektroniki i automatyki. Zmierza się w kierunku pełnej kontroli tego procesu poprzez jego automatyzację a następnie robotyzację. Jednak pozostał między innymi problem automatycznego sterowania aparatem udojowym. Stąd opracowano model w programie Matlab® Simulink do badania parametrów aparatu udojowego. Problem ten stanowi część zagadnienia realizowanego na Wydziale Agrotechnologii Akademii Rolniczej im. H. Kołłątaja w Krakowie.

Celem pracy było wykonanie modelu działania aparatu udojowego dla testowania jego systemu sterowania (bazującego na logice zbiorów rozmytych). W efekcie cel ten osiągnięto opracowując model do badania przebiegów zmian podciśnienia w komorach podstrzykowych kubków udojowych oraz komorze mlecznej kolektora. Zatem zakres pracy obejmował: opracowanie modelu działania aparatu udojowego, przygotowanie schematu symulacji komputerowej i przedstawienie jej wyników w postaci wykresów.

Symulacja komputerowa

Symulację komputerową przeprowadzono według układu przedstawionego na schemacie z wykorzystaniem programu MATLAB 6.5[®] Simulink (rys. 1).

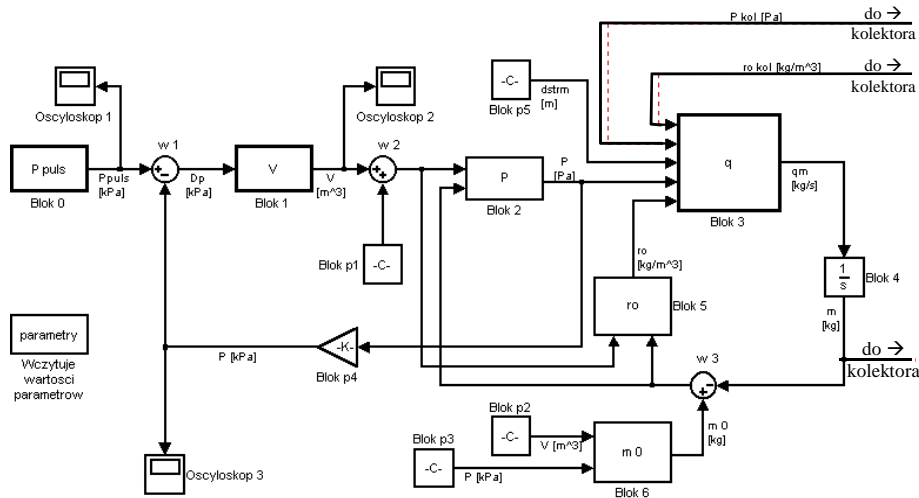


Rys. 1. Schemat blokowy symulacji komputerowej aparatu udojowego
Fig. 1. The block diagram of the cluster computer simulation

Dla modelu przyjęto następujące założenia: powietrze jest gazem doskonałym podlegającym prawu Clapeyrona, zmiana ciśnienia powietrza pod wpływem zmieniającej się objętości komór podstrzykowych ma charakter przemiany izotermicznej, wielkość strumienia masy powietrza przepływającego przez krótki przewód mleczny jest opisana jako natężenie przepływu czynnika przez dyszę Bendemanna, objętości komór podstrzykowych i krótkich przewodów mlecznych zsumowano, zmiany objętości gum strzykowych pod wpływem podciśnienia generowanego przez pulsator mają charakter statyczny, strumień powietrza w krótkim przewodzie mlecznym zajmuje przeważającą część jego przekroju przy niewielkiej średnicy strugi cieczy, wahania ciśnienia generowanego przez pompę próżniową nie są uwzględniane, model nie oblicza przepływów korkowych [Kupczyk 1999; Juszka 1999; Wiercioch 1994].

Model działania aparatu udojowego składa się z trzech podstawowych modułów opisujących przebieg zmian badanych parametrów w I-ej i II-ej sekcji kubków udojowych oraz w kolektorze. Każda sekcja reprezentuje parę kubków udojowych. Dzięki podziałowi kubków udojowych na dwie sekcje możliwe było przeprowadzenie symulacji dla doju przemiennego.

Obliczenia w sekcji pierwszej i drugiej wykonywane są według schematu z rys. 2. W skład nie zamieszczonego na tym rysunku modułu kolektora wchodzi blok obliczający: podciśnienie w komorze mlecznej kolektora, gęstość chwilową i masę początkową powietrza w kolektorze.



Rys. 2. Schemat blokowy symulacji komputerowej dla I-ej i II-ej sekcji kubków udojowych

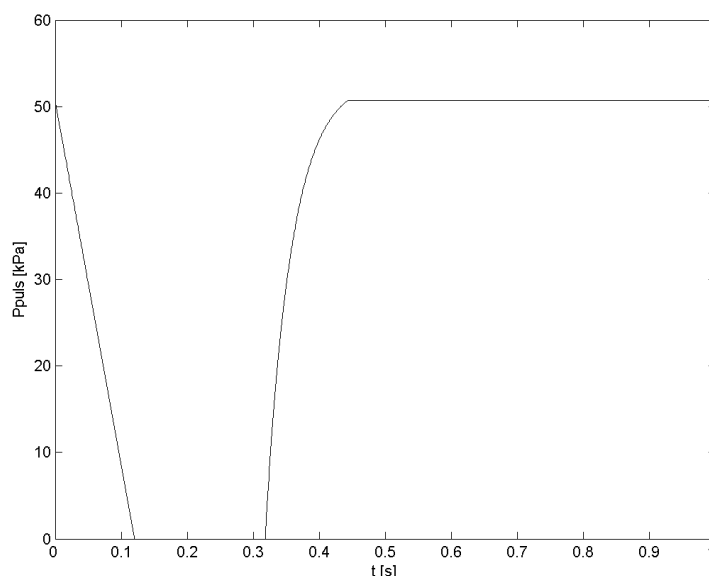
Fig. 2. The block diagram of the computer simulation for I and II section of teatcups

Wyniki symulacji komputerowej

Przeprowadzenie symulacji wymagało wprowadzenia do przestrzeni roboczej wartości parametrów modelu. Zmienne te zostały podane automatycznie podczas inicjacji symulacji modelu z M-pliku. Został on wywołany przez blok *parametry* (rys. 2). Do przestrzeni roboczej zostały wczytane zmienne: $R = 286.7241[\text{J} \cdot (\text{kg} \cdot \text{K})^{-1}]$ - indywidualna stała gazowa dla powietrza, $T = 293.15[\text{K}]$ - temperatura (20°C), $\kappa = 1.407$ - wykładnik adiabaty dla powietrza, $\pi = 3.1416$ - stosunek obwodu do średnicy koła, $e = 2.7182$ - podstawa logarytmu naturalnego. Symulację przeprowadzono dla hipotetycznego aparatu udojowego o następujących parametrach:

- pojemność komór podstrzykowych wraz z krótkimi przewodami mlecznymi $V = 78 [\text{cm}^3]$ z czego $20 [\text{cm}^3]$, to stała pojemność nie zmieniająca się podczas zwierania i rozwierania gum strzykowych,
- średnica wewnętrzna krótkiego przewodu mlecznego $d = 0.0125 [\text{m}]$,
- pojemność kolektora $V_{\text{kol}} = 360 [\text{cm}^3]$.

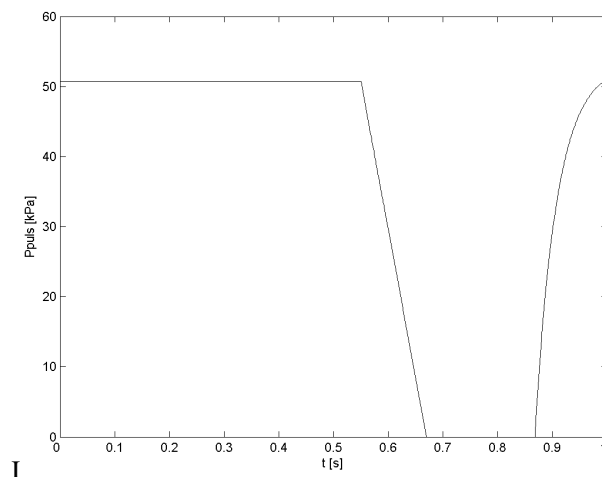
Założono, że natężenie strumienia cieczy (mleka) $q_m=0,2$ [$\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$] oraz jego średnica w krótkim przewodzie mlecznym wynosi $d_{\text{strm}}=0,0025$ [m]. Badania wykonano dla doju przemiennego. Symulacja miała następujący przebieg: blok „0” I-ej sekcji kubków udojowych (rys. 1, 2), reprezentujący pulsator wygenerował sygnał wejściowy P_{puls} – podciśnienie w komorach międzyściennych kubków udojowych (rys. 3). Natomiast blok „0” sekcji II-ej obliczył sygnał o takim samym przebiegu jak blok „0” w sekcji I-ej, lecz przesunięty w czasie o 0,45 sekundy (rys. 4). Przesunięcie sygnału w sekcji II-ej pozwoliło uzyskać efekt doju przemiennego. Blok „w 1” obliczył różnicę podciśnień pomiędzy komorami: międzyścienną a podstrzykową.



Rys. 3. Przebieg podciśnienia w komorach międzyściennych kubków udojowych sekcji I

Fig. 3. The course of vacuum changes in teatcups in the section I

Na podstawie tej różnicy blok „1”, obliczył objętość komór podstrzykowych V w kubkach udojowych. Objętość ta zawierała się w przedziale $0 - 58$ [cm^3]. Blok „w 2” zsumował objętości: obliczoną przez blok „1” i początkową V_0 , o stałej wartości 20 [cm^3] wprowadzoną przez blok „p1”. Blok „2” obliczył podciśnienie P_k w komorach podstrzykowych w oparciu o sygnały zawierające informacje o objętości tych komór (wraz z krótkimi przewodami mlecznymi) i gęstości chwilowej powietrza w komorach ro – obliczonej przez blok „5”.

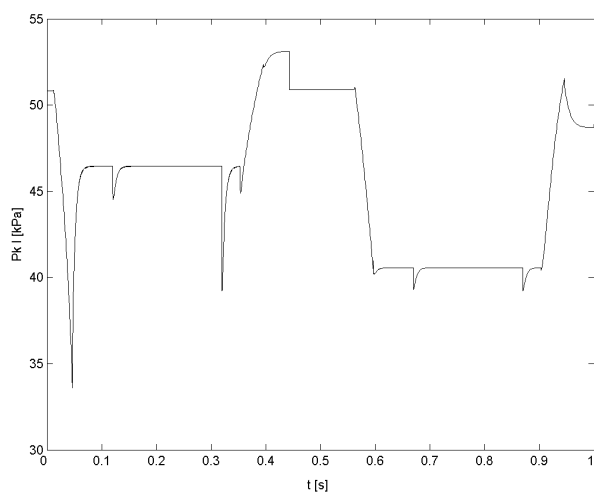


I

Rys. 4. Przebieg podciśnienia w komorach międzysięciennych kubków udojowych sekcji II

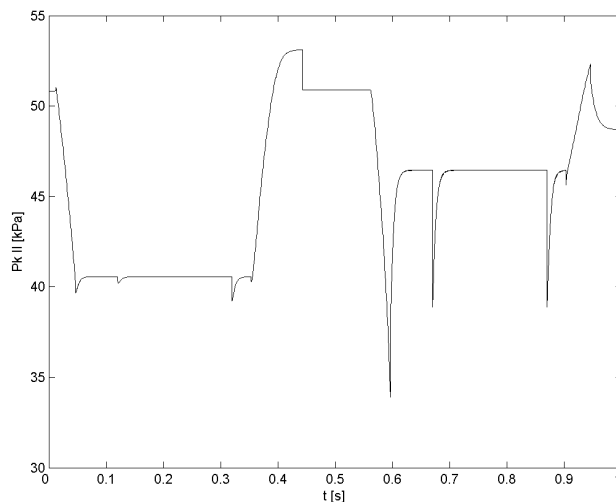
Fig. 4. The course of vacuum changes in teatcups in the section II

Przebieg zmian podciśnienia w komorach podstrzykowych dla sekcji I-ej przedstawiono na rys. 5 a dla sekcji II-ej na rys. 6.



Rys. 5. Przebieg zmian podciśnienia w komorach podstrzykowych w sekcji I

Fig. 5. The course of vacuum changes in the liner in the section I

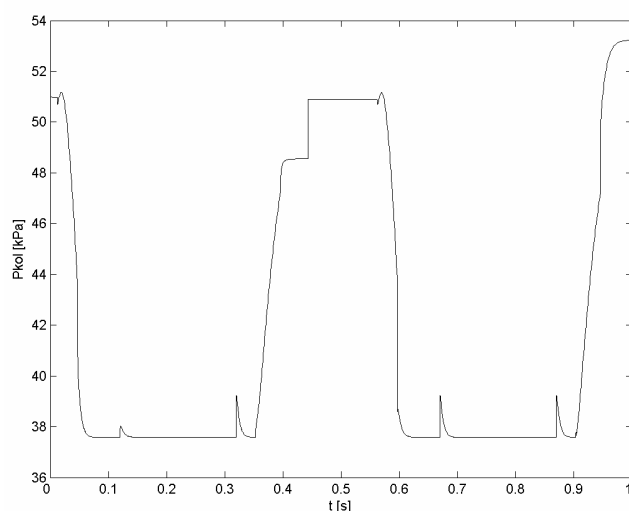


Rys. 6. Przebieg zmian podciśnienia w komorach podstrzykowych w sekcji II
Fig. 6. The course of vacuum changes in the liner in the section II

Podciśnienie obliczone przez blok „2” po zamianie jednostek przez blok „p4” oddziaływało zwrotnie na układ poprzez węzeł sumujący „w 1”. Po pewnym czasie wskutek spadku podciśnienia generowanego przez pulsator, wypracowana różnica przez ten węzeł pomiędzy P_{puls} i P_k zwiększyła się, powodując stopniowe zwieranie ścian gum strzykowych kubków udojowych. Obliczył to blok „1” z algorytmu wynikającego z charakterystyki statycznej gum.

W efekcie zwierania gum objętość komór pod strzykami zmniejszyła się. Jej zmniejszenie spowodowało spadek podciśnienia liczonego przez blok „2”. Powietrze na skutek różnicy podciśnień pomiędzy komorami podstrzykowymi i mleczną kolektora zaczęło przepływać do kolektora. Objętość przetłoczonego powietrza q , obliczył blok „3”. Blok ten obliczył natężenie strumienia powietrza wykorzystując sygnały zawierające informacje o: podciśnieniu w komorach pod strzykami P_k i w kolektorze P_{kol} , gęstości chwilowej powietrza w komorach podstrzykowych ρ_0 i komórce mlecznej kolektora ρ_{0kol} oraz średnicy poprzecznego przekroju strumienia cieczy (mleka) w krótkim przewodzie mlecznym. Gęstość chwilową powietrza (blok 5) w kolektorze obliczono bazując na podciśnieniu powietrza wprowadzonym przez blok „p3”. Średnica strumienia mleka d_{strm} została wczytana przez blok „p5”. W bloku „3” obliczona została również prędkość powietrza. Blok „4” obliczył zmianę masy powietrza w kubkach udojowych i kolektorze. W węźle sumującym „w 3” obliczona została różnica pomiędzy masą początkową powietrza w komorach podstrzykowych a masą powietrza przepływającego do kolektora

obliczoną przez blok „4”. Masę początkową obliczył blok „6” korzystając z informacji o całkowitej objętości komór podstrzykowych (blok „p2”) i podciśnieniu początkowym powietrza P_0 (blok „p3”). Przebiegi zmian podciśnienia obliczone w module kolektora (rys. 1) zobrazowano na rys. 7. Ponieważ obserwowane podczas symulacji komputerowej przebiegi wybranych zmiennych są logiczne i uzasadnione, model można uznać za prawidłowy.



Rys. 7. Przebieg zmian podciśnienia w komorze mlecznej kolektora

Fig. 7. The course of vacuum changes in the claw milk chamber

Wnioski

1. Wyniki badań symulacyjnych modelu pracy aparatu udojowego opisują dynamikę zmian podciśnienia w komorach podstrzykowej i międzyściennej oraz komorze kolektora.
2. Przedstawiony model umożliwia na etapie prac projektowych dalsze doskonalenie warunków doju maszynowego krów zmierzające do uwzględnienia ich cech osobniczych w zakresie oddawania mleka.
3. Kontynuacja badań symulacyjnych powinna obejmować wszystkie parametry aparatu udojowego w celu określenia optymalnych wartości.

Henryk Juszka, Stanisław Lis, Marcin Tomasik

Bibliografia

Kupczyk A. 1999. Doskonalenie warunków doju mechanicznego ze szczególnym uwzględnieniem podciśnienia w aparacie udojowym. Rozprawa habilitacyjna. Inżynieria Rolnicza, 3(9), s. 9-31 Warszawa.

Juszka H., 1999. Studia nad parametrami procesu ssania u cieląt w aspekcie nowych technik doju krów. Rozprawa habilitacyjna. Inżynieria Rolnicza, 3(4), s. 109-114. Warszawa.

Wiercioch M. 1994. Przepływy w kubku udojowym dojarki mechanicznej. Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu. Rozprawy CXXX. nr 260, s. 7-21.

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

MATHEMATICAL MODELLING OF THE MILKING UNIT CONTROL SYSTEM

Summary

It was shown modelling of working cluster in the context of research which aim is the automatic control of this appliance. The essence of suggested control system is based of fuzzy logic. The cluster model was logical verified in Matlab® - Simulink. Simulation results shown that the model is correct and it is possible to use it for fuzzy control system modelling.

Key words: milking machine, fuzzy control, automatic control