

STEROWANIE CIŚNIENIEM BEZWZGLĘDNYM W APARACIE UDOJOWYM DLA KRÓW

Henryk Juszka, Stanisław Lis, Marcin Tomasik

Katedra Energetyki Rolniczej, Akademia Rolnicza w Krakowie

Streszczenie. Opracowano algorytm sterowania ciśnieniem bezwzględnym w aparacie udojowym w funkcji natężenia wypływu mleka ze strzyka krowy przy zastosowaniu instrukcji warunkowej „*if*”. W symulacji komputerowej wykorzystano opis strumienia masowego cieczy, reprezentujący natężenie wypływającego mleka. Symulację prowadzono w programie Matlab® - Simulink a jej wyniki przedstawiono na wykresach, z których wynika, że instrukcja warunkowa „*if*” pozwala na sterowanie ciśnieniem bezwzględnym w komorze podstrzykowej kubka udojowego.

Słowa kluczowe: dój maszynowy krów, aparat udojowy, podciśnienie, sterowanie

Wstęp

Relacja pomiędzy ciśnieniem bezwzględnym w komorze podstrzykowej kubka udojowego i wypływem mleka z ćwiartki wymienia, jest szczególnie ważna w dostosowaniu parametrów doju maszynowego do cech osobniczych krów w zakresie oddawania mleka z wykorzystaniem automatycznego sterowania Juszka 1998; Kwieciński 1984. Stąd w pracy zaproponowano algorytm sterowania ciśnieniem bezwzględnym w aparacie udojowym w zależności od natężenia wypływającego mleka ze strzyka krowy przy wykorzystaniu instrukcji warunkowej „*if*”. Algorytm w postaci instrukcji warunkowej „*if*” umożliwia zaimplementowanie go w sterowniku PLC, który może realizować proces sterowania przebiegiem wartości ciśnienia bezwzględnego w aparacie udojowym w funkcji natężenia mleka wypływającego ze strzyka krowy.

Cel i zakres pracy

Celem pracy jest przedstawienie w programie Matlab® Simulink algorytmu sterowania ciśnieniem bezwzględnym w komorze podstrzykowej kubka udojowego w funkcji natężenia wypływu mleka ze strzyka krowy, przy wykorzystaniu instrukcji warunkowej „*if*”.

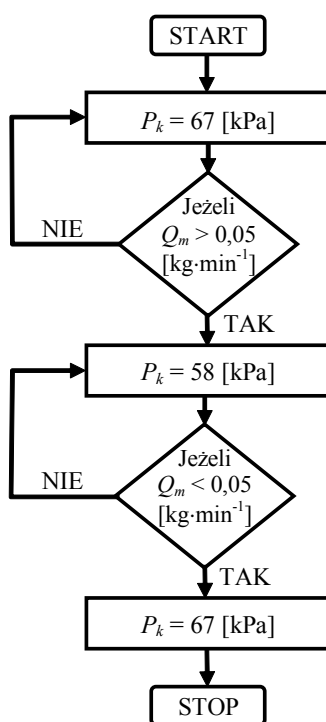
Zakres pracy obejmuje: opracowanie algorytmu sterowania, zastąpienie w obliczeniach strumienia mleka wypływającego ze strzyka, zależnością opisującą reprezentujący go strumień masowy cieczy, symulację komputerową i przedstawienie jej wyników w postaci wykresów.

Aproksymowanie wypływu mleka ze strzyka

Dla przeprowadzenia symulacji pracy aparatu udojowego ze sterowaną wartością ciśnienia bezwzględnego w komorze podstrzykowej w funkcji natężenia mleka wypływającego ze strzyka krowy, konieczne było wprowadzenie do przestrzeni roboczej programu Matlab® Simulink, przebiegu wartości strumienia masowego cieczy reprezentującego w obliczeniach wypływ mleka ze strzyka. W tym celu generowano dla modelu przebieg natężenia strumienia cieczy o zbliżonym kształcie do zmian wartości strumienia masowego mleka wypływającego ze strzyka krowy [Juszka i in. 2005].

Sterowanie ciśnieniem bezwzględnym w komorze podstrzykowej kubka udojowego

W układzie zależności realizującym w modelu proces sterowania, sygnał zawierający informację o ciśnieniu bezwzględnym w komorze podstrzykowej kubka udojowego został wygenerowany według algorytmu przedstawionego na rys. 1.

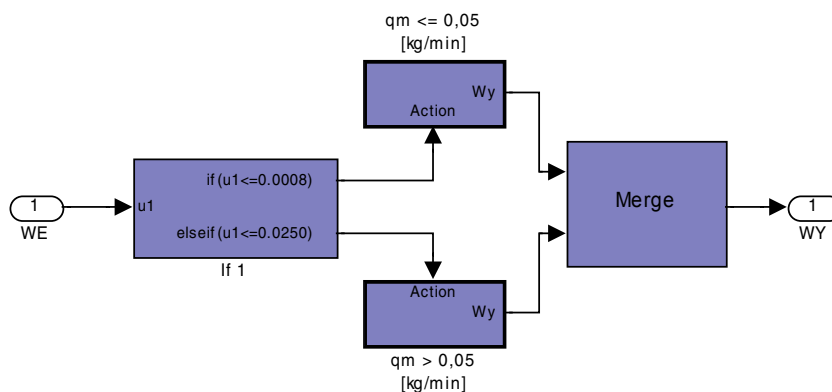


Źródło: opracowanie własne

Rys. 1. Schemat blokowy sterowania ciśnieniem bezwzględnym w komorze podstrzykowej kubka udojowego

Fig. 1. Block diagram of absolute pressure control in a teat chamber of milking cup

Algorytm po zapisaniu w programie Matlab® Simulink przyjął postać schematu zawierającego bloki. Zadania tych bloków są następujące (rys. 2).



Źródło: opracowanie własne

Rys. 2. Moduł obliczający sygnał sterujący ciśnieniem bezwzględny w komorze podstrzykowej
 Fig. 2. A module calculating control signal for absolute pressure in a teat chamber

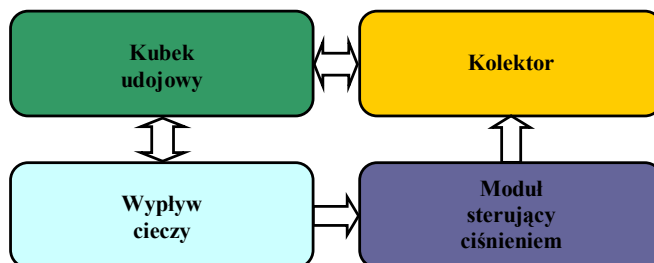
Blok „If 1” porównuje wartości wprowadzone na wejście „WE” z warunkiem występującym po słowie „if”. Jeżeli zostanie spełniony warunek ($Q_m \leq 0,05 \text{ kg}\cdot\text{min}^{-1}$), to wykonana będzie instrukcja zapisana w bloku generującym sygnał sterujący, reprezentujący ciśnienie bezwzględne o wartości 67 kPa (co odpowiada podciśnieniu 33 kPa). Jeżeli zaś warunek nie będzie spełniony ($Q_m > 0,05 \text{ kg}\cdot\text{min}^{-1}$), to wykonana zostanie instrukcja znajdująca się po słowie „elseif” w bloku zadającym ciśnienie bezwzględne o wartości 58 kPa (w przypadku podciśnienia wartość ta wynosi 42 kPa).

Model pracy aparatu udojowego

Do symulacji wykorzystano model aparatu udojowego przeznaczonego do doju jednej ćwiartki wymienia krwi.

Model powstał przez wyodrębnienie modułów, kubka udojowego i kolektora z układu zależności opisującego pracę klasycznego aparatu udojowego Kupczyk 1999, Juszka i in. 2005. Opracowany w ten sposób układ następnie rozbudowano o moduł generujący przebieg natężenia wypływu cieczy ze zbiornika, będący reprezentacją wypływu mleka ze strzyka oraz moduł sterujący ciśnieniem bezwzględny w aparacie udojowym w zależności od natężenia wypływu cieczy reprezentującej w obliczeniach mleko wypływające ze strzyka.

Badania symulacyjne przeprowadzono dla aparatu udojowego o następujących parametrach: pojemność komory podstrzykowej $V_k = 29 \text{ cm}^3$, średnica wewnętrzna krótkiego przewodu mlecznego $d = 12,5 \text{ mm}$, pojemność komory mlecznej kolektora $V_{kol} = 360 \text{ cm}^3$. Symulację komputerową przeprowadzono według schematu przedstawionego na rys. 3. Pozwoliła ona na szczegółowe rozpoznanie przebiegu zmian, sterowanego w zależności od natężenia wypływu cieczy, ciśnienia bezwzględnego w komorze podstrzykowej kubka udojowego oraz komorze mlecznej kolektora zaproponowanego aparatu.



Źródło: opracowanie własne

Rys. 3. Schemat blokowy symulacji komputerowej pracy aparatu udojowego do doju jednej ćwiartki wymienia krowy

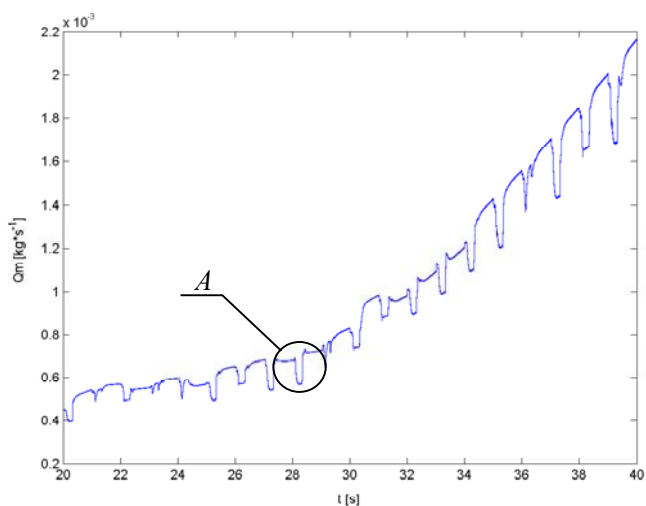
Fig. 3. Block diagram of computer simulation for the operation of milking unit based on milking of one quarter of cow's udder

Zastosowanie oddzielnego układu kubek udojowy – kolektor dla każdego strzyka umożliwiłoby indywidualne potraktowanie każdej ćwiartki poprzez dobór odpowiedniej wartości ciśnienia bezwzględnego w funkcji natężenia wypływu mleka z tej ćwiartki, a ponadto przyczyniłoby się do ograniczenia wzajemnych, niekorzystnych oddziaływań poszczególnych kubków udojowych.

Wyniki badań symulacyjnych

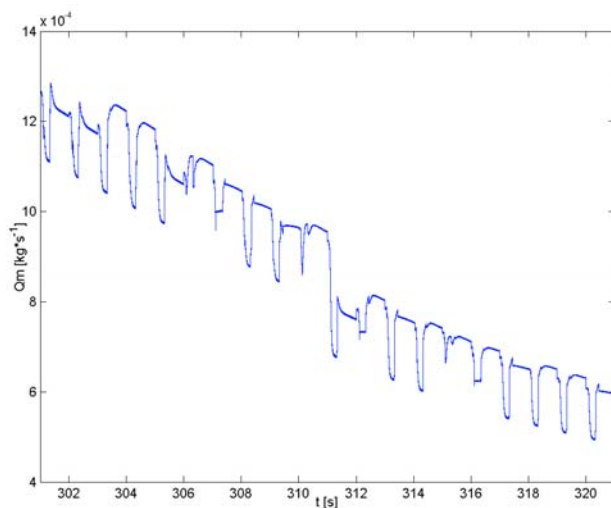
Symulację komputerową pracy aparatu udojowego z ciśnieniem bezwzględnym sterowanym w zależności od strumienia masowego cieczy reprezentującej wypływ mleka ze strzyka, przeprowadzono dla 360 sekund. W jej wyniku uzyskano przebiegi m.in. takich parametrów jak: sygnał sterujący ciśnieniem bezwzględnym w aparacie udojowym, ciśnienie bezwzględne w komorze podstrzykowej kubka udojowego, ciśnienie bezwzględne w komorze mlecznej kolektora oraz natężenie strumienia powietrza przepływającego przez krótki przewód mleczny. Wykonano wykresy dla dwóch przedziałów czasu. Pierwszy, to przedział w którym przedstawiono przebiegi w chwili, kiedy generowana, wzrastająca wartość natężenia wypływającej cieczy przekroczyła $0,05 \text{ kg}\cdot\text{min}^{-1}$ ($0,0008 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$). W drugim z przedstawionych na wykresach przedziałów czasu, zostały zarejestrowane wartości dla malejącego strumienia masowego cieczy w chwili, kiedy jego wartość spadła poniżej $0,05 \text{ kg}\cdot\text{min}^{-1}$. W analizowanych przedziałach czasu obserwowano efekt działania układu sterującego ciśnieniem bezwzględnym w aparacie udojowym. Następowala tutaj zmiana wartości ciśnienia bezwzględnego pod wpływem zmian strumienia masowego cieczy.

Symulacja przebiegała następująco. Na wejście modułu realizującego proces sterowania wprowadzono generowany przebieg strumienia masowego cieczy, którego wartość zawierała się pomiędzy $0 - 0,025 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$. Zmiany przebiegu dla obu analizowanych przedziałów czasu przedstawiają rys. 4 i 5.



Źródło: opracowanie własne

Rys. 4. Rosnący strumień masowy cieczy reprezentujący mleko wypływające ze strzyka krowy
Fig. 4. Increasing mass stream of liquid representing milk flowing out from the cow's teat



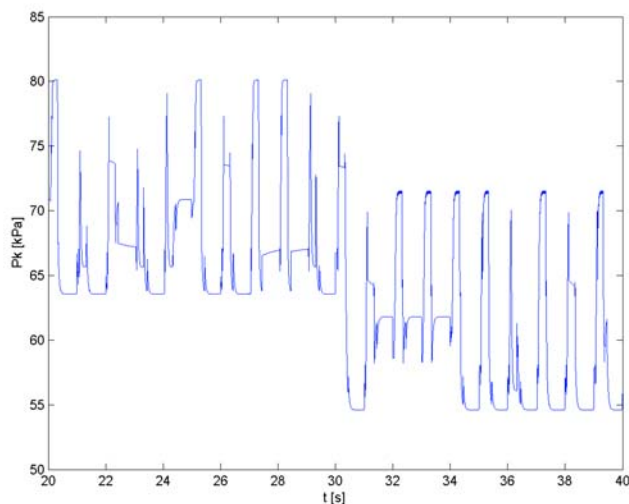
Źródło: opracowanie własne

Rys. 5. Malejący strumień masowy cieczy reprezentujący mleko wypływające ze strzyka krowy
Fig. 5. Decreasing mass stream of liquid representing milk flowing out from the cow's teat

Obserwowane na obu wykresach powtarzające się cyklicznie fragmenty przebiegu z których jeden został oznaczony jako szczegół „A” na rys. 4, są efektem oddziaływania zwrotnego, zmieniającej się wartości ciśnienia bezwzględnego w komorze podstrykowej na strumień masowy cieczy, reprezentujący w obliczeniach mleko wypływające ze strzyka.

Na podstawie wartości strumienia masowego, przy wykorzystaniu modułu realizującego proces sterowania, obliczono sygnał sterujący ciśnieniem bezwzględnym w aparacie udojowym. Sygnał ten został wprowadzony na wejście modułów kubka udojowego i kolektora. Przebieg zmian ciśnienia bezwzględnego w komorze podstrykowej kubka udojowego ze sterowanym ciśnieniem w zależności od natężenia wypływu cieczy zilustrowano na rys. 6 i 7.

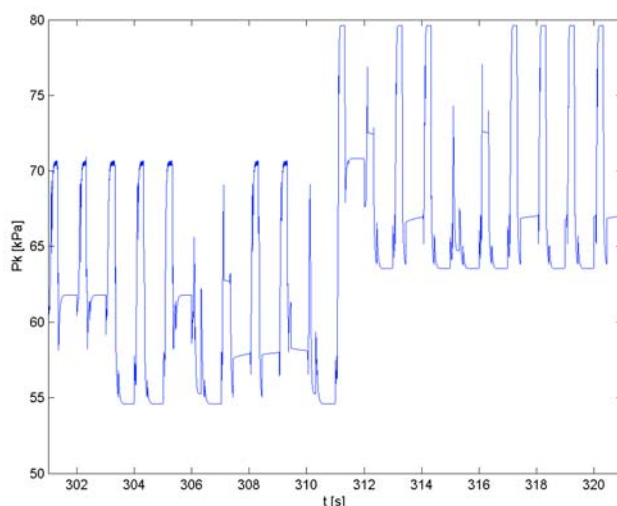
Działanie modułu realizującego proces sterowania dla rosnącego przebiegu strumienia masowego cieczy reprezentującej w obliczeniach strugę mleka wypływającego ze strzyka jest poprawne. Pomiędzy 30 a 32 sekundą symulacji, kiedy wartość natężenia wypływu cieczy przekroczyła $0,05 \text{ kg}\cdot\text{min}^{-1}$, zgodnie z algorytmem sterowania nastąpił spadek wartości ciśnienia bezwzględnego z poziomu 67 kPa do 58 kPa (rys. 6). Na wykresie można zaobserwować, że linia wartości ciśnienia bezwzględnego jest zakłócona przez chwilowe cykliczne wahania będące skutkiem zamykania i otwierania się gumy strzykowej. Przebieg procesu sterowania dla malejącego strumienia masowego cieczy również jest poprawny. Jest zgodny z algorytmem sterowania ciśnienie bezwzględnego zmienia się od 58 - 67 kPa].



Źródło: opracowanie własne

Rys. 6. Ciśnienie bezwzględne w komorze podstrykowej kubka udojowego dla wzrastającej wartości strumienia masowego cieczy

Fig. 6. Absolute pressure in the milking cup teat chamber for increasing value of mass stream of liquid



Źródło: opracowanie własne

Rys. 7. Ciśnienie bezwzględne w komorze podstrzykowej dla malejącej wartości strumienia masy ciecży

Fig. 7. Absolute pressure in the milking cup teat chamber for decreasing value of mass stream of liquid

Wnioski

1. Instrukcja warunkowa „if” pozwala na sterowanie przebiegiem ciśnienia bezwzględnego w zależności od natężenia wypływu mleka ze strzyka krowy w aparacie udojowym realizującym dój dla jednej ćwiartki.
2. Obliczony strumień masy ciecży reprezentujący natężenie mleka wypływającego ze strzyka, pozwala zaobserwować oddziaływanie zwrotne pomiędzy ciśnieniem bezwzględnym a natężeniem ciecży w komorze podstrzykowej kubka udojowego.
3. Sterowanie przebiegiem ciśnienia bezwzględnego w aparacie udojowym, pozwoli na zbliżenie parametrów pracy do cech osobniczych krów w zakresie oddawania mleka.

Bibliografia

- Juszka H.** 1998. Studia nad parametrami procesu ssania u cieląt w aspekcie nowych technik doju krów. Inżynieria Rolnicza – Rozprawy habilitacyjne. Nr 3(4). Warszawa ISSN 1429-7264.
- Juszka H., Lis S., Tomasik M.** 2005. Modelowanie i sterowanie rozmyte aparatem udojowym. Problemy Inżynierii Rolniczej. Nr 4 (50). s. 57-64, Warszawa.
- Kupczyk A.** 1999. Doskonalenie warunków doju mechanicznego ze szczególnym uwzględnieniem podciśnienia w aparacie udojowym. KT PAN, PTIR, IBMER, Warszawa, Inżynieria Rolnicza - Rozprawy habilitacyjne. Nr 3 (9). Warszawa ISSN 1429-7264.
- Kwieciński A.** 1984. Maszyny i urządzenia w produkcji zwierzęcej. PWN, Warszawa, s. 23-78.

ABSOLUTE PRESSURE CONTROL IN COW MILKING UNIT

Summary. An algorithm for control of absolute pressure in the milking unit was developed as related to function of milk flowing out from the cow's udder teat by using a conditional "if" command. A description of mass flow of liquid representing flow rate of outflowing milk was utilized in a computer simulation. Simulation was conducted on a Matlab[®] - Simulink software and the results are presented on charts showing clearly that the conditional "if" command allows for control of absolute pressure in the teat chamber of the milking cup.

Key words: machine milking of cows, milking unit, vacuum, control

Adres do korespondencji:

Henryk Juszka; e-mail: hjuszka@ar.krakow.pl
Katedra Energetyki Rolniczej
Akademia Rolnicza w Krakowie
ul. Balicka 116B
30-149 Kraków