

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

AUTOMATYCZNA REGULACJA PODCIŚNIENIA W APARACIE UDOJOWYM

Streszczenie

Analizowano wielkość i wahania podciśnienia ssania w aparacie udojowym oraz związane z tym następstwa. Przedstawiono nowe podejście do sterowania tym parametrem z zastosowaniem algorytmu sterowania rozmytego. Zamieszczono wskazówki niezbędne do opracowywania takiego systemu sterowania. Zastosowanie rozmytego systemu sterowania pozwala na zbliżenie podciśnienia w kubku udojowym do ssania przez cielę. Atutem takiego rozwiązania będzie odporność na występowanie dużych zakłóceń. Wskazano na możliwość zastosowania sterowników PLC do sterowania podciśnieniem.

Słowa kluczowe: automatyzacja, aparat udojowy, dój krów, podciśnienie, sterownik PCL

Wstęp

Podstawowym parametrem zapewniającym prawidłowy przebieg doju oraz bezpośrednio wpływającym na zdrowotność krów mlecznych jest stabilne podciśnienie. Na podstawie badań nad intensywnością oddziaływania dojarki na wymię krowy, bez obniżania wydajności doju stwierdzono, że wszystkie parametry robocze doju maszynowego krów, a szczególnie podciśnienie należy poddać weryfikacji, a punktem odniesienia powinien być proces ssania przez cielę. Optymalnym rozwiązaniem konstrukcji aparatu udojowego byłoby automatycznie sterowane podciśnienie w kubkach udojowych, ściśle związane z wypływem mleka ze strzyków. W przebiegu zmian tego podciśnienia konieczne jest jednak uwzględnienie charakteru zaszczepionych zachodzących w analizowanym procesie u cieląt. Uważa się, że aparat udojowy powinien mieć niezależny podciśnieniowy system zasilania, który zapewniłby stabilność parametrów sterujących procesem doju krów [Juszka 1999]. W stosowanych urządzeniach służących do doju maszynowego krów zauważymy, że maszyny nie naśladują naturalnego procesu ssania przez cielę. Podciśnienie robocze wystę-

puj¹ce w kubkach udojowych we wszystkich omówionych urz¹dzeniach przy-
muje dwie wartości. W klasycznej dojarce bez dodatkowych urz¹dzeń usprawn-
niaj¹cych dój jest to 50 kPa. Natomiast elementy usprawniaj¹ce dojenie ma-
szynowe krów, takie jak duovac, triovac czy MilkMaster wnoszą dodatkowo je-
dyńie podciśnienie 33 kPa w fazie rozdajania i podoju. Jednak cędz¹c wyniki
badań dotycz¹cych procesu ssania przez cielę stwierdzić mo¿na, że zakres
podciśnienia, z jakim cielę ssie mleko od matki zawiera się w przedziale
0 - 64 kPa i zmienia się p³yńnie w zale¿ności od iloćci mleka, jaka wyp³ywa w
danym momencie ze strzyka krowy [Gedymin 2003; Kupczyk i in. 2003;
Szlachta, Wiercioch 1993].

Proces dojenia jest procesem nieliniowym, dlatego nale¿y podj¹æ próbę opra-
cowania modelu sterowania dojem z wykorzystaniem zbiorów rozmytych. Ste-
rowanie rozmyte pozwala ³atwo i skutecznie sterować procesami nieliniowymi.
Zagadnienie to nale¿y rozpocz¹æ od stworzenia modelu opisuj¹cego ten pro-
ces wed³ug wytycznych opisanych normami. Dopiero stworzenie takiego mo-
delu i sprawdzenie aplikacji symulacyj¹ pozytywnie weryfikuj¹c, pozwala na
przejócie do dalszego etapu, którym jest opracowanie modelu odwzorowania
ssania u ciel¹t.

Celem pracy by³o opracowanie systemu automatycznego sterowania, który bę-
dzie móg³ realizować algorytmy sterowania rozmytego "Fuzzy Control".

Zakres pracy obejmowa³:

- przegl¹d rozwi¹zań technicznych i elementów do doju krów,
- analizę parametrów sterowania procesem doju,
- opracowanie w³asnej koncepcji systemu automatycznego sterowania prac¹
aparatu udojowego dla krów.

Założenia systemu sterowania rozmytego

Klasyczne modelowanie matematyczne jest pracoch³onne, d³ugotrwa³e i doćæ
kosztowne. Dlatego poszukuje się nowych i prostszych metod modelowania.
Stosowanie teorii zbiorów rozmytych pozwala zredukować do kilkudziesięciu
procent zmiany jakości produktu, zmniejszyć zapotrzebowanie na energię i
iloćæ zu¿ytego materia³u. Stwarza mo¿liwoćæ prostych rozwi¹zań, obejmuj¹-
cych szeroki zakres parametrów systemu, które mog¹ uporać się z du¿ymi za-
k³óceniami zewnêtrznymi. Podczas tworzenia rozmytych modeli procesów
technologicznych wykorzystywane s¹ wyniki badań eksperymentalnych oraz
znajomoćæ teorii zbiorów rozmytych.

Sterowanie procesem doju oparto na zasadach teorii zbiorów rozmytych do modelowania procesów technologicznych. W poszczególnych fazach doju, tzn. rozdajaniu i doju w³aceniowego, wartoœæ podciœnienia dostosowuje siê automatycznie. W momencie przejœcia systemu w fazê rozdajania, a¿ do zakoñczenia fazy doju w³aceniowego, system wczeœniej zaprogramowany ustawia i ci¹gle koryguje wartoœæ podciœnienia w kubku udojowym, w zale¿noœci od panuj¹cego w danej chwili natê¿enia wyp³ywu mleka ze strzyka Q zmierzonego przep³ywomierzem. Na pocz¹tku procesu doju (podczas masa¿u - trwa on 30 sek) przyjêto podciœnienie wynosz¹ce 20 kPa (wymagana do utrzymania kubków udojowych).

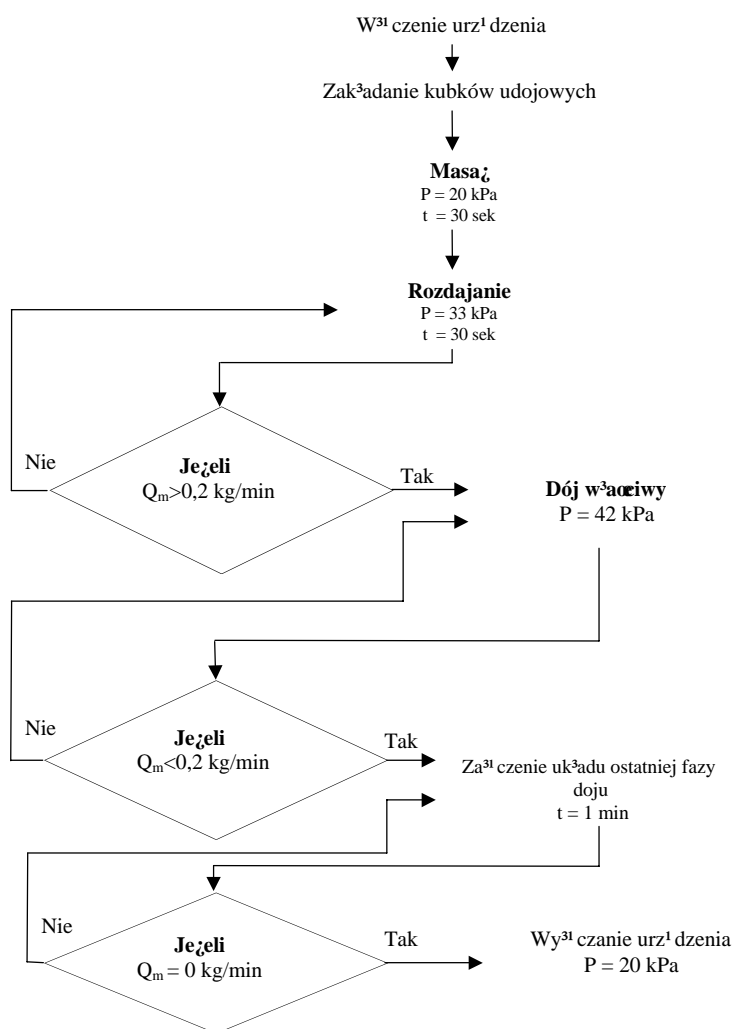
Dój zasadniczy koñczy siê, gdy natê¿enie wyp³ywu mleka osi¹ga wartoœæ $Q = 0,2$ kg/min. W tym momencie czujnik natê¿enia przep³ywu wysy³a sygna³ do elementu r³ó¿niczuj¹cego a ten stopniowo zamyka siê. Czas zamykania wynosi 1 minutê. Po tym czasie wartoœæ podciœnienia wynosi 20 kPa. Pozostaje ona sta³a a¿ do momentu zdjêcia ich przez dojarza. Je¿eli wyp³yw mleka ze strzyka zakoñczy siê przed up³ywem 1 minuty od rozpoczêcia fazy podoju, uk³ad steruj¹cy od razu obni¿a wartoœæ podciœnienia do 20 kPa.

Algorytm uk³adu sterowania aparatem udojowym z automatycznie regulowanym podciœnieniem

Zamieszczony na rysunku 1 algorytm stanowi system wspomagaj¹cy proces sterowania doju maszynowego za pomoc¹ sterownika PLC. Wyodrêbniæ w nim mo¿na poszczególne fazy doju. Po za³¹czeniu maszyny i za³o¿eniu kubków udojowych, system przechodzi do pierwszego etapu, jakim jest masa¿. Podciœnienie robocze w kubku udojowym wynosi 20 kPa. Po 30 sekundowym masa¿u przedudojowym rozpoczyna siê faza rozdajania. Tu podciœnienie robocze ustalane jest w zale¿noœci od natê¿enia wyp³ywu mleka ze strzyka. Faza ta trwa 30 sekund. Je¿eli przed up³ywem 30 sekund natê¿enie wyp³ywu mleka Q przekroczy 0,2 kg/min system prze³¹cza siê na etap kolejny, jakim jest dój w³aceniowy. Je¿eli jednak po 30 sekundach Q nie przekroczy wartoœci 0,2 kg/min, rozdajanie jest kontynuowane.

Je¿eli natê¿enie wyp³ywu mleka Q spadnie do wartoœci 0,2 kg/min, system przechodzi do ostatniej fazy doju i za³¹czany jest uk³ad r³ó¿niczuj¹cy. Czas trwania ostatniego etapu wynosi 1 min. Jednak mo¿e byæ zakoñczony przed up³ywem 1 minuty. Nast¹pi to, jeœli przep³yw mleka Q spadnie do wartoœci 0 kg/min. Podój nastêpuje po doju zasadniczym. Dój zasadniczy koñczy siê, gdy natê¿enie wyp³ywu mleka osi¹ga wartoœæ $Q = 0,2$ kg/min.

W tym momencie czujnik natężenia przepływu wysyła sygnał do elementu różniczkującego, a ten stopniowo zmniejsza ciśnienie. Czas zamykania wynosi tu 1 minutę. Po tym czasie wartość podciśnienia wynosi 20 kPa, co warunkuje pozostanie kubków udojowych na strzykach i pozostaje ona stała, aż do momentu zdjęcia ich przez dojarza. Jeżeli wypływ mleka ze strzyka zakończy się przed upływem 1 minuty od rozpoczęcia fazy podoju, wówczas układ sterujący obniża wartość podciśnienia do 20 kPa.



Rys. 1. Algorytm układu sterowania dojarki z automatycznie regulowanym podciśnieniem

Fig. 1. Algorithm of milking apparatus steering system with automatic vacuum control

Koncepcja systemu sterowania aparatem udojowym

Schemat systemu sterowania rozmytego, zawierający sterownik PLC z blokiem funkcyjnym "fuzzy control", zamieszczono na rysunku 2. W skład tego systemu wchodzi: przepływomierz, jednostka sterująca, pompa oraz serwo regulator.

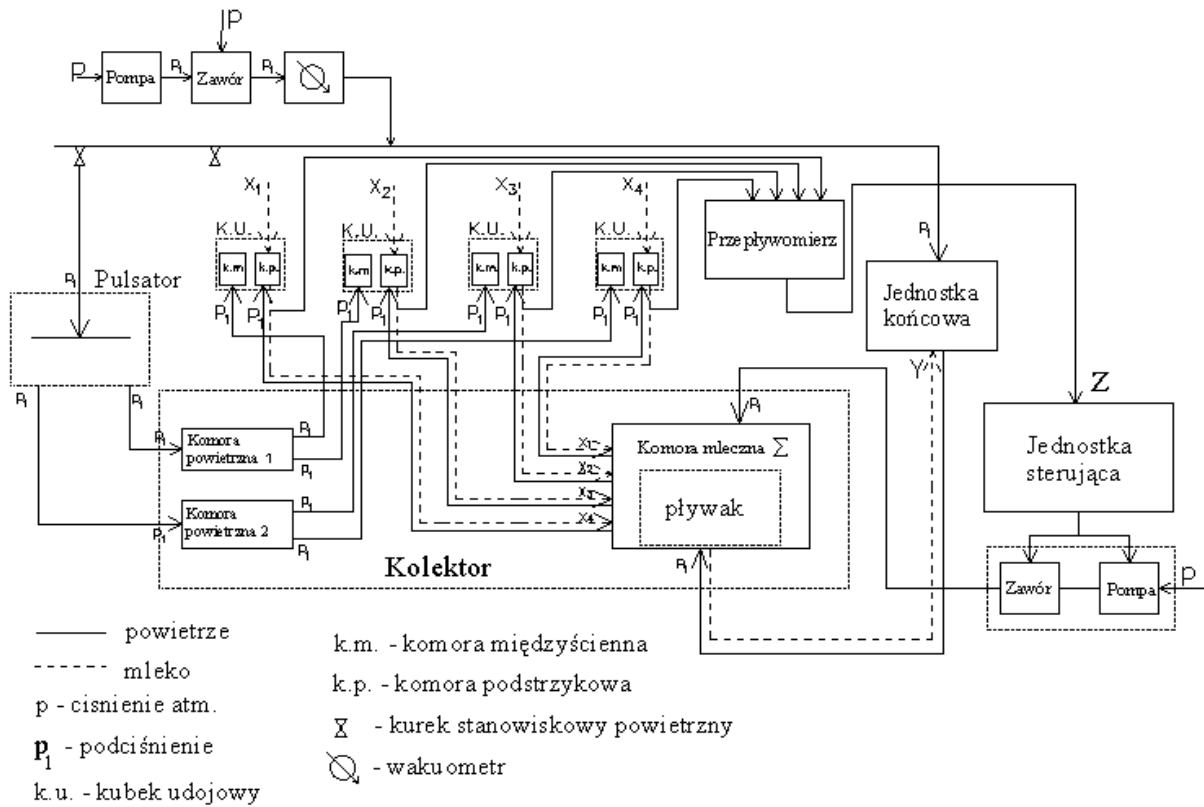
Czujniki przepływomierza zamontowane są tuż za kubkami udojowymi, tak aby reakcja na wypływające mleko ze strzyka była możliwie najszybsza. Sygnał z przepływomierza przesyłany jest do jednostki sterującej (rys. 3). Ta połączona jest z układem wykonawczym, w postaci pompy z serwo regulatorem.

Jeżeli podciśnienie jest niższe od zaprogramowanego w systemie dla danego natężenia przepływającego mleka, przepływomierz po ustaleniu pewnego wypływu mleka Q , przekazuje sygnał do jednostki sterującej. Ta przetwarza dane za pomocą mikroprocesora, a następnie podaje sygnał do regulatora podciśnienia, po czym zwiększane jest podciśnienie robocze w kolektorze i kubkach udojowych. Gdy sytuacja jest odwrotna tzn. podciśnienie jest zbyt wysokie, sygnał poprzez przepływomierz i jednostkę sterującą dociera do regulatora, który zmniejsza podciśnienie.

Zastosowanie niezależnego podciśnieniowego systemu zasilania dojarki powoduje stabilizację parametrów sterujących procesem doju. Dodatkowa pompa na rysunku 2 jest zamontowana w niewielkiej odległości od aparatu udojowego, przez co niwelowane są zakłócenia pracy dojarki związane z dużymi odległościami między aparatem udojowym, a podstawową pompą zasilającą cały układ. Większą poprawę stabilizacji podciśnienia uzyskano rozdzielając mleko transportowane do naczynia zbiorczego od powietrza. Było to możliwe dzięki zastosowaniu kolektora z przewakiem.

Głównym zadaniem sterownika jest reagowanie na zmiany wypływu mleka i obliczanie wyjść (sygnałów prądowych) według zaprogramowanych reguł sterowania rozmytego lub regulacji. Reakcja ta, jest zależna nie tylko od wyników operacji arytmetyczno-logicznych wykonanych dla aktualnych wartości wejść sterownika ale również zaprogramowanej bazy reguł.

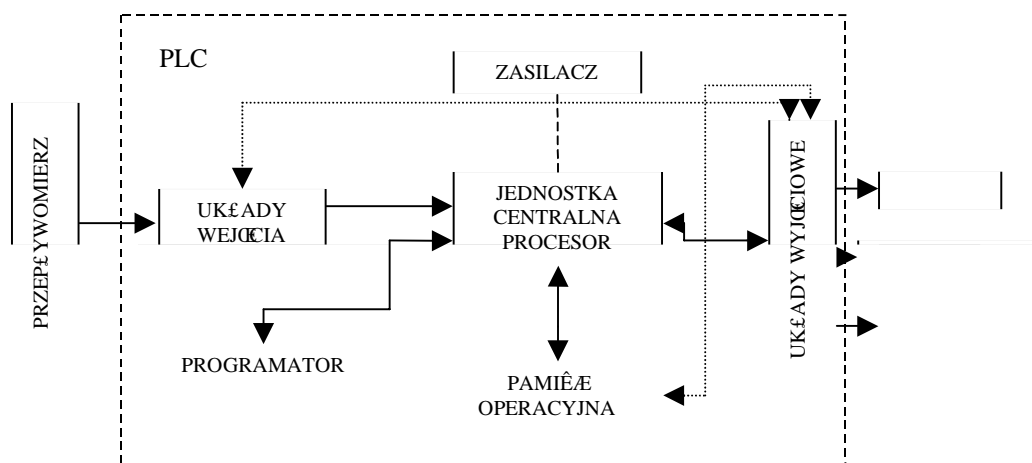
Sterownik PLC pracuje w czasie rzeczywistym. Dokonuje na bieżąco odczytów wejść zarówno cyfrowych, jak i analogowych, przetwarza odczytane z tych wejść dane, prezentuje wyniki w dogodnej postaci operatorowi i wpływa w określony sposób na przebieg samego procesu. Proste zadania sterownicze realizowane są za pomocą funkcji podstawowych języka programowania, które można przedstawić w postaci listy instrukcji, na schematach blokowych lub funkcyjnych, zawierających bloki sterowania rozmytego. Rozszerzona architektura PLC pozwala na sterowanie z wykorzystaniem zbiorów rozmytych.



Rys. 2. Schemat dojarki mechanicznej z automatyczną regulacją podciśnienia
 Fig. 2. Scheme of milking machine with automatic vacuum control

Coraz częściej są one dostępne w postaci gotowych bloków funkcyjnych lub bibliotek. Innym sposobem jest stworzenie własnego systemu sterującego z wykorzystaniem programu Matlab®-Simulink i Toolbox RTWT. Poprzez karty komunikacyjne istnieje możliwość sterowania z poziomu tego programu. Można również skorzystać z kart, w których istnieje możliwość napisania kodu źródłowego np. w języku C. Uzyskuje się w ten sposób dużą przejrzystość i zgodność postaci programu z treścią zadania sterowania.

Oferowane biblioteki typowych bloków funkcyjnych umożliwiają użytkownikowi racjonalne tworzenie programów i znaczne obniżenie kosztów projektowania systemów sterowania.



Rys. 3. Schemat blokowy jednostki sterującej
Fig. 3. Block diagram of the control unit

Wnioski

1. Prezentowane rozwiązania pozwalają na zastosowanie 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. Podstawowym celem jest zdrowie zwierzęcia.
3. Zastosowanie sterownika PLC niesie z sobą duże możliwości nie tylko sterowania, ale również archiwizacji danych, kreowania raportów alarmów uświadczających prace, ale również pozwalających lepiej zarządzać stadem.

Literatura

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

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

Kupczyk A. i in. 2003. Dojarka mechaniczna: budowa, użytkowanie i aspekty rynkowe urządzeń do pozyskiwania mleka surowego. Pro Agricola Sp. z o.o. Gietrzwa³d

Szlachta J., Wiercioch M. 1993. Badania laboratoryjne parametrów pracy aparatu udojowego z oddzielnym transportem mleka i powietrza. Zeszyty Problemy Postępów Nauk Rolniczych, 410

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

AUTOMATIC CONTROL OF VACUUM PRESSURE IN A MILKING APPARATUS

Summary

Vacuum (sucking) pressure, its variations in a milking apparatus as well as their consequences were analysed. A new attempt to control this parameter, based on application of fuzzy steering algorithm was presented. Some instructions necessary to designing of such steering system were given. Application of the fuzzy control system enables to near vacuum pressure in the teatcup to sucking by a calf. Finally, the possibilities of applying programmable logic controllers (PCL) to vacuum pressure were indicated.

Key words; automation, milking apparatus, cow milking, vacuum pressure, programmable logic controller (LPC)

Recenzent: Józef Szlachta