

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

MODELOWANIE PARAMETRÓW FAZY WŁAŚCIWEJ DOJU MASZYNOWEGO KRÓW

Streszczenie

Opracowano algorytm sterowania dla fazy właściwej doju, pulsacją i ciśnieniem bezwzględnym podawanym na wejście pulsatora w funkcji natężenia mleka wypływającego ze strzyka krowy. W symulacji komputerowej wykorzystano przebieg strumienia masowego cieczy, reprezentujący natężenie wypływającego mleka. Symulację prowadzono w programie Matlab® - Simulink, a jej wyniki przedstawiono na wykresach, z których wynika, że zaproponowany algorytm pozwala na sterowanie pulsacją i ciśnieniem bezwzględnym podawanym do pulsatora.

Słowa kluczowe: dój maszynowy krów, faza właściwa doju krów, aparat udojowy

Wstęp

Zbliżenie parametrów doju maszynowego do cech osobniczych krów w zakresie oddawania mleka z wykorzystaniem automatycznego sterowania wiąże się m. in. z koniecznością rozwiązania problemu dotyczącego procesu sterowania częstotliwością pulsacji oraz wartością ciśnienia bezwzględnego podawanego do pulsatora i aparatu udojowego w zależności od wpływu mleka z ćwiartki wymienia krowy. Stąd w pracy zaproponowano model pozwalający na realizację tego procesu dla fazy doju właściwego.

Celem pracy jest przedstawienie w programie Matlab® Simulink układu zależności pozwalającego na realizację procesu sterowania dla fazy właściwej doju, częstotliwością pulsacji oraz wartością ciśnienia bezwzględnego podawanego na wejście pulsatora w funkcji natężenia mleka wypływającego z ćwiartki wymienia krowy.

Zakres pracy

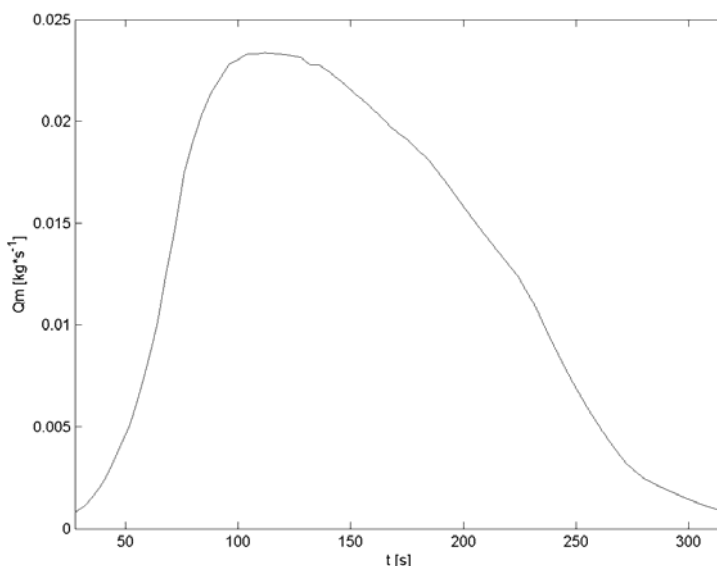
Zakres pracy obejmuje: opracowanie algorytmu sterowania dla fazy właściwej doju, zastąpienie w obliczeniach strumienia mleka wypływającego ze strzyka, zależnością opisującą reprezentujący go strumień masowy cieczy i symulację komputerową.

Założenia do modelowania

Fazę doju właściwego wyodrębnilo przyjmując, że jest to część przebiegu natężenia wypływu mleka ze strzyka krowy powyżej poziomu 0,05 kg/min. Dla fazy tej założono, że ciśnienie bezwzględne w komorze podstrzykowej wynosi 67 kPa. Badania symulacyjne prowadzono dla aparatu udojowego realizującego dój ćwiartkowy [Juszka i in. 2006].

Modelowanie przebiegu zmian natężenia strumienia mleka

Dla przeprowadzenia symulacji pracy aparatu udojowego z pulsacją i ciśnieniem bezwzględnym podawanym do pulsatora, sterowanymi w funkcji natężenia wypływu mleka ze strzyka krowy, przy wykorzystaniu algorytmu przedstawionego w pracy Juszki i in. [2007] generowano dwa przebiegi natężenia strumienia wypływającej cieczy o zbliżonym kształcie do zmian wartości strumienia masowego mleka wypływającego ze strzyka. Pierwszy z nich pełnił rolę wzorcowego Q_{m_wz} , drugi reprezentował rzeczywisty wypływ mleka ze strzyka krowy Q_{m_rz} (rys. 1, 2). Koncepcja procesu sterowania ciśnieniem bezwzględnym dostarczanym do pulsatora zakładała porównanie tych przebiegów w celu wypracowania odpowiedniego sygnału sterującego.



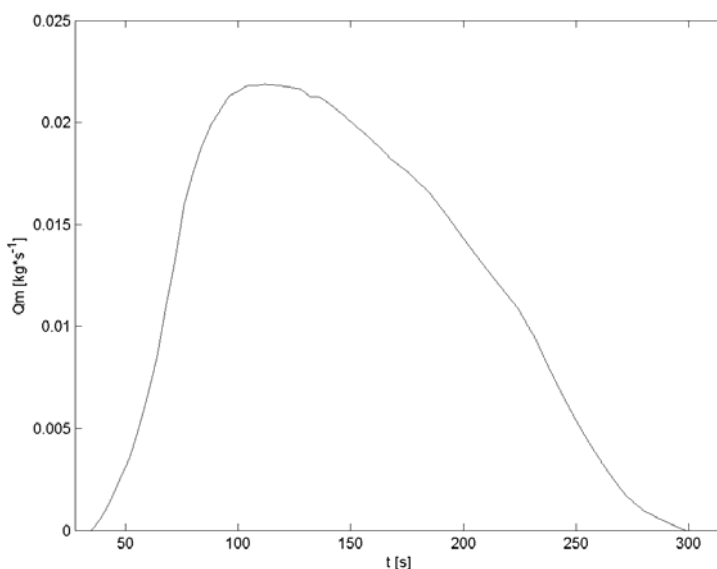
Źródło: Opracowanie własne autorów

Rys. 1. Strumień masowy cieczy reprezentujący wzorcowe natężenie wypływającego mleka ze strzyka krowy – faza doju właściwego

Fig. 1. Mass stream of liquid representing a pattern intensity of milk outflow from the cow teat during real milking phase

Przebieg natężenia strumienia cieczy reprezentujący w obliczeniach rzeczywisty wypływ mleka ze strzyka krowy generowano w taki sam sposób, jak

przebieg traktowany jako wzorcowy, lecz jego wartość pomniejszono, aby dzięki istnieniu różnicy pomiędzy przebiegami wykazać poprawność działania modułu reprezentującego układ sterowania, którego zadaniem było reagowanie na różnicę pomiędzy przebiegami „rzeczywistym” i „wzorcowym” poprzez wypracowanie odpowiedniego sygnału sterującego ciśnieniem bezwzględnym podawanym na wejście modułu pulsatora.



Źródło: Opracowanie własne autorów

Rys. 2. Strumień masowy cieczy reprezentujący rzeczywiste natężenie wypływającego mleka ze strzyka krowy – faza doju właściwego

Fig. 2. Mass stream of liquid representing the true intensity of milk outflow from the cow teat during real milking phase

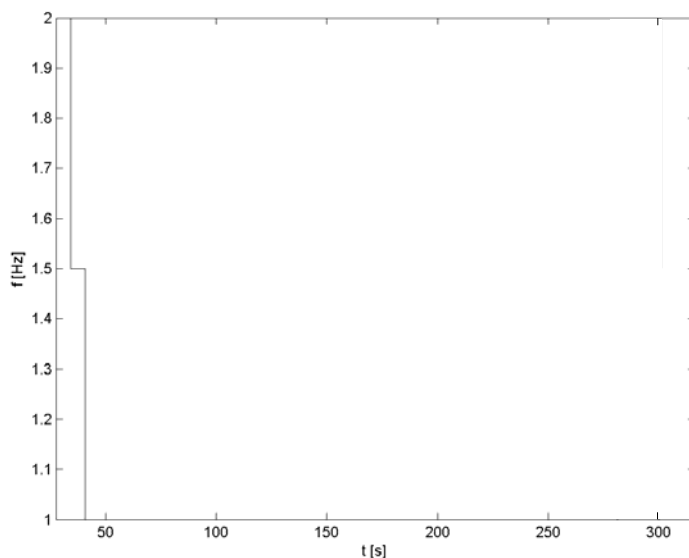
Modelowanie procesu sterowania częstotliwością pulsacji

Pulsacja ciśnienia bezwzględnego w komorze międzyściennej kubka udojowego wywołuje ruch gumy strzykowej i w rezultacie powstanie taktu ssania i masażu. Sygnał sterujący częstotliwością pulsacji f_{Puls} obliczono przy wykorzystaniu modułu reprezentującego układ sterowania, według zależności:

```
if  $Q_{m\_rz} \geq 0,05$  kg/min  
     $f_{Puls} = 2$  Hz  
elseif  $Q_{m\_rz} \geq 0,08$  kg/min  
     $f_{Puls} = 1,5$  Hz  
else  $Q_{m\_rz} \geq 0,14$  kg/min  
     $f_{Puls} = 1$  Hz  
end.
```

Częstotliwość pulsacji wynosiła 2 Hz, 1,5 Hz oraz 1 Hz. Jej wartość zmieniała się w zależności od przebiegu strumienia masowego cieczy reprezentującej w obliczeniach rzeczywisty wypływ mleka Q_{m_rz} ze strzyka podczas fazy doju właściwego. Przy generowanym natężeniu wypływu cieczy $Q_{m_rz} \geq 0,05$ kg/min częstotliwość wynosiła 2 Hz, powyżej 0,08 kg/min była równa 1,5 Hz, a po przekroczeniu 0,14 kg/min wartości Q_{m_rz} , osiągała poziom 1 Hz. Układ zależności, według którego została obliczona częstotliwość pulsacji podczas fazy właściwej, opracowano w programie Matlab® Simulink przy wykorzystaniu instrukcji warunkowej „If”.

Na wejście modułu realizującego proces sterowania wprowadzono dwa przebiegi wartości strumienia masowego cieczy reprezentujące w obliczeniach wypływ mleka ze strzyka. Pierwszy wzorcowy Q_{m_wz} , drugi reprezentujący rzeczywisty wypływ mleka ze strzyka krowy Q_{m_rz} . Na podstawie wartości Q_{m_rz} obliczono sygnał sterujący częstotliwością pulsacji w aparacie udojowym. Jego przebieg przedstawia rysunek 3.



Źródło: Opracowanie własne autorów

Rys. 3. Sygnał sterujący częstotliwością pulsacji w aparacie udojowym – faza doju właściwego

Fig.3. The signal steering pulsation frequency in a milking apparatus for real milking phase

Przebieg wartości sygnału sterującego pulsacją dla fazy doju właściwego, zilustrowany na rysunku 3 można zinterpretować w następujący sposób. Przed upływem pięćdziesiątej sekundy symulacji, kiedy wartość natężenia wypływu cieczy dla jednego strzyka przekroczyła 0,14 kg/min, zgodnie z algorytmem sterowania nastąpił spadek wartości częstotliwości pulsacji początkowo z poziomu 2 Hz do wartości 1,5 Hz, a następnie do 1 Hz.

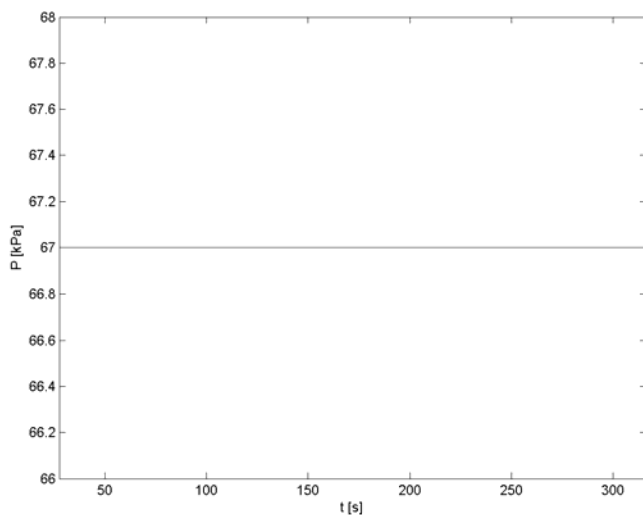
Modelowanie procesu sterowania przebiegiem ciśnienia bezwzględno-podawanego do pulsatora

Do przeprowadzenia symulacji, przebiegu procesu sterowania wartością ciśnienia bezwzględno-podawanego do pulsatora P_{PW} , generowano sygnał sterujący w następujący sposób. Na wejście modułu reprezentującego układ sterowania wprowadzono dwa przebiegi wartości strumienia masowego cieczy reprezentujące w obliczeniach wypływ mleka ze strzyka. Pierwszy z nich pełnił rolę wzorcowego, drugi reprezentował rzeczywisty wypływ mleka ze strzyka krowy.

Zgodnie z opracowanym algorytmem, zapisanym w programie Matlab Simulink® przebiegi porównywano. Jeżeli przebieg reprezentujący rzeczywiste natężenie mleka wypływającego ze strzyka był większy lub równy przebiegowi traktowanemu jako wzorcowy $Q_{m_wz} \leq Q_{m_rz}$, wówczas ciśnienie bezwzględne doprowadzone na wejście modułu pulsatora nie zmieniało się. Jeżeli natomiast wartości przebiegu rzeczywistego były mniejsze od wzorcowych $Q_{m_wz} > Q_{m_rz}$, sygnał sterujący powodował obniżenie ciśnienia bezwzględno-podawanego do pulsatora. Przebieg sygnału obliczano przy wykorzystaniu modułu reprezentującego układ sterowania, według zależności:

```
if  $Q_{m\_wz} = Q_{m\_rz}$  kg/min
     $P_{PW} = 67$  kPa
elseif  $Q_{m\_wz} > Q_{m\_rz}$  kg/min
     $P_{PW} = 67$  kPa
elseif  $t \geq 45$  s
     $P_{PW} = 64$  kPa
elseif  $t \geq 60$  s
     $P_{PW} = 61$  kPa
elseif  $t \geq 75$  s
     $P_{PW} = 58$  kPa
else  $t \geq 90$  s
     $P_{PW} = 55$  kPa
end.
```

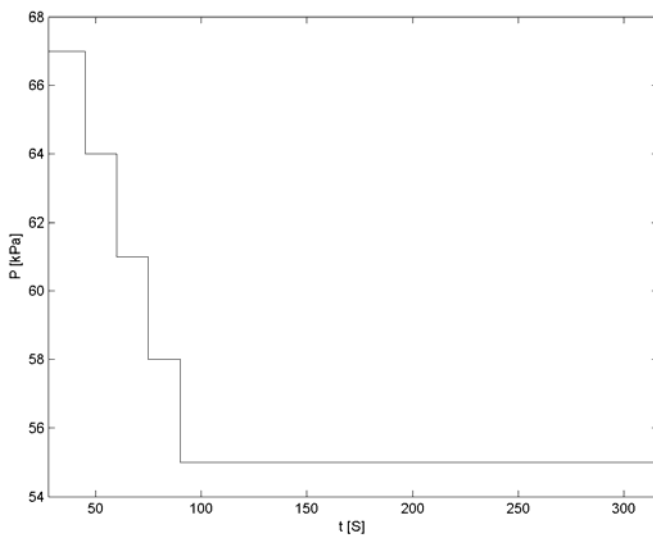
Wartość ciśnienia bezwzględno-podawanego do modułu pulsatora zmieniała się w zależności od relacji pomiędzy Q_{m_wz} i Q_{m_rz} . Przy wartościach reprezentujących rzeczywiste natężenia mleka wypływającego ze strzyka krowy większych, bądź równych wartościom reprezentującym wzorcowy przebieg ($Q_{m_wz} \leq Q_{m_rz}$ kg/min) ciśnienie bezwzględne podawane na wejście pulsatora wynosiło 67 kPa podczas całej fazy doju właściwego (rys. 4). Natomiast przy $Q_{m_wz} > Q_{m_rz}$ kg/min ciśnienie to malało co 15 sekund aż do osiągnięcia wartości 55 kPa i na tym poziomie pozostawało do końca fazy doju właściwego (rys. 5).



Źródło: Opracowanie własne autorów

Rys.4. Sygnał sterujący ciśnieniem bezwzględnym podawanym do pulsatora przy $Q_{m_wz} \leq Q_{m_rz}$ – faza doju właściwego

Fig. 4. The signal steering absolute pressure supplied to pulsator at $Q_{m-wz} < Q_{m-rz}$ for real milking phase



Źródło: Opracowanie własne autorów

Rys.5. Sygnał sterujący ciśnieniem bezwzględnym podawanym do pulsatora $Q_{m_wz} > Q_{m_rz}$ – faza doju właściwego

Fig. 5. The signal steering absolute pressure supplied to pulsator at $Q_{m-wz} > Q_{m-rz}$ for real milking phase

Wnioski

1. Wykorzystany układ zależności do generowania natężenia strumienia cieczy reprezentującego w obliczeniach strumień mleka pozwala na uzyskanie przebiegu wskazującego na podobieństwo do zmian wartości strumienia masowego mleka wypływającego ze strzyka krowy.
2. Algorytm procesu sterowania pozwala na wypracowanie sygnału sterującego przebiegiem ciśnienia bezwzględnego podawanego na wejście pulsatora oraz częstotliwością pulsacji, w funkcji strumienia masowego mleka wypływającego ze strzyka krowy w aparacie udojowym realizującym dój ćwiartkowy.

Bibliografia

Juszka H., Lis S., Tomasik M. 2006. Automatycznie sterowana dynamika w aparacie udojowym dla krów. *Problemy Inżynierii Rolniczej*, 4(54): 33-38

Juszka H., Lis S., Tomasik M. 2007. Modelowanie relacji strumienia masowego cieczy z ciśnieniem bezwzględnym w aparacie udojowym. *Materiały konferencyjne. IX Międzynarodowa Konferencja Naukowa nt. Teoretyczne i aplikacyjne problemy Inżynierii Rolniczej*, s. 128-129, Wrocław-Polanica