

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

## MODELOWANIE FAZY WSTĘPNEJ DOJU MASZYNOWEGO KRÓW

### Streszczenie

Opracowano algorytm sterowania pulsacją i ciśnieniem bezwzględnym podawanym na wejście pulsatora w funkcji natężenia mleka wypływającego ze strzyka krowy. 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 zaproponowany algorytm pozwala na sterowanie pulsacją i ciśnieniem bezwzględnym podawanym do pulsatora.

**Słowa kluczowe:** dój maszynowy krów, faza wstępna doju krów, aparat udojowy

### Wstęp

Proces sterowania wartością ciśnienia bezwzględnego podawanego do pulsatora i częstotliwością pulsacji w zależności od wypływu mleka z ćwiartki wymienia krowy jest ważny w dostosowaniu parametrów doju maszynowego do cech osobniczych krów. W pracy zaproponowano układ zależności pozwalający na realizację tego procesu dla fazy wstępnej doju w aparacie udojowym realizującym dój ćwiartkowy.

Celem pracy jest przedstawienie w programie Matlab® Simulink opracowanego dla fazy wstępnej doju algorytmu zmian pulsacji i ciśnienia bezwzględnego podawanego na wejście pulsatora, sterowanych w funkcji natężenia mleka wypływającego ze strzyka krowy.

### Zakres pracy

Zakres pracy obejmuje:

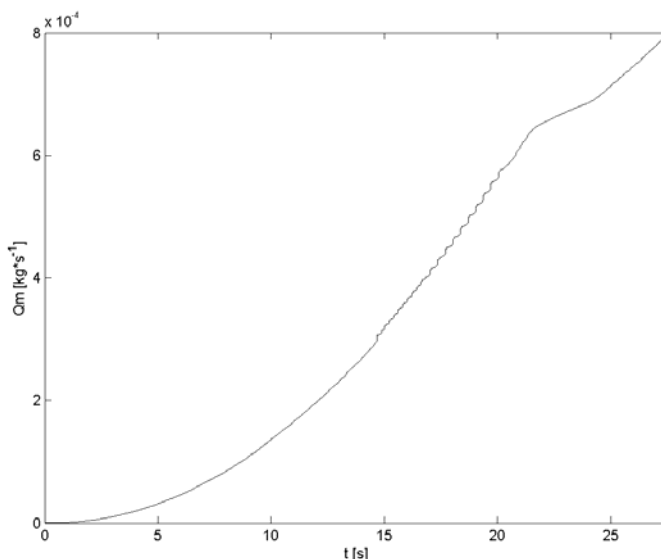
- opracowanie algorytmu sterowania dla układu zależności reprezentującego aparat udojowy do doju ćwiartkowego,
- zastąpienie w obliczeniach strumienia mleka wypływającego ze strzyka zależnością opisującą reprezentujący go strumień masowy cieczy,
- symulację komputerową.

## Założenia do modelowania

Fazę wstępną doju wyodrębnilo przyjmując, że jest to czas wzrostu natężenia wypływu mleka ze strzyka krowy od 0 kg/min do 0,05 kg/min. Proces sterowania pracą aparatu udojowego podczas trwania tej fazy składał się z trzech etapów. Etap pierwszy, to stymulacja wymienia krowy – ciśnienie bezwzględne podawane na wejście pulsatora wynosi 80 kPa, a pulsacja przyjmuje wartość 5 Hz. Na etap drugi składa się przejście od stymulacji do wartości bliskich charakterystykom doju właściwego – w tym czasie częstotliwość pulsacji obniża się z 5 Hz do 3 Hz. Wartość ciśnienia bezwzględnego podawanego do pulsatora maleje z 80 kPa do wartości bliskiej dla doju zasadniczego – 67 kPa. Podczas etapu trzeciego ciśnienie bezwzględne pozostaje na poziomie 67 kPa, a pulsacja maleje do 2 Hz. Dal fazy wstępnej doju założono, że ciśnienie bezwzględne w komorze podstrzykowej wynosi 67 kPa.

## Modelowanie przebiegu zmian natężenia strumienia mleka

Do przeprowadzenia symulacji pracy aparatu udojowego z pulsacją i ciśnieniem bezwzględnym podawanym do pulsatora, sterowanymi w zależności od natężenia wypływu mleka ze strzyka krowy w czasie fazy wstępnej doju, konieczne było generowanie przebiegu wartości strumienia masowego cieczy reprezentującego w obliczeniach wypływ mleka ze strzyka  $Q_m$ . Stąd przy wykorzystaniu algorytmu przedstawionego w pracy Juszki i in. [2007] generowano dla modelu taki przebieg (rys. 1).



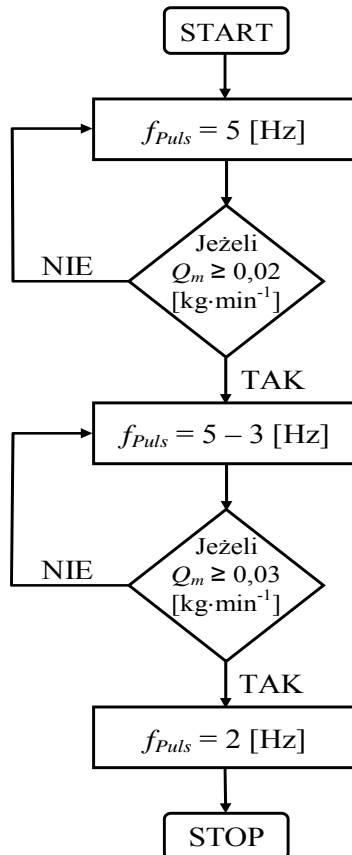
Źródło: Opracowanie własne autorów

Rys. 1. Strumień masowy cieczy reprezentujący mleko wypływające ze strzyka krowy do komory podstrzykowej kubka udojowego dla wstępnej fazy doju

Fig. 1. Mass stream of liquid representing the milk flowing out from the cow teat to teat cup chamber during initial milking phase

### Modelowanie procesu sterowania częstotliwością pulsacji

Sterowanie pracą kubka udojowego odbywa się poprzez pulsację. Częstotliwość pulsacji determinuje przebieg taktu ssania i masażu w kubku udojowym. Sygnał sterujący częstotliwością pulsacji generowano przy wykorzystaniu modułu reprezentującego układ sterowania, według algorytmu przedstawionego na rysunku 2. Częstotliwość pulsacji  $f_{Puls}$  wynosiła 5 Hz, 3 Hz oraz 2 Hz. Jej wartość zmieniała się w zależności od wartości strumienia masowego cieczy reprezentującego w obliczeniach wypływ mleka ze strzyka  $Q_m$ . Przy natężeniu wypływu  $Q_m \leq 0,02$  kg/min wynosiła 5 Hz, powyżej 0,02 kg/min była równa 5–3 Hz, a po przekroczeniu 0,03 kg/min wartości  $Q_m$ , osiągała poziom 2 Hz. W algorytmie wartości  $Q_m$  przyjęto arbitralnie w taki sposób, aby fazę rozdajania zawrzeć w przedziale czasu równym 25 s [Kupczyk i in. 2003].

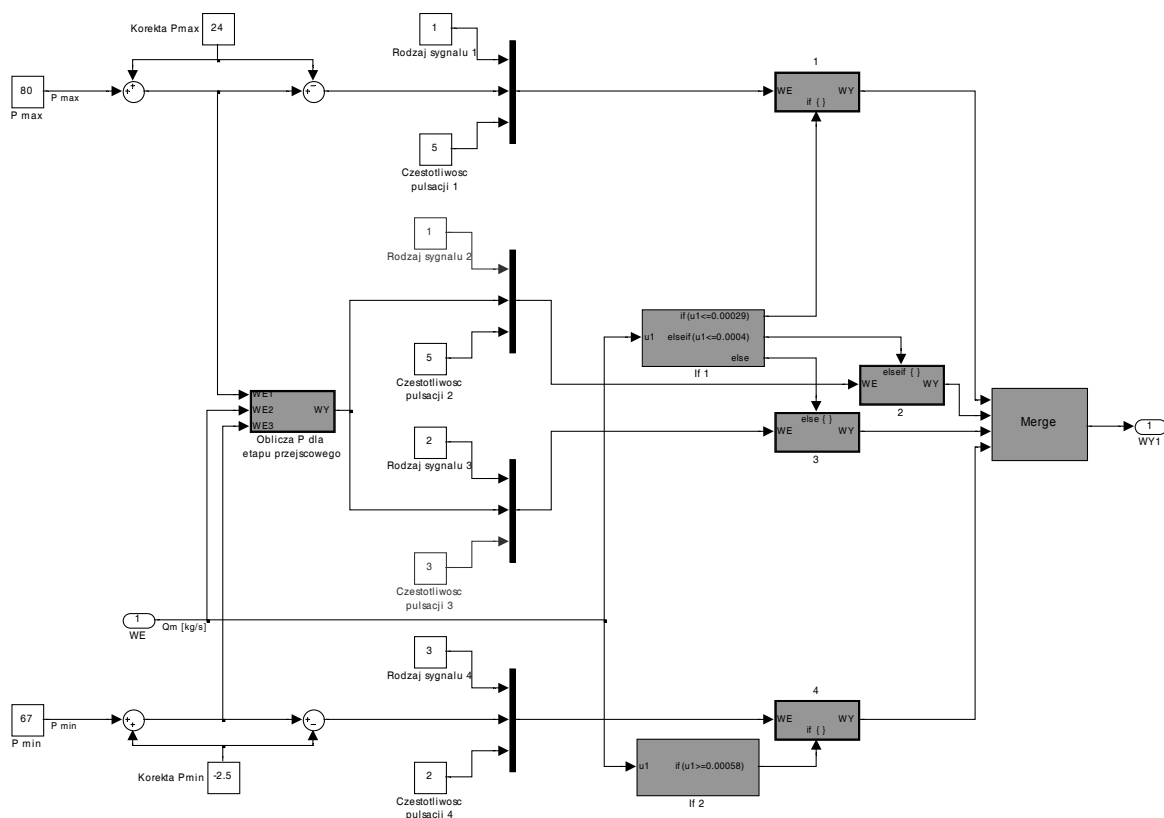


Źródło: Opracowanie własne autorów

Rys. 2. Schemat blokowy sterowania częstotliwością pulsacji w aparacie udojowym do doju ćwiartkowego – wstępna faza doju

Fig. 2. Mass stream of liquid representing the milk flowing out from the cow teat to teat cup chamber during initial milking phase

Algorytm, według którego została obliczona częstotliwość pulsacji, po zapisaniu w programie Matlab Simulink® przyjął następującą postać (rys. 3):

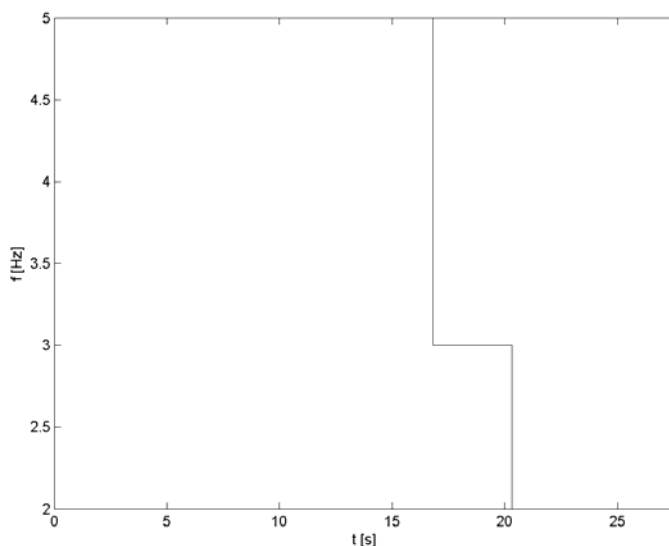


Źródło: Opracowanie własne autorów

Rys. 3. Moduł reprezentujący proces sterowania ciśnieniem bezwzględnym podawanym do pulsatora i częstotliwością pulsacji podczas fazy wstępnej doju  
Fig. 3. Modulus representing the process of steering absolute pressure supplied to pulsator and pulsation frequency during initial phase of milking

Zadania najważniejszych bloków funkcjonalnych wchodzących w skład schematu algorytmu przedstawionego na rysunku 3 są następujące. Blok „If 1” reprezentujący instrukcje warunkową „if” porównuje wartości wprowadzone na wejście „WE” z warunkiem występującym po słowie „if”. Jeżeli warunek zostanie spełniony ( $Q_m \leq 0,02$  kg/min), to sygnał sterujący częstotliwością pulsacji przyjmie wartość 5 Hz. Jeżeli zaś wielkość wprowadzona na wejście będzie zgodna z warunkiem zapisanym po słowie „elseif” ( $Q_m > 0,02$  kg/min), to sygnał sterujący będzie zawierał się w przedziale pomiędzy 5–3 Hz. Wartość  $Q_m > 0,03$  kg/min spowoduje pojawienie się na wyjściu bloku „If 2” sygnału sterującego równego 2 Hz.

Na wejście (WE) modułu realizującego proces sterowania, przedstawionego na rysunku 3 wprowadzono generowaną wartości strumienia masowego ciecży reprezentującej w obliczeniach wypływ mleka ze strzyka krowy  $Q_m$  (rys. 1). Na podstawie tej wartości obliczono sygnał sterujący częstotliwością pulsacji w aparacie udojowym. Jego przebieg przedstawia rysunek 4.



Źródło: Opracowanie własne autorów

Rys. 4. Sygnał sterujący częstotliwością pulsacji w aparacie udojowym dla fazy wstępnej doju

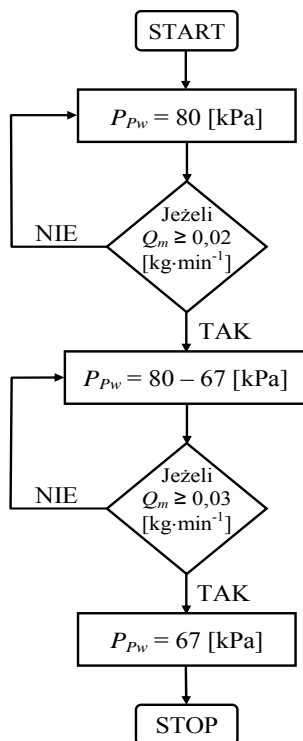
Fig. 4. Signal steering the pulsator frequency in a milking apparatus during initial milking phase

Przebieg wartości sygnału sterującego dla rosnącego strumienia masowego ciecży reprezentującej w obliczeniach strugę mleka wypływającą ze strzyka podczas fazy wstępnej doju zilustrowany na rysunku 4 jest poprawny. Pomiędzy 15 a 20 sekundą symulacji, kiedy wartość natężenia wypływu ciecży przekroczyła 0,02 kg/min, zgodnie z algorytmem sterowania częstotliwość pulsacji zmalała z poziomu 5 Hz do 3 Hz. Natomiast pomiędzy 20 a 25 sekundą symulacji, kiedy wartość natężenia wypływu ciecży przekroczyła 0,03 kg/min, częstotliwość pulsacji zmniejszyła się z poziomu 3 Hz do 2 Hz.

### Modelowanie procesu sterowania przebiegiem ciśnienia bezwzględniego podawanego do pulsatora

Sygnał sterujący ciśnieniem bezwzględniego podawanym do pulsatora  $P_{Pw}$ , aparatu udojowego do doju ćwiartkowego, dla fazy wstępnej doju, generowano przy wykorzystaniu modułu reprezentującego układ sterowania według algorytmu przedstawionego na rysunku 5. Wartość ciśnienia bezwzględniego zmieniała się w zależności od strumienia masowego ciecży reprezentujące-

go w obliczeniach wpływ mleka ze strzyka krowy  $Q_m$ . Przy natężeniu wypływu  $Q_m \leq 0,02$  kg/min wynosiła 80 kPa. Powyżej 0,03 kg/min wartości  $Q_m$  była równa 67 kPa.

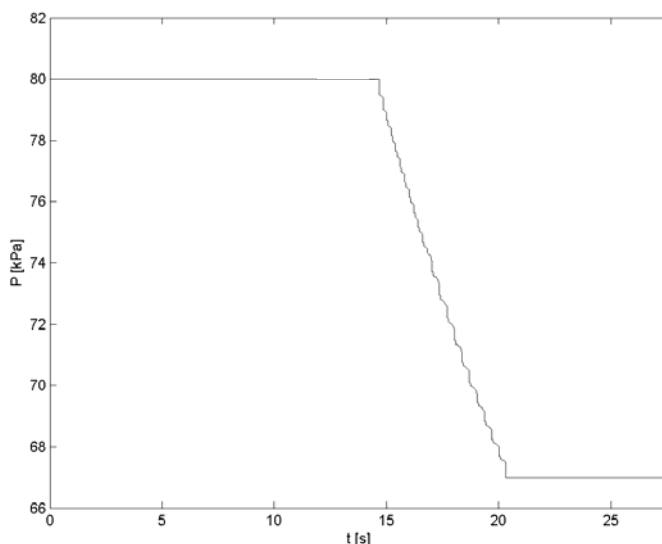


Źródło: Opracowanie własne autorów

Rys. 5. Schemat blokowy sterowania ciśnieniem bezwzględnym podawanym do pulsatora aparatu udojowego do doju ćwiartkowego – faza wstępna doju  
Fig. 5. Block diagram of steering the absolute pressure supplied to pulsator of milking apparatus for a quarter milking – initial milking phase

Przebieg sygnału sterującego wartością ciśnienia bezwzględnego podawanego na wejście pulsatora obliczony przy wykorzystaniu zaproponowanego algorytmu przedstawia rysunku 6.

Przedstawiony przebieg dla fazy wstępnej doju (rys. 6) jest zgodny algorytmem sterowania. Początkowo ciśnienie bezwzględne podawane na wejście pulsatora utrzymywało się na poziomie 80 kPa. Następnie pomiędzy 15 a 20 sekundą symulacji, kiedy wartość natężenia wypływu cieczy przekroczyła 0,02 kg/min, nastąpił spadek wartości ciśnienia bezwzględnego podawanego do pulsatora z poziomu 80 kPa do 67 kPa. Po przekroczeniu dwudziestej sekundy symulacji, kiedy wartość natężenia wypływu cieczy przekroczyła 0,03 kg/min, ciśnienie bezwzględne utrzymywało się na poziomie 67 kPa.



Źródło: Opracowanie własne autorów

Rys.6. Sygnał sterujący ciśnieniem bezwzględnym podawanym do pulsatora dla fazy wstępnej doju

Fig. 6. Signal steering the absolute pressure supplied to pulsator – for initial milking phase

## Wnioski

1. Przedstawiony przebieg generowanego natężenia strumienia cieczy dla fazy wstępnej wskazuje na podobieństwo do zmian wartości strumienia masowego mleka wypływającego ze strzyka krowy.
2. Zaproponowany algorytm pozwala na sterowanie przebiegiem ciśnienia bezwzględnego podawanego do pulsatora oraz częstotliwością pulsacji w zależności od natężenia wypływu mleka ze strzyka krowy w aparacie udojowym przeprowadzającym dój dla jednej ćwiartki wymienia.
3. Przedstawione rozwiązanie umożliwia na etapie prac projektowych dalsze doskonalenie warunków doju maszynowego krów.

## Bibliografia

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, ss. 128-129, Wrocław-Polanica

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