

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

## **MODELOWANIE WSPÓLZALEŻNOŚCI PARAMETRÓW FAZY KOŃCOWEJ DOJU MASZYNOWEGO KRÓW**

### **Streszczenie**

Opracowano algorytm sterowania dla fazy końcowej 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 końcowa doju krów, aparat udojowy

### **Wstęp**

Zastosowanie aparatu udojowego realizującego dój ćwiartkowy przy wykorzystaniu automatycznego sterowania częstotliwością pulsacji oraz wartością ciśnienia bezwzględnego podawanego do pulsatora, w funkcji natężenia mleka wypływającego z ćwiartki wymienia krowy umożliwiłoby oddzielne potraktowanie każdej ćwiartki wymienia poprzez indywidualny dobór parametrów pracy aparatu udojowego dla niej. Ponadto przyczyniłoby się do ograniczenia wzajemnych, niekorzystnych oddziaływań poszczególnych kubków udojowych [Juszka, Lis. 2006]. Takie rozwiązanie pozwoliłoby zbliżyć parametry doju maszynowego krów do ich cech osobniczych w zakresie oddawania mleka, przy wykorzystaniu automatycznego sterowania. Stąd w pracy zaproponowano układ zależności pozwalający na symulację przebiegu procesu sterowania ciśnieniem bezwzględnym podawanym na wejście pulsatora i częstotliwością jego pulsacji w komorze międzysiennej kubka udojowego w funkcji natężenia mleka wypływającego ze strzyka krowy.

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

## Zakres pracy

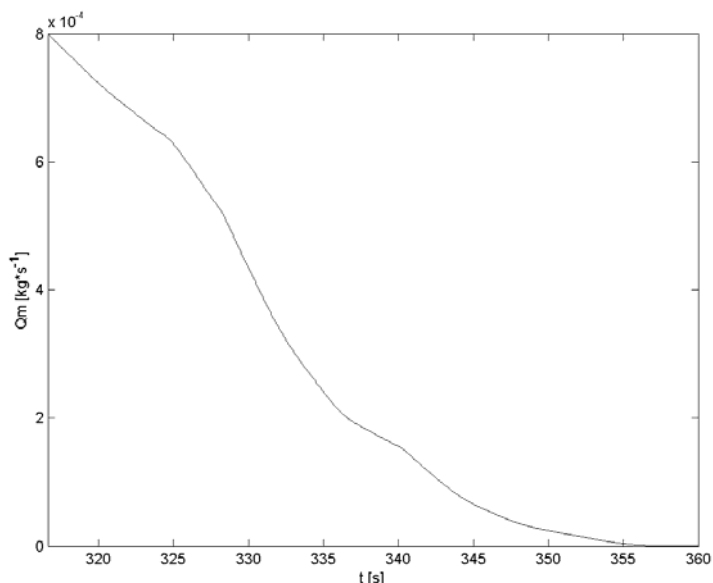
Zakres pracy obejmuje: opracowanie algorytmu sterowania dla fazy końcowej doju, zastąpienie w obliczeniach strumienia mleka wypływającego ze strzyka, zależnością opisującą reprezentujący go strumień masowy cieczy i symulację komputerową.

## Założenia do modelowania

Końcową fazę doju wyodrębniono przyjmując, że jest to czas zmniejszania się wartości natężenia wypływającego ze strzyka krowy mleka od 0,05 kg/min do 0 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

Aby przeprowadzić symulację 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 przebieg wartości strumienia masowego cieczy reprezentującego w obliczeniach wypływ mleka ze strzyka krowy podczas końcowej fazy doju  $Q_m$  (rys. 1).



Źródło: Opracowanie własne autorów

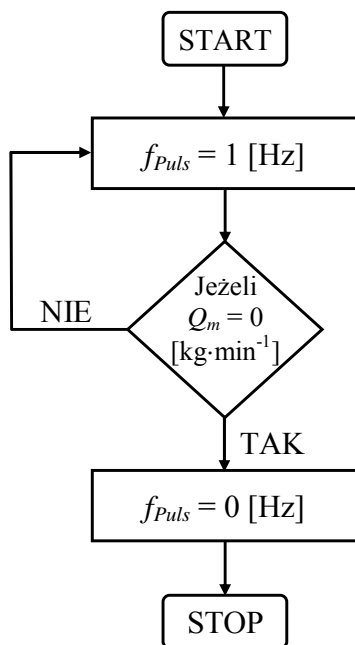
Rys. 1. Strumień masowy cieczy reprezentujący mleko wypływające ze strzyka krowy do komory podstrzykowej kubka udojowego – faza końcowa doju

Fig. 1. Mass stream of liquid representing milk flowing out from the cow teat to the teatcup chamber for final milking phase

### Modelowanie procesu sterowania częstotliwością pulsacji

Częstotliwość pulsacji ciśnienia bezwzględne w komorze międzyściennej kubka udojowego wpływa na zmiany objętości komory pod strzykiem, wywołując ruch gumy strzykowej i w rezultacie powstanie taktu ssania i mazażu.

Sygnał sterujący częstotliwością pulsacji generowano przy wykorzystaniu modułu reprezentującego układ sterowania, według algorytmu przedstawionego na rysunku 2. Częstotliwość pulsacji  $f_{Puls}$  wynosiła 1 Hz oraz 0 Hz. Jej wartość zależała od generowanego strumienia masowego cieczy reprezentującej w obliczeniach mleko wypływające ze strzyka krowy  $Q_m$ . Przy natężeniu wypływu cieczy  $Q_m > 0$  kg/min była równa 1 Hz, natomiast po jego spadku do wartości  $Q_m = 0$  kg/min, pulsacja przyjmowała wartość 0 Hz. W algorytmie, wartości  $Q_m$  przyjęto arbitralnie, w taki sposób aby końcową fazę doju zawrzeć w przedziale pomiędzy  $0,05 > Q_m \geq 0$  kg/min.

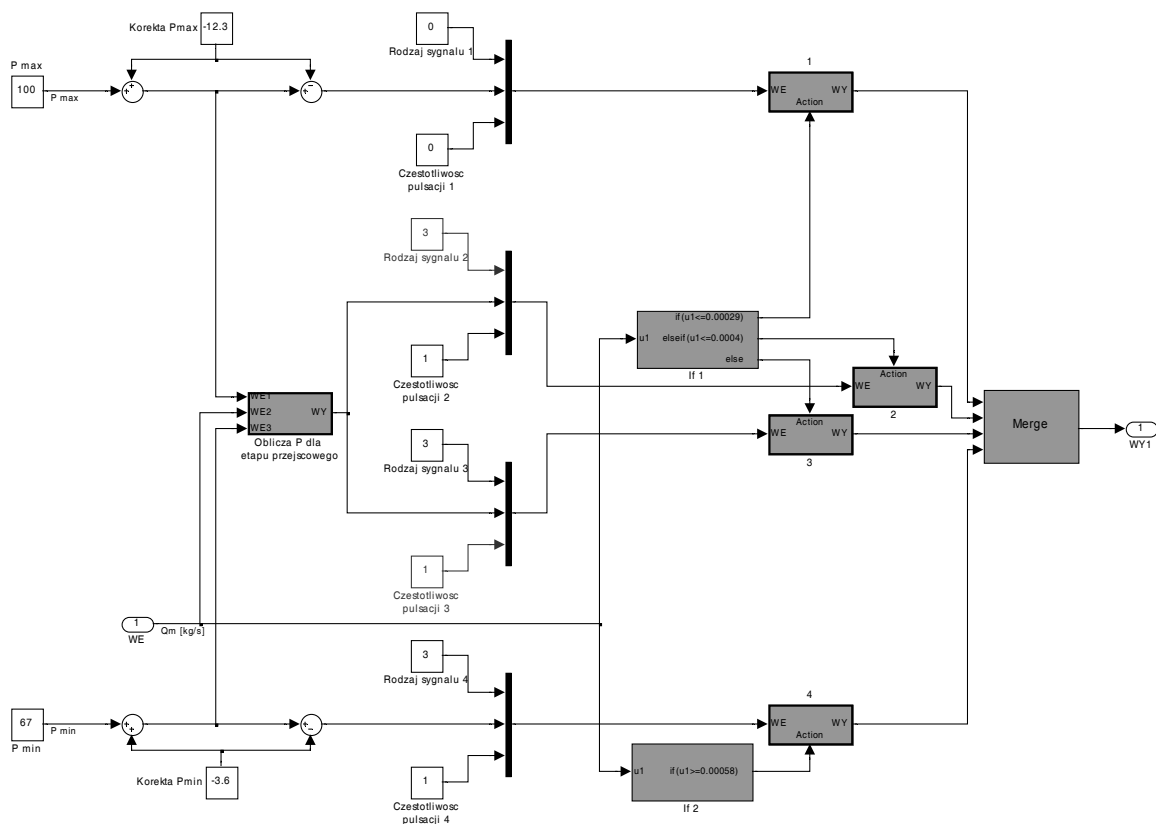


Źródło: Opracowanie własne autorów

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

Fig. 2. Block diagram of steering the pulsation frequency in milking apparatus for the quarter milking – final milking phase

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



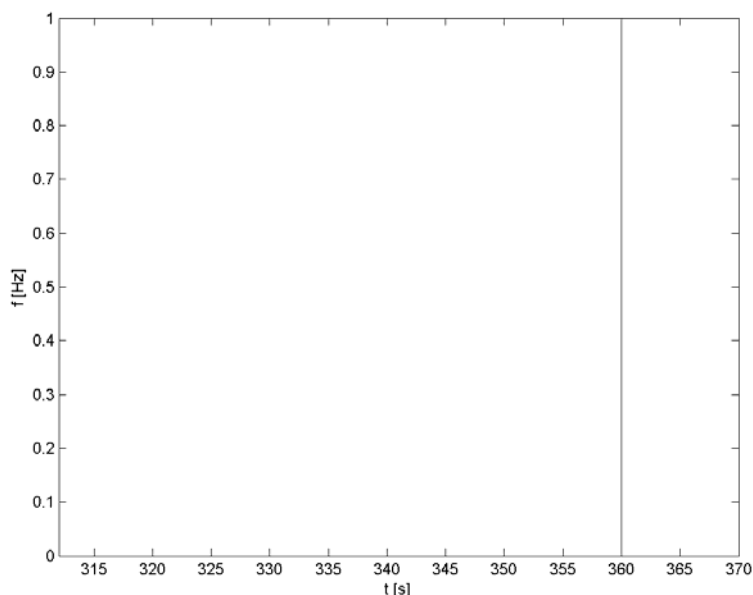
Źródło: Opracowanie własne autora

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

Zadania najważniejszych bloków funkcjonalnych wchodzących w skład schematu algorytmu przedstawionego na rys. 3 są następujące. Bloki „If 1” oraz „If 2” reprezentujące instrukcję warunkową porównują wartości wprowadzone na wejście „WE” z zapisanymi w pamięci warunkami. Jeżeli zostanie spełniony warunek  $Q_m > 0$  kg/min to sygnał sterujący częstotliwością pulsacji będzie równy 1 Hz. Jeżeli zaś wielkość wprowadzona na wejście modułu będzie zgodna z warunkiem  $Q_m = 0$  kg/min, to sygnał sterujący przyjmie wartość 0 Hz.

Na wejście (WE) modułu realizującego proces sterowania, przedstawionego na rysunku 3 wprowadzono przebieg generowanego strumienia masowego cieczy reprezentującej w obliczeniach mleko wypływające ze strzyka krowy

$Q_m$  (rys. 1), na jego podstawie obliczono sygnał sterujący częstotliwością pulsacji w aparacie udojowym do doju jednej ćwiartki wymienia krowy. Przebieg zmian sygnału przedstawia rysunek 4.



Źródło: Opracowanie własne autorów

Rys. 4. Sygnał sterujący częstotliwością pulsacji ciśnienia bezwzględnego w komorze międzyściennej kubka udojowego – końcowa faza doju

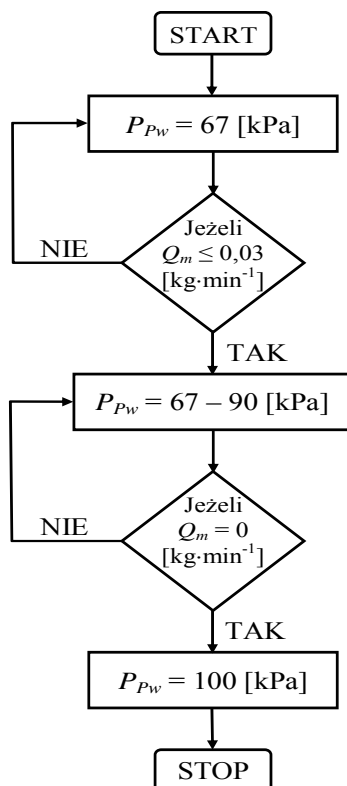
Fig. 4. Signal steering the pulsation frequency of absolute pressure in interwall teat-cup chamber – final milking phase

Przebieg wartości sygnału sterującego dla malejącego strumienia masyowego cieczy reprezentującej w obliczeniach strugę mleka wypływającą ze strzyka podczas końcowej fazy doju zilustrowano na rysunku 4. Jest zgodny z algorytmem sterowania, bowiem kiedy wartość natężenia wypływu cieczy  $Q_m$  opada do poziomu 0 kg/min, zgodnie z tym algorytmem następuje obniżenie częstotliwości pulsacji ciśnienia bezwzględnego w komorze międzyściennej kubka udojowego z poziomu 1 Hz do 0 Hz. Pulsacja o wartości 0 Hz przy ciśnieniu bezwzględnym w komorze międzyściennej kubka udojowego równym 100 kPa, oznacza zaciśniętą na strzyku gumę strzykową, dzięki temu ciśnienie bezwzględne w komorze podstrzykowej nie oddziałuje niekorzystnie na strzyk. Kubek oczekuje na zdjęcie.

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

Sygnał sterujący ciśnieniem bezwzględnym podawanym do pulsatora  $P_{PW}$ , dla końcowej fazy doju, generowano przy wykorzystaniu modułu reprezentującego układ sterowania według algorytmu przedstawionego na rysunku 5.

Wartość ciśnienia bezwzględnego zmieniała się w zależności od strumienia masowego cieczy reprezentującej w obliczeniach mleko wypływające ze strzyka krowy  $Q_m$ . Przy natężeniu wypływu cieczy  $Q_m \leq 0,03$  kg/min ciśnienie bezwzględne wynosiło 67 kPa. Przy  $Q_m = 0$  kg/min jego wartość osiągała 100 kPa.



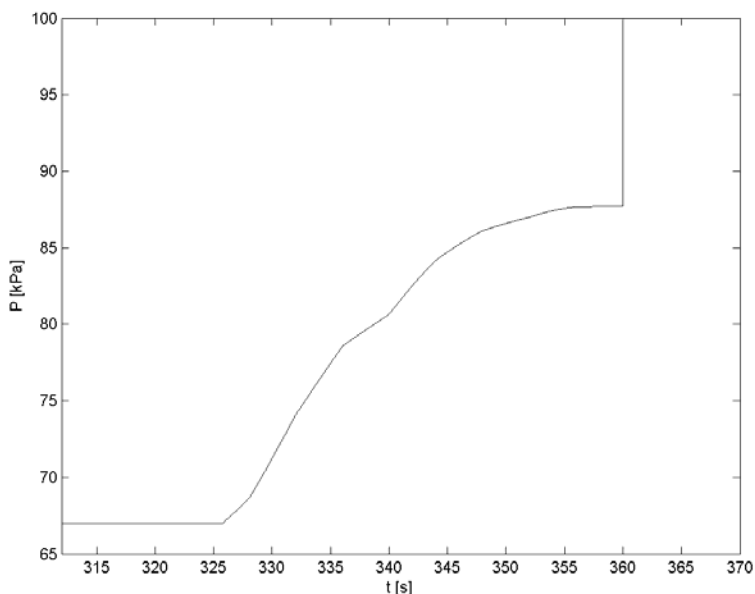
Źródło: Opracowanie własne autorów

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

Postać algorytmu, według którego obliczono przebieg sygnału sterującego wartością ciśnienia bezwzględnego podawanego na wejście pulsatora, po zapisaniu w programie Matlab Simulink® przedstawia rysunek 3. Zmiany przebiegu sygnału sterującego ilustruje rysunek 6.

Przebieg wartości sygnału sterującego dla malejącego strumienia masowego cieczy reprezentującej w obliczeniach strugę mleka wypływającą ze strzyka podczas końcowej fazy doju zilustrowany na rysunku 6 można zinterpretować w następujący sposób. Z informacji niesionej przez sygnał ste-

rujący wynika, iż na początku ciśnienie bezwzględne podawane na wejście pulsatora winno utrzymywać się na poziomie 67 kPa. Następnie, kiedy wartość natężenia wypływu cieczy opadnie poniżej 0,03 kg/min, zgodnie z algorytmem sterowania powinien nastąpić wzrost jego wartości z poziomu 67 kPa do 87 kPa. Gdy wartość natężenia wypływu cieczy zaniknie ( $Q_m = 0$  kg/min), ciśnienie bezwzględne powinno pozostać na poziomie 100 kPa.



Źródło: Opracowanie własne autorów

Rys.6. Sygnał sterujący wartością ciśnienia bezwzględnego podawanego do pulsatora – końcowa faza doju

Fig. 6. Signal steering the value of absolute pressure supplied to pulsator – final milking phase

## Wnioski

1. Przedstawiony przebieg generowanego natężenia strumienia cieczy dla fazy końcowej 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 funkcji natężenia wypływu cieczy zastępującej strumień masowy mleka podczas końcowej fazy doju, w aparacie udojowym realizującym dój dla jednej ćwiartki wymienia.

## Bibliografia

Juszka H., Lis S., Tomasiak 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