

## ANALIZA FUNKCJONALNA NOWEGO APARATU UDOJOWEGO

Aleksander Jędrus, Marian Lipiński

*Instytut Inżynierii Rolniczej, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu*

**Streszczenie.** Przedstawiono wyniki analiz krzywych wypływu mleka uzyskanych z wymion krów dojonych z użyciem ćwiartkowego aparatu udojowego współpracującego z dojarką rurociągową. Analizy wykazały, że wypływ mleka z ćwiartek jest indywidualną cechą krów, który może nieprzewidywalnie zmieniać się w kolejnych dojach. W świetle powyższego dalszy postęp w konstrukcji ćwiartkowego aparatu udojowego powinien dążyć w kierunku określenia jego najważniejszych parametrów pracy.

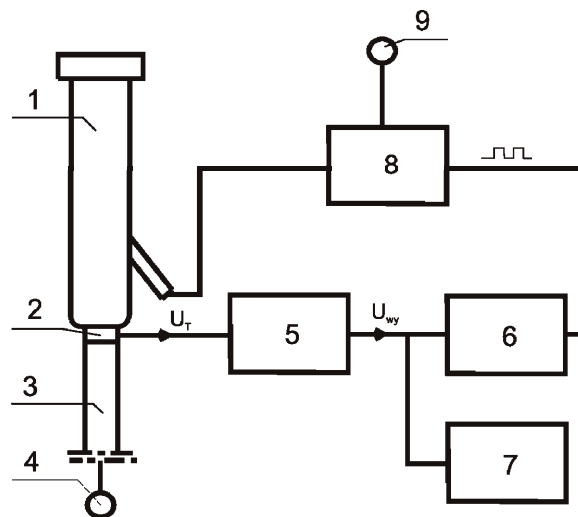
**Słowa kluczowe:** dojarka mechaniczna, aparat udojowy, dój ćwiartkowy

### Wprowadzenie i cel badań

W polskich gospodarstwach użytkujących bydło mleczne powszechnie stosowana jest pulsacja przemienna, gdzie parametry pracy pulsatora są niezmiennie w czasie doju. Nie jest to działanie zgodne z fizjologią oddawania mleka przez krowy, gdyż poszczególne gruczoły mlekowe nie tylko produkują różne ilości mleka, ale różnią się także szybkością jego wydajania [Lipiński 1991]. Optymalnym sposobem doju krów wydaje się zatem stosowanie pulsacji ćwiartkowej, z możliwością regulacji parametrów pracy pulsatora (wraz z podciśnieniem) w poszczególnych kubkach udojowych.

Na rynku światowym spotyka się dotąd tylko jedno rozwiązanie konstrukcyjne (produkowane od niedawna seryjnie) w pełni ćwiartkowego systemu udojowego. Jest to robot udojowy Astronaut A3 firmy Lely Industries NV [Czarnociński, Lipiński 2006]. Najprawdopodobniej ze względu na ochronę patentową nie są dostępne szczegółowe dane na temat budowy robota udojowego Astronaut A3.

W Instytucie Inżynierii Rolniczej Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu zaprojektowano i zbudowano aparat udojowy o zmiennych w czasie doju parametrach pracy [Jędrus 2007]. W jego budowie zastosowano szereg oryginalnych i nowatorskich rozwiązań konstrukcyjnych: programowany pulsator ćwiartkowy [Jędrus, Lipiński 2004], termiczne indykatory wypływu mleka, zamontowane w kubkach udojowych oraz mikroprocesorowy blok rejestrująco-monitorujący. Pracą nowego aparatu udojowego steruje specjalny program komputerowy [Jędrus 2007]. Powstała konstrukcja może współpracować z dowolną instalacją dojarek bańkowych i rurociągowych, lub być wyposażeniem dojrarni. Schemat nowego urządzenia przedstawia rysunek 1.



Rys. 1. Schemat połączenia pojedynczego kubka udojowego z urządzeniami sterującymi: 1 – kubek udojowy typu Anatomic; 2 – przezroczysty wziernik zawierający termiczny indykator wypływu mleka; 3 – krótki przewód mleczny; 4 – rurociąg mleczny; 5 – układ pomiarowy termicznego indykatora wypływu mleka; 6 – elektroniczny moduł pulsatora ćwiartkowego; 7 – mikroprocesorowy rejestrator sygnałów czujników; 8 – elektrozawory pulsatorów Waikato; 9 – rurociąg powietrzny;  $U_T$  – sygnał wyjściowy termistora;  $U_{wy}$  – sygnał wyjściowy sterujący pracą pulsatora ćwiartkowego

Fig. 1. The connection scheme between an individual teatcup and controlling devices: 1 – teatcup Anatomic type; 2 – transparent peep-hole containing thermal milk flowmeters; 3 – short milk tube; 4 – milking pipeline; 5 – meter circuit of thermal milk flowmeters; 6 – electronic module of quarter pulsator; 7 – microprocessor recorder of sensors' signals; 8 – Waikato pulsator valves; 9 – air pipeline;  $U_T$  – output signal of thermistor;  $U_{wy}$  – output signal controlling the work of quarter pulsator

Celem pracy była klasyfikacja krzywych wypływu mleka krów dojonych z użyciem nowego aparatu udojowego oraz analiza działania pulsatora ćwiartkowego w poszczególnych fazach doju.

## Metodyka badań

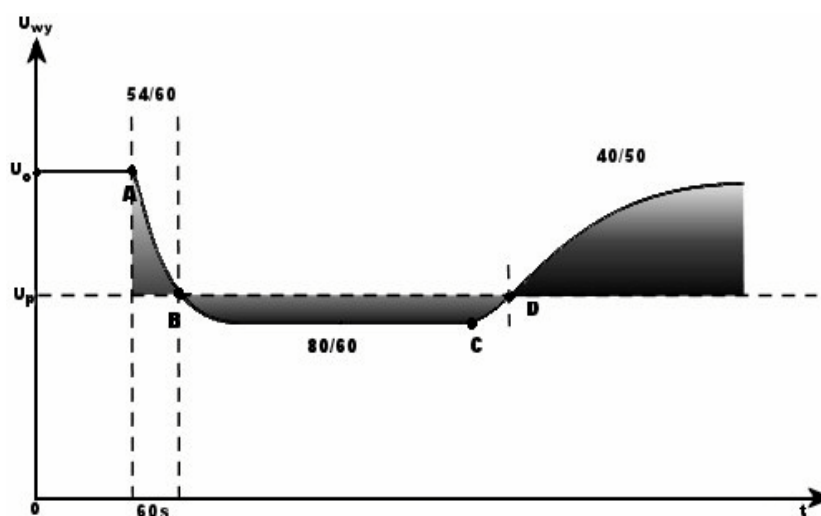
Badania z zastosowaniem ćwiartkowego aparatu udojowego prowadzono wiosną 2006 roku w gospodarstwie niedaleko Jarocina. Użytkuje się tu 22 krowy rasy czarno-białej z domieszką hf o średniej wydajności rocznej około 8000 kg mleka. Przebywają one w oborze wiązanej wyposażoną w dojkarkę rurociągową będącą hybrydą firm WestfaliaSurge i DeLaval. Codzienne doje realizuje się przy użyciu trzech aparatów udojowych, wyposażonych w hydropulsatory HP100, działające przemiennie. Znamionowe parametry pracy pulsatorów są następujące: częstotliwość pulsacji 55 zmian na minutę, współczynnik pulsatora 64%. Podciśnienie robocze instalacji udojowej wynosi około 51 kPa.

Grupa badawcza liczyła siedem krów, które dojono przez tydzień nowym aparatem udojowym rano i wieczorem. Przyjęte parametry pracy pulsatora ćwiartkowego w poszczególnych fazach doju w ćwiartkach wymienia przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Parametry pracy pulsatora ćwiartkowego w czasie badań w gospodarstwie  
Table 1. Work parameters of the quarter pulsator during the research on a dairy farm

Parametr	Faza doju w ćwiartce wymienia		
	początkowa	główna	końcowa
Częstotliwość pulsacji [zmian na minutę]	54	80	40
Współczynnik pulsatora [%]	60	60	50

Na rysunku 2 przedstawiono zależność pomiędzy występowaniem poszczególnych faz doju w pojedynczej ćwiartce wymienia a parametrami pulsatora ćwiartkowego, sterującego pracą kubka udojowego.



Rys. 2. Założone sterowanie przebiegiem doju w pojedynczej ćwiartce wymienia:  $U_o$  – napięcie początkowe [V];  $U_p$  – napięcie sterujące [V]; A – początek wypływu mleka z ćwiartki wymienia; B,D – zmiana parametrów pracy pulsatora; C – zanik wypływu mleka z ćwiartki wymienia

Fig. 2. Assumed control of the course of milking in an individual quarter of the udder:  $U_o$  – initial voltage [V];  $U_p$  – control voltage [V]; A – beginning of milk flow out of a quarter; B,D – change of parameters in pulsator's work; C – end of milk flow out of a quarter

W badaniach związanych z oceną funkcjonalną nowego aparatu udojowego przebieg przedstawiony na rysunku 2 przyjęto jako optymalny (czyli w pełni odpowiadający wcześniejszym założeniom). Szczegółowa jego interpretacja przedstawia się następująco:

- Punkt A (napięcie  $U_0$ ): określa początek wypływu mleka, co jest związane z obniżeniem ustalonej temperatury indykatora wypływu mleka.
- Krzywa A-B: związana jest z fazą rozdajania ćwiartki wymienia. W badaniach przyjęto 60 sekundowy czas zwłoki przełączania parametrów pracy pulsatora, aby program sterujący nie interpretował tej części doju jako fazę końcową. W badaniach przyjęto, że parametry pracy pulsatora w tej fazie doju będą zbliżone do parametrów pulsatora stosowanego w codziennych dojach (ale system pulsacji jest wtedy równoczesny a nie przemienny).
- Punkty B i D (napięcie  $U_p$ ): określają wartość napięcia przełączania parametrów pracy kubka udojowego.
- Krzywa B-C: sygnalizująca fazę ciągłego wypływu mleka z gruczołu. W badaniach przyjęto, że dój ćwiartki w tej fazie doju będzie się odbywał ze zwiększoną częstotliwością. Inspiracją takiego założenia było działanie aparatu udojowego Nu-Pulse [Wiercioch, Szlachta 1996].
- Krzywa C-D: związana jest z fazą końcową doju. Zanik wypływu mleka powoduje nagrzewanie czujnika do jego temperatury początkowej (wyrażonej napięciem  $U_0$ ). Po przekroczeniu wartości progowej  $U_p$  ustalają się „najwolniejsze” (określone według założeń normy PN-92/R-36603) parametry pracy pulsatora ćwiartkowego. Przyjęto, że w takich przypadkach oddziaływanie gumy strzykowej powinno być jak najłagodniejsze.

Sygnaly wyjściowe termicznych indykatorów wypływu mleka (zamontowanych w kubkach udojowych) rejestrowano z częstotliwością co 4 sekundy. Na ich podstawie wyznaczono graficznie przebiegi dojów zachodzących w poszczególnych ćwiartkach wymion krów.

Ze względu na trudności interpretacyjne w przypadku występowania fluktuacji wypływu mleka przyjęto, że materiałem interpretacyjnym pozwalającym zweryfikować działanie nowego aparatu udojowego będą przebiegi „uśrednione”. W tym celu na podstawie dojów porannych i wieczornych wyznaczono nowe krzywe wypływu mleka, uogólniające w poszczególnych gruczołach mlekowych kolejne dni dojów ćwiartkowych krów. Jednakże liczba zarejestrowanych sygnałów wyjściowych termicznych indykatorów wypływu mleka była różna u poszczególnych krów: maksymalnie rejestrowano 32 przebiegi dojów czterech ćwiartek wymienia krowy.

## Wyniki badań i ich omówienie

W trakcie badań uzyskano 192 krzywe wypływu mleka (z czterech ćwiartek wymion krów), które zestawiono w tabeli 2.

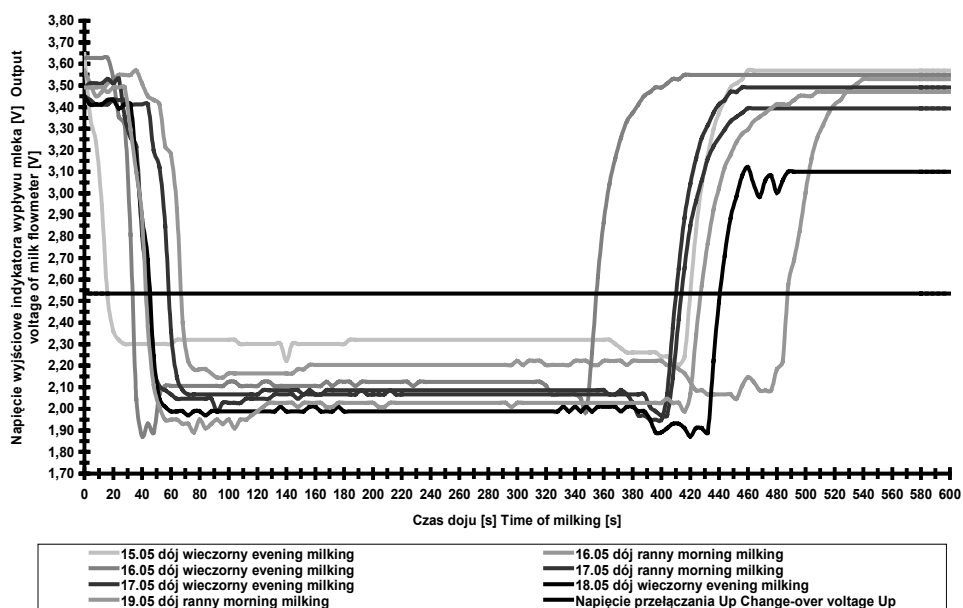
Przyczyną różnej liczby krzywych wypływu mleka od poszczególnych krów było występowanie w trakcie badań zakłóceń przebiegów dojów ćwiartkowych [Jędrus, Lipiński 2007]. Przypadkiem szczególnym jest krowa o numerze oborowym 6279, której prawdopodobnie wadliwa struktura morfologiczna wymienia uniemożliwiła często dój ćwiartkowy.

Analiza funkcjonalna...

Tabela 2. Liczba krzywych wypływu mleka uzyskanych od siedmiu krów  
 Table 2. The number of milking curves obtained from seven cows

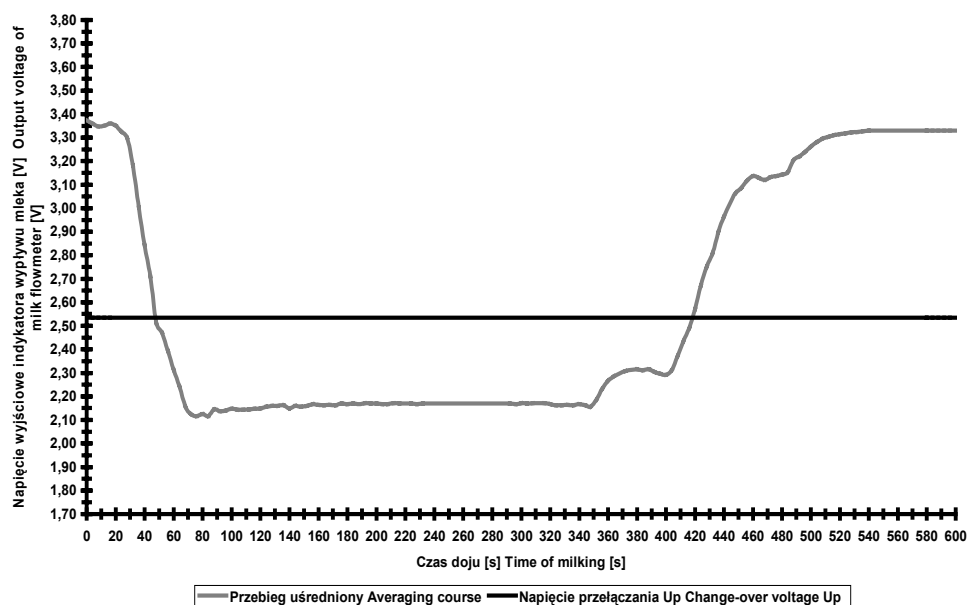
Numer krowy	Doje ćwiartkowe
3022	32
3023	28
3118	28
3120	32
6279	12
6437	32
7697	28
Łącznie	192

Analizy funkcjonalnej nowego aparatu udojowego dokonano w oparciu o 28 przebiegów „uśrednionych” (dla każdej ćwiartki wymienia krowy wyznaczono jeden nowy przebieg). Przykładowe krzywe wypływu mleka z ćwiartki przedniej lewej krowy przedstawiono na rysunku 3.



Rys. 3. Krzywe wypływu mleka z ćwiartki przedniej lewej krowy dojonej ćwiartkowo  
 Fig. 3. Milking curves obtained from the front left quarter of a cow milked with a quarter cluster

Na rysunku 4 pokazano z kolei „uśredniony” przebieg uzyskany na podstawie krzywych zilustrowanych na rysunku 3.



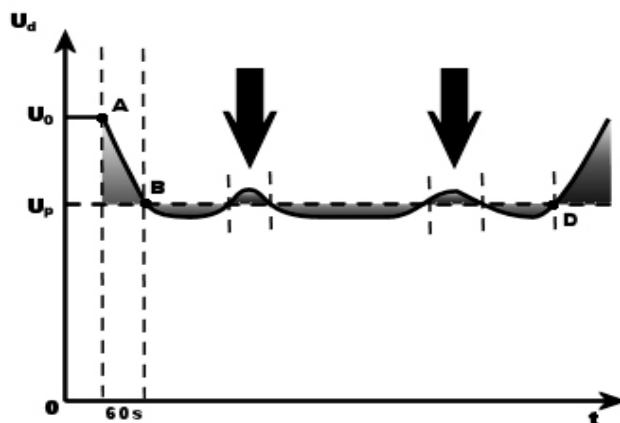
Rys. 4. Nowy przebieg wypływu mleka będący przedmiotem interpretacji  
 Fig. 4. The new curve of milk flow being interpreted

Przeprowadzona analiza krzywych wypływu mleka wykazała, że uzyskano 22 przebiegi dojów, które można uznać za w pełni ćwiartkowe (rys. 2). W tych przypadkach wyraźnie wyodrębnione są trzy fazy doju w ćwiartce, a pulsator dwukrotnie zmieniał swoje parametry pracy.

W sześciu przypadkach uzyskano przebiegi z silnymi fluktuacjami. Sposób pracy pulsatora ćwiartkowego w przypadku występowania fluktuacji wypływu mleka przedstawiono na rysunku 5.

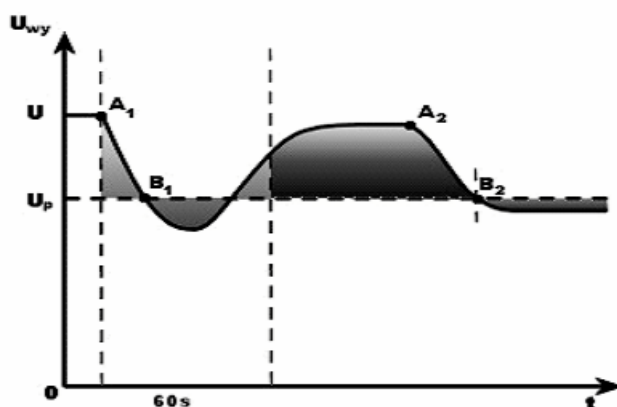
Interpretacja zjawiska przedstawionego na rysunku 5 jest następująca. Po zakończeniu 60-sekundowej zwłoki przełączania parametrów pracy pulsatora zwiększenie wartości napięcia wyjściowego termicznego indykatora wypływu mleka (powyżej wartości napięcia  $U_p$ ) prowadzi do ustalenia nowych „najwolniejszych” parametrów pracy pulsatora ćwiartkowego (strzałki na rysunku 5). Duża liczba przełączeń nie jest korzystna z punktu widzenia stabilności pracy kubka udojowego. Wprawdzie nie stwierdzono w tych przypadkach zwiększonej liczby komórek somatycznych w wydawanym mleku [Jędrus 2007] ale być może była to przyczyna np. spadków aparatu udojowego z wymienia.

Jeżeli specyfika oddawania mleka przez krowy ma z natury charakter fluktuacyjny to problem ten można znacząco ograniczyć poprzez zwiększenie wartości napięcia przełączania  $U_p$ . Działanie takie ma jedna szereg wad, co sygnalizowano w literaturze [Jędrus 2007].



Rys. 5. Przykład przebiegu doju z fluktuacjami wypływu mleka  
 Fig. 5. An example of the course of milking with fluctuation of milk flow

Specyficznym przypadkiem była krowa o numerze oborowym 3118, gdzie zaobserwowano rzadko spotykany przebieg wypływu mleka z wymienia. Po przeprowadzeniu czynności przedudojowych i założeniu kubków udojowych przez około 30 sekund fazy rozdania obserwowano normalny wypływ mleka. Po tym czasie występował jego zanik, trwający przez około 60-70 sekund, po czym już do końca krowa wydajała się bez zakłóceń (rys. 6).



Rys. 6. Specyficzny przebieg wypływu mleka u krowy o numerze oborowym 3118: A<sub>1</sub> – pierwszy wypływ mleka z ćwiartki; B<sub>1</sub> – punkt przełączenia parametrów pracy pulsatora (patrz tekst); A<sub>2</sub> – ponowny wypływ mleka z ćwiartki; B<sub>2</sub> – zwiększenie częstotliwości pulsacji  
 Fig. 6. Specific course of milk flow for a cow 3118: A<sub>1</sub> – first flow of milk out of the quarter; B<sub>1</sub> – moment of changing over the parameters of pulsator's work (see text); A<sub>2</sub> – renewed milk flow out of the quarter; B<sub>2</sub> – increase of pulsation rate

Ze względu na zaprogramowany czas opóźnienia przełączania parametrów pracy pulsatora, pomimo chwilowego ciągłego wypływu mleka z ćwiartki, częstotliwość pulsacji nie zwiększyła się.

Przeprowadzone badania wykazały, że otrzymanie w każdym doju pełnego przebiegu wypływu mleka nie jest możliwe. Przyczyną tego stanu rzeczy jest specyficzna zmienność osobnicza oddawania mleka przez krowy, ponadto zmieniająca się u tych samych sztuk z powodu występowania różnorodnych zakłóceń w produkcji mleka, przebiegu doju czy też pojawiających się zmian fizjologicznych (postęp laktacji, kolejne wycielenia, ruja, leczenie).

Nierozwiązanym problemem pozostaje kwestia optymalnych parametrów pracy pulsatora ćwiartkowego w kolejnych fazach doju. Zarówno w przypadku optymalnych przebiegów ćwiartkowych, jak i przy wszelkich wypływach fluktuacyjnych to badacz musi zdecydować o jego parametrach. W literaturze problem ten jest szeroko dyskutowany [Craig i in. 1991; Østerås i in. 1995] ale w odniesieniu do pulsatorów działających przemiennie lub równocześnie, a nie ćwiartkowo. Nawet w przypadku zmiany parametrów pracy pulsatora ich oddziaływanie odbywa się dla całego wymienia (np. aparat udojowy Nu-Pulse). Niestety nawet autorzy „ćwiartkowego” robota udojowego Astronaut A3 nie podają w literaturze przesłanek wyboru takiej a nie innej zasady jego działania.

## Wnioski

1. Uzyskane przebiegi wypływu mleka potwierdzają, że wypływ mleka z poszczególnych ćwiartek wymion jest indywidualną cechą krów, która może się nieprzewidywalnie zmieniać w kolejnych dojach. Zapewnienie prawidłowego sterowania przebiegiem doju ćwiartkowego jest zatem zagadnieniem złożonym.
2. Dalszy postęp w konstrukcji ćwiartkowego aparatu udojowego powinien obejmować zagadnienia określenia najlepszego sposobu sterowania przebiegiem doju w jego poszczególnych fazach. Programowa struktura pulsatora ćwiartkowego pozwala na bieżące modyfikowanie jego działania bez zmian sprzętowych.

## Bibliografia

- Craig T., Force D., Bremel D., Strasser S. 1991. Effects of pulsation ratio, pulsation rate and teat-cup liner design on milking rate and milk production. *Journal of Dairy Science*. 74. s. 1234-1249.
- Czarnociński F., Lipiński M. 2006. Roboty udojowe. *Rolniczy Przegląd Techniczny*. 5(87) s. 34-37.
- Jędrus A. 2007. Przebieg doju krów z ćwiartkową stymulacją ćwiartek wymienia. Rozprawa doktorska. Maszynopis Instytutu Inżynierii Rolniczej Akademii Rolniczej w Poznaniu.
- Jędrus A., Lipiński M. 2004. Badanie nowego pulsatora ćwiartkowego skonstruowanego w poznańskiej Akademii Rolniczej. *Roczniki AR Poznań*. CCCLXI, Rol. 63. 115-119.
- Jędrus A., Lipiński M. 2007. Właściwości funkcjonalne inteligentnego aparatu udojowego. *Inżynieria Rolnicza* Nr 2(90). s. 71-76.
- Lipiński M. 1991. Dynamika końcowej fazy doju mechanicznego krów w aspekcie jego częściowej automatyzacji. *Rocz. AR Poznań, Rozpr. Nauk.* 213.



- Østerås O., Rønningen O., Sandvik L., Wagge S.** 1995. Fidel studies show associations between pulsator characteristics and udder health. *Journal of Dairy Research*. 62. s. 1-13.
- Wiercioch M., Szlachta J.** 1996. Parametry doju i przepływ powrotny w aparacie udojowym Nu-Pulse. *Rocz. AR Poznań, CCLXXXVI, Rol.* 49. s. 277-282.

## **FUNCTIONAL ANALYSIS OF THE NEW QUARTER MILKING CLUSTER**

**Abstract.** The analyses of the milking curves obtained from cows' udder milked with the use of a quarter milking cluster co-operating with a milking pipeline machine have been shown. According to the analyses, the milk flow out of each quarter is individual feature of every cow which may change unexpectedly in following milkings. In the light of this fact further progress in the construction of the quarter milking cluster should aim at defining its most proper work parameters.

**Key words:** milking machine, cluster, quarter milking

**Adres do korespondencji:**

Aleksander Jędrus; e-mail: aljed@poznan.pl  
Instytut Inżynierii Rolniczej  
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu  
ul. Wojska Polskiego 50  
60-627 Poznań