

METODYCZNE ASPEKTY WYZNACZANIA CZASÓW TRWANIA, WIELKOŚCI ZAKŁÓCENIA I ICH WPŁYWU NA JAKOŚĆ DOJU W DOJARCE RUROCIĄGOWEJ

Danuta Skalska, Mariusz Nejman

Institut Inżynierii Rolniczej, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Streszczenie. Określono zakłócenia w rurociągu mlecznym przez pomiar podciśnienia: za aparatem udojowym, różnicy ciśnień między rurociągiem podciśnienia i mlecznym, w kolektorze, w komorze podstrzykowej. Następnie dla wyżej wymienionych punktów pomiarowych przedstawiono sposoby wyznaczania: maksymalnego spadku podciśnienia, powierzchnię pod zarejestrowanym spadkiem podciśnienia i całkowitą powierzchnię w przypadku wystąpienia przeregulowania (względem podciśnienia ustalonego) przez regulator – tzw. uchyb przejściowy oraz czas trwania zakłócenia.

Słowa kluczowe: czas zakłócenia, wielkość zakłócenia, stała czasowa, uchyb, dojarka rurociągową

Wykaz oznaczeń

$\Delta \max P_k$ – przeregulowanie podciśnienia (maksymalny uchyb odniesiony do wartości podciśnienia ustalonego) np. dla kolektora;

$$\Delta \max P_k = \frac{P_{k1}}{P_{kust}} \cdot 100\% \quad (1)$$

Max P0 – maksymalny spadek podciśnienia (przy regulatorze) od wartości ustalonej,

Max P_k – maksymalny spadek podciśnienia (w kolektorze) od wartości ustalonej,

Max P13 – maksymalny spadek podciśnienia (przed aparatem udojowym) od wartości ustalonej,

S₁ – pole powierzchni pod krzywą zmian podciśnienia w czasie (dla pierwszego spadku podciśnienia P_{k1} (kryterium całkowite),

S_c – całkowite pole powierzchni pod krzywą zmian podciśnienia w czasie (w przypadku wystąpienia drugiego przeregulowania przez regulator podciśnienia,

t₁ – maksymalny czas pierwszego przeregulowania,

t₁₁ – maksymalny czas drugiego przeregulowania,

P634MZ – przykładowo wybrane kodowe oznaczenie konfiguracji pracującej dojarki (informujące; gdzie jest wprowadzane zakłócenie, jaka wielkość zakłócenia, ile pracuje aparatów udojowych o zadanym wypływie cieczy i umiejscowienie aparatu pomiarowego),

Linia bazowa – podciśnienie ustalone początkowe.

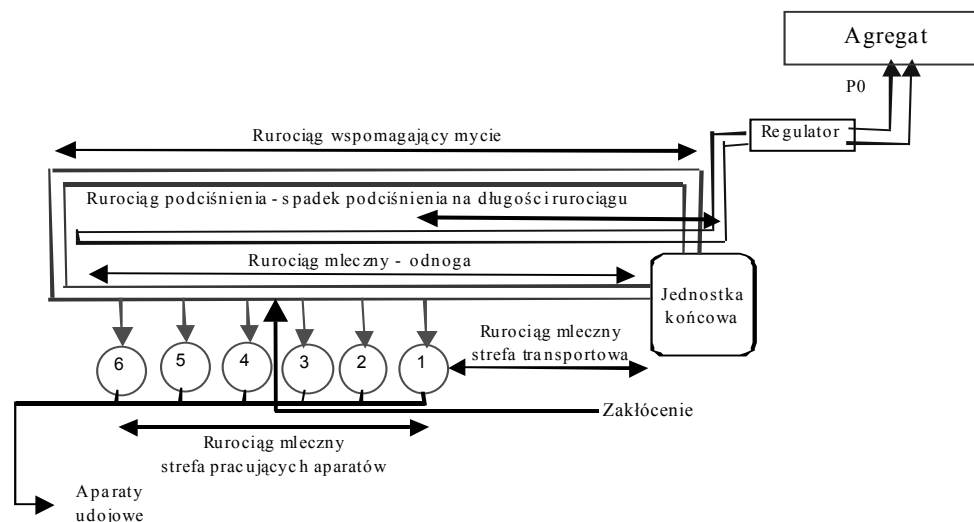
Wstęp

Badania systemów udojowych są prowadzone od dziesięcioleci. W całym procesie kompleksowym doju dojkami rurociągowymi występuje duża ilość zmiennych, która utrudnia badania wpływu każdej zmiennej doświadczalnie. Wymagana jest duża ilość eksperymentów i analiz szeregu parametrów, aby kompleksowo przeanalizować cały system dojenja. W celu lepszego zrozumienia systemów doju i uogólnienia istniejącej wiedzy Tan i in. [1992] przeprowadzili teoretyczną analizę i opracowali model matematyczny opisujący dynamiczne zachowania systemu wytwarzania i regulowania podciśnienia dojarki przy użyciu metody graficznych powiązań. Według ich teorii (modelu) szczegóły systemów podciśnienia zawsze mogą się zmieniać w poszczególnych instalacjach udojowych, ale z punktu widzenia systemu modelowania nie powinno być dużych różnic. Mogą natomiast wystąpić trudności przy tworzeniu samych modeli. W modelach opracowanych wcześniej [Skalska i Szlachta 2006; Tan i in. 1992; Kupczyk A. 1986 b] nie uwzględniano zakłóceń (znacznej ilości powietrza, która może dostać się do instalacji udojowej w wyniku powstania tzw. „awarii typu:” spadanie aparatu, spadanie kubka udojowego, zacinanie się kurków stanowiskowych oraz wystąpienie – w skrajnych przypadkach wyżej wymienionych przyczyn równocześnie). Awarie ww. są przyczyną powstawania znacznych wahań nieregularnych podciśnienia, nakładających się na wahania cykliczne, co wpływa negatywnie na jakość doju, zdrowotność krów [Skalska i in. 2005; Szlachta 2000; Lipiński i Czarnociński 1995]. ponieważ występują znaczne spadki i wahania podciśnienia na końcu strzyka. Zakłócenie i jego wielkość (kształt) po wprowadzeniu do instalacji dojarki rurociąkowej ma istotny wpływ na czas stabilizacji parametrów ciśnieniowych w dojarce rurociąkowej [Skalska i Nejman 2008].

Celem pracy było wyznaczenie parametrów zakłócenia – sygnałów testowych i odpowiedzi na te sygnały w wybranych punktach instalacji dojarki rurociąkowej: w rurociągu mlecznym, między rurociągiem mlecznym i podciśnienia, w kolektorze, w komorze podstrzykowej, na końcu strzyka przez określenie wskaźników jakości sterowania: maksymalny spadek podciśnienia, czas trwania zakłócenia, stała czasowa. Na podstawie analizy statystycznej [Statistica 1997] wskaźniki jakości sterowania opisanych wyżej wymienionych zakłóceń zostaną powiązane z wybranymi parametrami doju w aparacie udojowym.

Metodyka

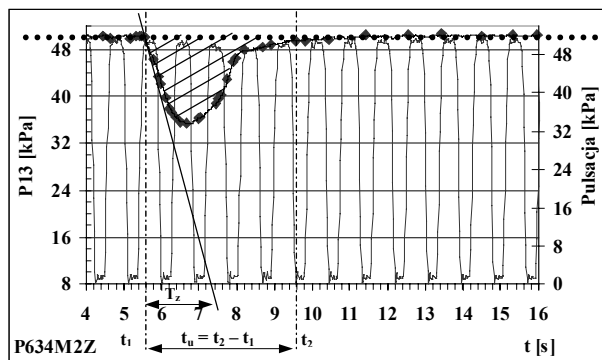
Badania przeprowadzono w laboratorium Instytutu Inżynierii Rolniczej (w Zakładzie Produkcji Zwierzęcej) UP we Wrocławiu. Stanowisko pomiarowe zbudowano w oparciu o dojkę rurociągową (rys. 1). Pomiaru zmian podciśnienia w aparatach udojowych, rurociągu mlecznym wykonano przy pomocy aparatury pomiarowej: czujników podciśnienia, typu PS i PS-SM-100, 50 firmy VIGOTOR. Czujniki umieszczono: w rurociągu mlecznym (przed i za aparatem pomiarowym), między rurociągiem mlecznym i podciśnienia, przy regulatorze, w aparacie udojowym (w komorze podstrzykowej, na końcu strzyka, w komorze międzyściennej kubka udojowego, w kolektorze). Do pomiarów użyto rejestrator 15 kanałowy AKW-15, program „Graf akw” do obróbki danych. Parametry dojarki dobrano według zaleceń normy ISO 5707 i 6690.



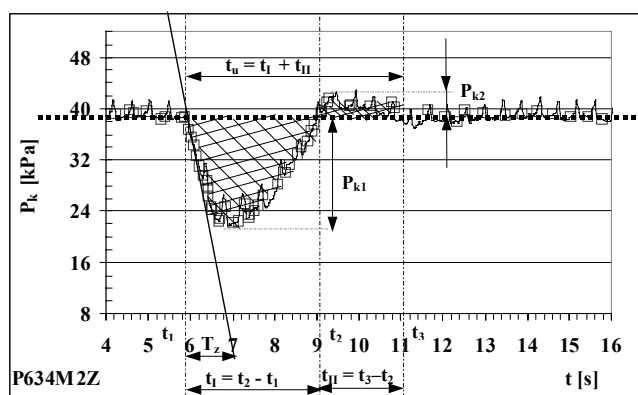
Rys. 1. Schemat blokowy dojarki rurociągowej z uwzględnieniem podziału na segmenty funkcyjne

Fig. 1. Block diagram of pipeline milking machine taking into account division into functional segments

Zmiany parametrów zakłócenia uzyskiwano przez wprowadzenie różnej ilości powietrza (przy różnym ciśnieniu) do rurociągu mlecznego. Wprowadzane do instalacji dojarki zakłócenie to: 10 l normalnego powietrza, 10 l normalnego powietrza sprężonego do 2 at. oraz 20 l normalnego powietrza sprężonego do 3,5 at. Ze względów metrologicznych nie mierzono prędkości ani przepływu masowego wprowadzanego powietrza (zakłócenia) do rurociągu mlecznego. W rzeczywistych układach ww. parametry zakłócenia nie mogą być zmierzone. Natomiast można zmierzyć i wyznaczyć efekty zakłócenia; w rurociągu mlecznym, w aparacie udojowym, czyli maksymalny spadek podciśnienia, pole powierzchni pod krzywą zmian podciśnienia w czasie trwania zakłócenia, czas trwania zakłócenia, stałą czasową zastępczą, przeregulowanie (maksymalny uchyb przejściowy o kierunku przeciwnym niż maksymalny uchyb początkowy odniesiony do podciśnienia ustalonego) [Gutenbaum; 1975, Kowalowski 1984]. Określono zakłócenia w rurociągu mlecznym przez pomiar podciśnienia: przed aparatem pomiarowym P13, za aparatem pomiarowym P14, różnicę podciśnienia między rurociągami (podciśnienia i mlecznym) dP_3 , w kolektorze, w komorze podstrzykowej i na końcu strzyka. Następnie dla wyżej wymienionych punktów pomiarowych wyznaczono wybrane tzw. wskaźniki jakości sterowania (rys. 2 i 3): maksymalny spadek podciśnienia, powierzchnię pod zarejestrowanym spadkiem podciśnienia (zastosowano kryterium całkowite, które określa pole powierzchni pod krzywą zmian podciśnienia w czasie rys. 2), czas trwania spadków podciśnienia (tzw. czas ustalenia) - $t_u = t_2 - t_1$, stałą czasową zastępczą T_z i całkowitą powierzchnię, w przypadku wystąpienia drugiego przeregulowania przez regulator podciśnienia (rys. 3) oraz całkowity czas ustalenia podciśnienia $t_u = t_1 - t_{II}$ zgodnie z podstawowymi prawami i zasadami stosowanymi w automatyce (dla zautomatyzowanych obiektów z regulatorami) [Szopliński 1980; Gutenbaum 1975].



Rys. 2. Wpływ wprowadzonego zakłócenia (10 l normalnego powietrza sprężonego do 2 at.) w czasie na zmiany podciśnienia w rurociągu mlecznym przed aparatem pomiarowym $P13$ dla czterech podłączonych aparatów udojowych o zadanym wypływie cieczy $4 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$, ($t_u = t_2 - t_1$ - czas ustalania się zmian podciśnienia $P13$, T_z - stała czasowa zastępcza)
 Fig. 2. The impact of let in disturbance (10 l of normal air compressed to 2 atm.) in time on negative pressure changes in milk pipeline before measuring apparatus $P13$ for four connected milking apparatuses with preset liquid outflow $4 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$, ($t_u = t_2 - t_1$ - stabilisation time for negative pressure changes in $P13$, T_z - substitute time-constant)

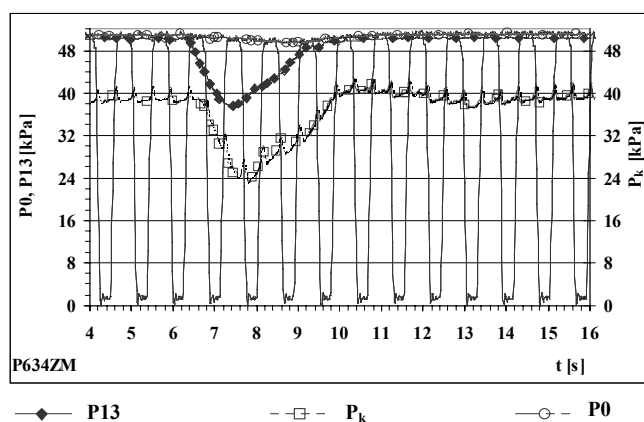


Rys. 3. Wpływ wprowadzonego zakłócenia (10 l normalnego powietrza sprężonego do 2 at.) w czasie na zmiany podciśnienia w kolektorze P_k dla czterech podłączonych aparatów udojowych o zadanym wypływie cieczy $4 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$, ($t_u = t_1 + t_{II}$ - czas ustalania się zmian podciśnienia w kolektorze P_k , T_z - stała czasowa zastępcza, obszar zakreskowany - powierzchnia pod krzywą zmian podciśnienia P_k)
 Fig. 3. The impact of let in disturbance (10 l of normal air compressed to 2 atm.) in time on negative pressure changes in P_k collector for four connected milking apparatuses with preset liquid outflow $4 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$, ($t_u = t_1 + t_{II}$ - stabilisation time for negative pressure changes in P_k collector, T_z - substitute time-constant, hatched surface - area under negative pressure change curve P_k)

Zmiany podciśnienia P_{13} w rurociągu mlecznym przed aparatem udojowym (rys. 2) i zmiany podciśnienia w kolektorze P_k (rys. 3), po wprowadzeniu zakłócenia 10 l normalnego powietrza sprężonego do 2 at. (dla czterech aparatów udojowych podłączonych do instalacji dojarki rurociągowej) wybrano przykładowo, aby przedstawić obrazowo sposób wyznaczania charakterystycznych wskaźników jakości sterowania. Pole powierzchni pod krzywą zmian podciśnienia w czasie (w wybranych punktach instalacji dojarki rurociągowej) wiąże ze sobą oddziaływanie dwóch parametrów jakości sterowania; czas trwania zakłócenia i przeregulowanie (zależność 1), które możemy określić względem wartości ustalonej podciśnienia. Tą samą wartość zmian parametru możemy osiągnąć przez duży spadek podciśnienia w krótkim czasie trwania lub mały spadek podciśnienia w dłuższym czasie. Natomiast stała czasowa T_z (rys. 2, 3) określa nam szybkość spadku podciśnienia.

Wyniki badań i dyskusja

Przykładowo przedstawiono wpływ zakłócenia wprowadzonego do rurociągu mlecznego (10 l normalnego powietrza – 1 at., 10 l normalnego powietrza sprężonego do 2 at. i 20 l normalnego powietrza sprężonego do 3,5 at.) na zmiany podciśnienia w czasie, w wybranych punktach instalacji dojarki (P_0 , P_{13} , P_k) dla czterech podłączonych aparatów udojowych o zadanym wypływie cieczy z aparatów $4 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ (rys. 4, 5, 6). Odczytane z wykresów parametry jakościowe regulacji przedstawiono w tabelach 1, 2, 3.



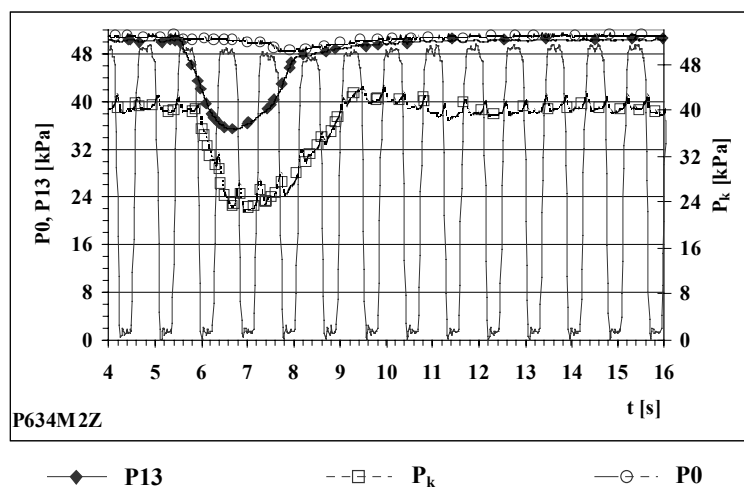
Rys. 4. Wpływ wprowadzonego zakłócenia (10 l normalnego powietrza 1 at.) w czasie na zmiany podciśnienia; w rurociągu mlecznym przed aparatem pomiarowym P_{13} , przy regulatorze P_0 , w kolektorze P_k dla czterech podłączonych aparatów udojowych o zadanym wypływie cieczy $4 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$

Fig. 4. The impact of let in disturbance (10 l of normal air at 1 atm.) in time on negative pressure changes; in milk pipeline before measuring apparatus P_{13} , at control unit P_0 , in collector P_k for four connected milking apparatuses with preset liquid outflow $4 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$

Tabela 1. Wpływ zakłócenia (10 l normalnego powietrza 1 at.) wprowadzanego do instalacji dojarki na zmiany podciśnienia; P_{13} , P_0 , P_k i wybrane wskaźniki jakości sterowania dla czterech podłączonych aparatów udojowych o zadanym wypływie cieczy $4 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$

Table 1. The impact of disturbance (10 l of normal air at 1 atm.) let into milking machine installation on negative pressure changes; P_{13} , P_0 , P_k and selected control quality indicators for four connected milking apparatuses with preset liquid outflow $4 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$

P0 dla P634ZM					
Linia bazowa	t_I [s]	t_{II} [s]	Max P0 [kPa]	S_I	S_c
50,9	4,2	0	1,6	52,2	52,2
P13					
Linia bazowa	t_I [s]	t_{II} [s]	Max P13 [kPa]	S_I	S_c
50,2	4,2	0	12,9	366,7	366,7
P_k (w kolektorze)					
Linia bazowa	t_I [s]	t_{II} [s]	Max P_k [kPa]	S_I	S_c
38,9	3,7	4,1	15,9	406,7	365,6



Rys. 5. Wpływ wprowadzonego zakłócenia (10 l normalnego powietrza sprężonego do 2 at.) w czasie na zmiany podciśnienia; w rurociągu mlecznym przed aparatem pomiarowym P_{13} , przy regulatorze P_0 , w kolektorze P_k dla czterech podłączonych aparatów udojowych o zadanym wypływie cieczy $4 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$

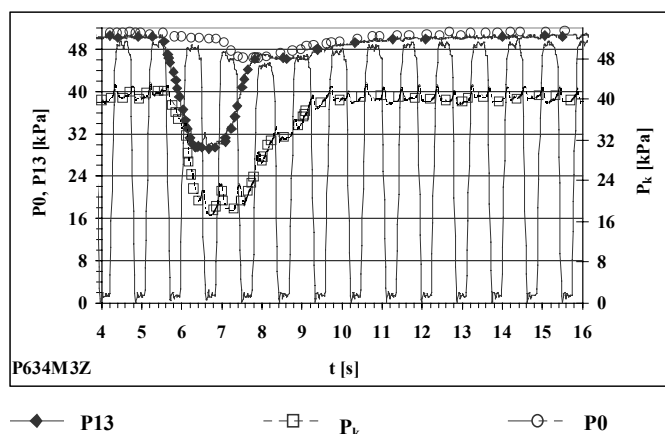
Fig.5. The impact of let in disturbance (10 l of normal air compressed to 2 atm.) in time on negative pressure changes; in milk pipeline before measuring apparatus P_{13} , at control unit P_0 , in collector P_k for four connected milking apparatuses with preset liquid outflow $4 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$

Metodyczne aspekty wyznaczania...

Tabela 2. Wpływ zakłócenia (10 l normalnego powietrza sprężonego do 2 at.) wprowadzanego do instalacji dojarki na zmiany podciśnienia; P13, P0, P_k i wybrane wskaźniki jakości sterowania dla czterech podłączonych aparatów udojowych o zadanym wypływie cieczy 4 l·min⁻¹

Table 2. The impact of disturbance (10 l of normal air compressed to 2 atm.) let into milking machine installation on negative pressure changes; P13, P0, P_k and selected control quality indicators for four connected milking apparatuses with preset liquid outflow 4 l·min⁻¹

P0 dla P634M2Z					
Linia bazowa	t _I [s]	t _{II} [s]	Max P0 [kPa]	S _I	S _c
50,9	2,0	4,7	2,5	78,6	76,4
P13					
Linia bazowa	t _I [s]	t _{II} [s]	Max P13 [kPa]	S _I	S _c
50,2	2,6	2	14,9	401,3	446,6
P _k (w kolektorze)					
Linia bazowa	t _I [s]	t _{II} [s]	Max P _k [kPa]	S _I	S _c
39,0	3,7	4,4	17,3	505,8	500,9



Rys. 6. Wpływ wprowadzonego zakłócenia (20 l normalnego powietrza sprężonego do 3,5 at.) w czasie na zmiany podciśnienia; w rurociągu mlecznym przed aparatem pomiarowym P13, przy regulatorze P0, w kolektorze P_k dla czterech podłączonych aparatów udojowych o zadanym wypływie cieczy 4 l·min⁻¹

Fig. 6. The impact of let in disturbance (20 l of normal air compressed to 3.5 atm.) in time on negative pressure changes; in milk pipeline before measuring apparatus P13, at control unit P0, in collector P_k for four connected milking apparatuses with preset liquid outflow 4 l·min⁻¹

Tabela 3. Wpływ zakłócenia (20 l normalnego powietrza sprężonego do 3,5 at.) wprowadzanego do instalacji dojarki na zmiany podciśnienia; P_{13} , P_0 , P_k i wybrane wskaźniki jakości sterowania dla czterech podłączonych aparatów udojowych o zadanym wypływie cieczy $4 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$

Table 3. The impact of disturbance (20 l of normal air compressed to 3.5 atm.) let into milking machine installation on negative pressure changes; P_{13} , P_0 , P_k and selected control quality indicators for four connected milking apparatuses with preset liquid outflow $4 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$

dla P634M3Z					
P0					
Linia bazowa	t_I [s]	t_{II} [s]	Max P0 [kPa]	S_I	S_c
51,0	5,1	2,3	4,8	188,5	192,4
P13					
Linia bazowa	t_I [s]	t_{II} [s]	Max P13 [kPa]	S_I	S_c
50,3	2,6	4,5	21,8	524,8	642,6
P_k (w kolektor)					
Linia bazowa	t_I [s]	t_{II} [s]	Max P_k [kPa]	S_I	S_c
39,0	4,2	0	22,6	697,8	697,8

Ze wzrostem zakłócenia rośnie wartość szczytowa zmian spadków podciśnienia w kolektorze i przy regulatorze. Podobnie rośnie pole pod krzywą zmian podciśnienia ww. punktach instalacji dojarki rurociągowej. Natomiast czasy ustalania zmian podciśnienia gwałtownie maleją dla zakłócenia (20 l - 3,5 at. rys. 6). Wyjaśnieniem tego zjawiska jest reakcja regulatora na zakłócenie wprowadzane do instalacji dojarki dla zakłócenia (10 l normalnego powietrza) odpowiedź regulatora jest mało widoczna. Natomiast dla zakłócenia (20 l normalnego powietrza sprężonego do 3,5 at.), mimo widocznego czasu opóźnienia (czas dotarcia sygnału z rurociągu mlecznego do regulatora) jest znacznie krótszy. Za stabilizację podciśnienia w rurociągu, dla przedstawionych warunków, odpowiada nie tylko regulator, ale pojemność całej instalacji dojarki rurociągowej. Szczególnie jest to widoczne dla czasów opóźnienia.

W następnych artykułach zostanie przedstawiona analiza wpływu zakłócenia (wskaźników jakości sterowania ww.) na wybrane parametry pracy aparatów udojowych i układu regulacyjnego.

Wnioski

1. Znając wyznaczone wskaźniki jakości sterowania efektów zakłócenia można (niezależnie od źródła pochodzenia zakłócenia) opisać zmiany parametrów doju w dojarce rurociągowej.
2. Wyznaczone parametry efektów zakłócenia mogą zostać wykorzystane jako sygnały sterujące w celu przeciwdziałania negatywnym wpływom zakłócenia na optymalną pracę dojarki rurociągowej.

Bibliografia

- Gutenbaum J.** 1975. Problemy teorii regulatorów. WNT. Warszawa.
- Lipiński M., Czarnociński F.** 1995. Analiza zmian podciśnienia zachodzących w aparacie udojowym Harmony. Roczn. AR Poznań, Rolnictwo, 46. s. 45-51.
- Kowalowski H.** 1984. Automatyzacja dyskretnych procesów przemysłowych. WNT. Warszawa.
- Kupczyk A.** 1986 b. Spadki i wahania podciśnienia w rurociągu mlecznym dojarek przewodowych. Cz. II. Spadki podciśnienia w poziomym rurociągu mlecznym. Roczn. Nauk Rol. T. 77-C-1. s. 35-41.
- Skalska D, Szlachta J, Nejman M.** 2005. Stabilność podciśnienia w rurociągu mlecznym dojarki przewodowej przy zmiennym obciążeniu. Electronic Journal of Polish Agricultural Universities [on line]. 2005. Volume 8 Issue 1. [07.03.2005]. Dostępne w Internecie: <http://www.ejpau.media.pl/issues/volume1>
- Skalska D, Szlachta J.** 2006. Roczniki Rosyjskiej Akademii Nauk. Математическо описание воздействия внешних факторов на параметры доения трувопроводными установками. s. 64-72.
- Skalska D, Nejman M.** 2008. Analiza wpływu zakłóceń na wybrane parametry doju w dojarce rurociągowej. Inżynieria Rolnicza. 5(103). Kraków. s. 249-257.
- Szlachta J.** 2000. Wpływ typu aparatu udojowego oraz wielkości i rozwiązanie konstrukcyjnego kolektora na kształtowanie się parametrów doju maszynowego krów o dużej wydajności mlecznej. KBN. IIR AR Wrocław. Maszynopis.
- Szopliński Z.** 1980. Automatyka stosowana. WK i Ł. Warszawa. ISBN 83-206-0011-1.
- Tan J, Janni K.A, Stelson K.A.** 1992. Mathematical modeling of milking machine vacuum systems. Transactions of the ASAE 35(1), s. 327-332.
- ISO 5707. 2007. Milking machine installations - Construction and performance
- ISO 6690. 2007. Milking machine installations - Mechanical tests
- Statistica 1997: Statsoft Polska.

METHODIC ASPECTS OF DETERMINING DURATIONS, DISTURBANCE SIZE, AND THEIR IMPACT ON MILKING QUALITY IN PIPELINE MILKING MACHINE

Abstract. The research allowed to determine disturbances in milk pipeline by vacuum (negative pressure) measurement: after milking apparatus, differential pressure between vacuum and milk pipeline, in collector, in chamber under teats. Then, for the above-mentioned measurement points, the work presents methods allowing to determine the following: maximum negative pressure drop, area under recorded negative pressure drop, and total area in case of readjustment (with regard to preset negative pressure value) by control unit – the so-called temporary deviation and disturbance duration.

Key words: disturbance time, disturbance size, time-constant, deviation, pipeline milking machine

Adres do korespondencji:

Danuta Skalska - e-mail; danuta.skalska@up.wroc.pl
Instytut Inżynierii Rolniczej
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
ul. Chełmońskiego 37/41
51-630 Wrocław