

BADANIA TEMPERATURY POWIERZCHNI TERMOANEMOMETRYCZNYCH INDYKATORÓW WYPIŁYWU MLEKA Z ZASTOSOWANIEM KAMERY TERMOWIZYJNEJ

Streszczenie

Celem pracy było określenie temperatury powierzchni termooanemometrycznych indykatorów wypływu mleka stosowanych w konstrukcji ćwiartkowego aparatu udojowego. Do pomiarów temperatury stosowano kamerę termowizyjną Flir I40. Uzyskane wyniki badań wykazały, że progowa wartość natężenia prądu zasilania termooanemometrycznych indykatorów wypływu mleka, przy której zachodzi zjawisko denaturacji białka mlekowego (od temperatury 63 °C) wynosi około 450 mA.

Słowa kluczowe: termowizja, termooanemometr, dój ćwiartkowy

Wprowadzenie

W Instytucie Inżynierii Biosystemów Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu opracowano ćwiartkowy aparat udojowy, umożliwiający indywidualne sterowanie pracą kubków udojowych w zależności od fazy doju płata wymienia krowy [7]. Do detekcji spływu mleka z ćwiartek wymion krowy stosowane są termooanemometryczne indykatory wypływu mleka zamontowane w kubkach udojowych, zasilane ze specjalizowanego źródła prądowego [9].

W trakcie badań z użyciem nowego systemu udojowego w warunkach oborowych zaobserwowano zjawisko osadzania się związków zdenaturowanego białka na powierzchni sensora termooanemometrycznego, co prowadziło do zakłóceń sterowania przebiegiem dojów ćwiartkowych [10].

Jednym ze sposobów ograniczenia intensywności denaturacji białka mlekowego na powierzchni czujnika jest zmniejszenie temperatury pracy (a tym samym natężenia prądu zasilania) sensora termooanemometrycznego [1, 9]. Innym rozwiązaniem jest stosowanie odpowiedniego materiału osłonowego na powierzchni czujników [10, 14].

Wpływ natężenia prądu zasilania na temperaturę powierzchni termooanemometrów jest w literaturze zagadnieniem słabo rozpoznanym [16]. Istotnym zagadnieniem jest sposób pomiaru temperatury powierzchni sensora termooanemometrycznego. Zagadnienie to może być rozwiązane za pomocą termometrów stykowych lub bezstykowych [12]. W pierwszym przypadku, aby dokonać dokładnego pomiaru, należy przymocować czujnik temperatury (na przykład termoparę lub czujnik rezystancyjny) do powierzchni, co może okazać się trudnym zadaniem. Czujnik musi cechować małą wartość stałej bezwładności, aby uniknąć rozpraszania się ciepła, a przy tym nie może oderwać się pod wpływem wibracji i innych naprężeń [12]. Ponadto, przy stykowej metodzie pomiaru temperatury powierzchni, może wystąpić błąd dynamiczny pomiaru [12]. W przypadku bezstykowych metod pomiarów temperatury (z użyciem pirometrów lub kamer termowizyjnych) istniejące pole temperaturowe nie ulega zakłóceniom [12]. Pomiaru termowizyjne są aktualnie powszechnie wykorzystywane do jakościowej identyfikacji takich zjawisk, jak: przegrzewanie się elementów elektrycznych i elektronicznych, równomierność rozdziału temperatury w urządzeniach technicznych i innych [4, 5].

Również w weterynarii i wybranych obszarach produkcji zwierzęcej obserwuje się zainteresowanie termowizją [11, 13].

Cel pracy

Celem pracy było określenie temperatury powierzchni termooanemometrycznych indykatorów wypływu mleka stosowanych w konstrukcji ćwiartkowego aparatu przy różnych wartościach natężenia prądu zasilania. Do pomiarów temperatury stosowano kamerę termowizyjną Flir I40. Dodatkowo zarejestrowano obrazy termowizyjne urządzeń elektronicznych źródła prądowego.

Materiał i metody

Badania przeprowadzono w laboratorium Instytutu Inżynierii Rolniczej Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu. Obiektem badań był termistor NTC110 firmy Tewa Temperature Sensors Sp. z o.o. z Lublina, stosowany jako sensor termooanemometryczny [2, 9]. W celu dostosowania termistora NTC 110 do pracy w układzie termooanometru konwekcyjnego stałoprądowego [1] do jego zasilania zastosowano wysokostabilne regulowane źródło prądowe, opracowane w Instytucie Inżynierii Biosystemów Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu wraz z firmą Polanes z Bydgoszczy. Konstrukcja źródła bazuje na tranzystorze TIP 122 (zamontowanym na radiatorze) i elektronicznym układzie sterującym zbudowanym w oparciu o wzmacniacz operacyjny TL084.

Do pomiarów temperatury powierzchni sensora termooanemometrycznego zastosowano kamerę termowizyjną Flir I40, o następujących wybranych parametrach [15]:

- rozdzielczość obrazu termowizyjnego: 120 x 120 pikseli;
- zakres temperatur: -20°C do +120°C, 0 do 350°C;
- dokładność: ±2°C lub ±2% odczytu;
- tryb rejestracji danych: obraz termowizyjny w świetle widzialnym, równoczesne zapisywanie obrazów termowizyjnych i obrazów widzialnych;
- korekcja emisyjności: zmienna od 0,01 do 1,0 lub wybierana z listy materiałów.

Pozostałe dane techniczne kamery termowizyjnej Flir I40 dostępne są na stronie internetowej producenta [15]. W czasie badań wykonano dwadzieścia pomiarów temperatury

powierzchni termooanemometru przy różnych wartościach natężenia prądu zasilania termistora (od 100 do 1150 mA). Przy użyciu amperomierza cyfrowego Brymen 857a kontrolowano stabilność prądu zasilania sensora termooanemometrycznego. Ponadto zarejestrowano obrazy termowizyjne płytki elektronicznej oraz radiatora źródła prądowego. Komputerową analizę, jak i wizualizację termowizyjną badanego termooanemometru i urządzeń elektronicznych realizowano z użyciem oprogramowania *FLIR QuickReport* dołączonego do kamery.

Wyniki badań

W tab. 1 zestawiono wyniki badań pomiarów temperatury powierzchni termooanemometrycznego indykatora wypływu mleka w zależności od natężenia prądu zasilania.

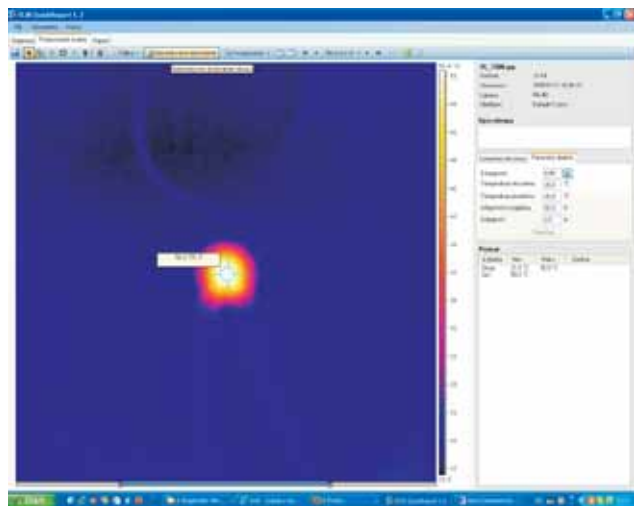
Tab. 1. Wyniki badań temperatury powierzchni termooanemometrów z zastosowaniem kamery termowizyjnej (Źródło: opracowanie własne)

Table 1. The research results of surface temperature of hot-wire anemometers with the use of a thermal imaging camera (Source: own research)

I_{zas} [mA]	T [°C]	I_{zas} [mA]	T [°C]	I_{zas} [mA]	T [°C]	I_{zas} [mA]	T [°C]
100	28,9	350	55,6	600	75,8	850	90,7
150	35,1	400	60,2	650	77,0	900	92,9
200	39,9	450	64,3	700	79,9	950	95,9
250	44,9	500	68,2	750	83,4	1000	99,1
300	50,3	550	72,6	800	86,8	1150	105,5

Wykaz oznaczeń:
 I_{zas} - natężenie prądu zasilania sensora termooanemometrycznego (maksymalna wydajność źródła prądowego = 1150 mA) [mA];
 T - temperatura powierzchni sensora termooanemometrycznego [°C].

Przykładowy obraz termowizyjny sensora termooanemometrycznego zasilanego prądem elektrycznym o natężeniu równym 550 mA przedstawia rys. 1.



Źródło: opracowanie własne / Source: own research

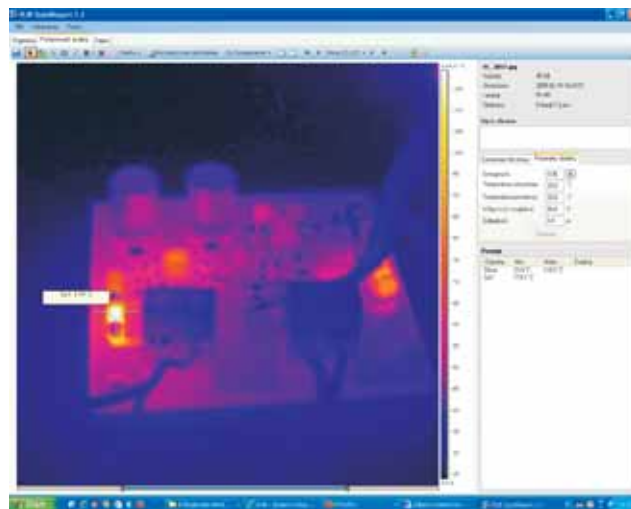
Rys. 1. Temperatura powierzchni termooanemometru zasilanego prądem o natężeniu 550 mA

Fig. 1. Surface temperature of a hot-wire anemometer supplied with current of 550 mA intensity

Na podstawie uzyskanych wyników badań stwierdzono, że progowa wartość natężenia prądu zasilania termooanemometrycznych indykatorów wypływu mleka, przy której zachodzi zjawisko denaturacji białka mlekowego (od temperatury 63°C [3]) wynosi około 450 mA. Mniejsze wartości prądu zasilania teoretycznie nie powinny dopro-

wadzać do pojawiania się zjawiska denaturacji białka mlekowego na powierzchni termooanemometrów. Niższe wartości natężenia prądu zasilania powodują zmniejszenie czułości detekcji splywu mleka z ćwiartek wymion krów, co może prowadzić do zakłócania sterowania przebiegiem dojów ćwiartkowych. W szczególności w końcowej fazie po zaniku splywu mleka z ćwiartek wymion krów dynamika nagrzewania termooanemometrycznych indykatorów wypływu mleka wpływa na szybkość przełączania parametrów pracy pulsatora w chwili wystąpienia pustodojów płatów wymion krów [8, 9].

Na rys. 2 przedstawiono przykładowy obraz termowizyjny płytki elektronicznej źródła prądowego przy maksymalnej wydajności źródła prądowego równej 1150 mA.



Źródło: opracowanie własne / Source: own research

Rys. 2. Obraz termowizyjny powierzchni płytki elektronicznej źródła prądowego przy maksymalnej wydajności źródła prądowego równej 1150 mA

Fig. 2. Image of electronic plate of current source in the infrared frequency with maximum current supply output equal to 1150 mA

Analiza obrazów termowizyjnych umożliwia ocenę rozkładu temperatur na powierzchni radiatora przez tranzystor wykonawczy źródła prądowego. Warunkiem prawidłowej pracy źródła prądowego oraz zachowania dużej stabilności natężenia prądu zasilania sensorów termooanemometrycznych jest prawidłowy montaż tranzystora do radiatora oraz skuteczne odprowadzanie nadmiaru ciepła z płytki elektronicznej zamontowanej w obudowie [6]. Elementem silnie nagrzewającym się w czasie pracy źródła prądowego jest na przykład rezystor pomiarowy, co ilustruje rys. 2.

Podczas pomiarów z użyciem kamery termowizyjnej należy z ostrożnością podchodzić do uzyskanych obrazów termowizyjnych, jako wzorców wartości temperatur [4]. Wynika to z ograniczeń uniemożliwiających ustalenie dokładnych parametrów emisyjności danej powierzchni: sensora termooanemometrycznego i różnorodnych elementów elektronicznych źródła prądowego [4].

Dużą zaletą bezkontaktowych pomiarów temperatury z użyciem kamery termowizyjnej jest możliwość weryfikacji poprawności działania urządzeń elektronicznych współpracujących z termooanemometrycznymi indykatorami wypływu mleka bezpośrednio na stanowiskach udojowych w oborze. Wadą kamer termowizyjnych pozostaje duży koszt ich zakupu.

Wnioski

1. Progowa wartość natężenia prądu zasilania termooanemometrycznych indykatorów wypływu mleka, przy

której zachodzi zjawisko denaturacji białka mlekowego (od temperatury 63°C) wynosi około 450 mA.

- Zastosowanie kamery termowizyjnej umożliwia weryfikację poprawności działania urządzeń elektronicznych współpracujących z termooanemometrycznymi indykatorami wpływu mleka bezpośrednio na stanowiskach udojowych w oborze.

Bibliografia

- [1] Biernacki Z.: Sensory i systemy termooanemometryczne. Wydawnictwo Komunikacji i Łączności. Warszawa, 1997. ISBN 83-206-1219-5.
- [2] Borczyński J., Dumin P., Mliczewski A.: Podzespoły elektroniczne. Półprzewodniki. Wydawnictwo Komunikacji i Łączności. Warszawa, 1990. ISBN 83-206-1556-9.
- [3] Budzłowski J.: Zarys chemii mleka. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne. Warszawa, 1971.
- [4] Galla S., Konczakowska A.: Zastosowanie termografii w diagnostyce i badaniach urządzeń elektronicznych. Pomiar Automatyka Kontrola, 2013, vol. 59, nr 4: 345-348.
- [5] Hulewicz A.: Kamera termowizyjna w diagnostyce urządzeń elektronicznych. Elektronika, 2012, 7: 107-110.
- [6] Jaworowska M.: Chłodzenie urządzeń elektronicznych i elektrycznych - powietrzem i cieczą. Elektronik, 2013, 12: 68-71.
- [7] Jędrus A.: Przebieg doju krów z maszynową stymulacją ćwiartek wymienia. Rozprawa doktorska. Maszynopis Instytutu Inżynierii Rolniczej Akademii Rolniczej im. A. Cieszkowskiego w Poznaniu, 2007.
- [8] Jędrus A.: Wybrane problemy sterowania przebiegiem dojów ćwiartkowych. XV Międzynarodowa Konferencja Naukowa "Problemy intensyfikacji produkcji zwierzęcej z uwzględnieniem ochrony środowiska i standardów Unii Europejskiej", IBMER, Warszawa: 2009, 43-46.
- [9] Jędrus A.: Metodyka badań wybranych własności metrologicznych termooanemometrycznych indykatorów wpływu mleka z zastosowaniem techniki mikroprocesorowej. Inżynieria Rolnicza, 2010, Nr 7(125): 81-86.
- [10] Jędrus A., Lipiński M.: Zagadnienia ochrony powierzchni czujników termooanemometrycznych przepływomierzy mleka przed skutkami denaturacji białek. Poznańskie Towarzystwo Przyjaciół Nauk. Wydział Nauk Rolniczych i Leśnych, Tom 100: 347-350, 2006.
- [11] Jędrus A., Lipiński M.: Koncepcja monitoringu temperatury ciała cieląt. Inżynieria Rolnicza, 2010, Nr 1(119): 229-234.
- [12] Michalski L., Eckersdorf K., Kucharski J.: Termometria. Przyrządy i metody. Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej, 1998. ISBN 83-87198-53-6.
- [13] Paulrud C.O., Clausen S., Andersen P.E., Rasmussen M.D.: Infrared thermography and ultrasonography to indirectly monitor the influence of liner type and overmilking on teat tissue recovery. Acta Veterinaria Scandinavica, 2005, 46(3): 137-47.
- [14] Rzepecka M.: Wpływ wybranych materiałów osłonowych elektronicznych termooanometrów na intensywność denaturacji białek mleka. Praca magisterska. Maszynopis Instytutu Inżynierii Rolniczej Akademii Rolniczej im. A. Cieszkowskiego w Poznaniu, 2007.
- [15] Strona internetowa: www.flir.com.
- [16] Sworowska W.: Zastosowanie termooanometrii w wybranych obszarach inżynierii rolniczej. Praca inżynierska. Maszynopis Instytutu Inżynierii Biosystemów Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, 2011.

THE RESEARCH OF SURFACE TEMPERATURE OF HOT-WIRE MILK FLOW INDICATORS WITH THE USE OF A THERMAL IMAGING CAMERA

Summary

The purpose of this research is to define surface temperature of hot-wire milk flow indicators used in the construction of a quarter milking cluster. A thermal imaging camera Flir I40 has been used to measure the temperature. The research results have indicated that threshold value of current supply intensity for hot-wire milk flow indicators at which the process of milk protein denaturation occurs (up from temperature of 63°C) amounts to about 450 mA.

Key words: heat detection, hot-wire anemometer, quarter milking



KOSZTY PRACY MASZYN LEŚNYCH

ISBN 978-83-927505-2-9

Wydawca: Przemysłowy Instytut Maszyn Rolniczych
60-963 Poznań, ul. Starołęcka 31
tel. 061 87-12-200; fax 061 879-32-62;
e-mail: office@pimr.poznan.pl; Internet: <http://www.pimr.poznan.pl>