

METODYKA BADAŃ WYBRANYCH WŁASNOŚCI METROLOGICZNYCH TERMOANEMOMETRYCZNYCH INDYKATORÓW WYPŁYWU MLEKA Z ZASTOSOWANIEM TECHNIKI MIKROPROCESOROWEJ

Aleksander Jędrus

Instytut Inżynierii Rolniczej, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Streszczenie. Praca przedstawia metodykę badań wybranych własności metrologicznych termistorów stosowanych w ćwiartkowym aparacie udojowym jako termooanemometryczne indykatory wypływu mleka. Obiektem badań są termistory NTC 110, montowane w kubkach udojowych i eksploatowane na stanowisku udojowym w oborze mlecznej. Do badań laboratoryjnych wykorzystywane jest zaprojektowane i zbudowane w Instytucie Inżynierii Rolniczej Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu stanowisko pomiarowe współpracujące z mikroprocesorowymi przyrządami pomiarowo-rejestrującymi. Wyniki badań pozwolą na prawidłowe programowanie pracy mikroprocesorowego pulsatora ćwiartkowego w czasie dojów krów.

Słowa kluczowe: pulsacja ćwiartkowa, metrologia, indykatory wypływu mleka

Wprowadzenie

W dostępnych na rynku rozwiązaniach konstrukcyjnych nowoczesnych sterowników doju rzadko spotyka się, nie licząc robotów udojowych, systemy udojowe o działaniu ćwiartkowym. W 2008 roku pojawił się w ofercie handlowej ćwiartkowy aparat udojowy Milpro P4-C włoskiej firmy Milkline, którego działanie dostosowane jest do fizjologii oddawania mleka przez poszczególne ćwiartki wymion krów [Jędrus 2009]. Również w Polsce w Instytucie Inżynierii Rolniczej Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu (IIR UP w Poznaniu) opracowano prototyp ćwiartkowego aparatu udojowego [Jędrus 2007]. Do jego budowy w szerokim zakresie wykorzystano nowoczesne technologie elektroniczne oraz programowane moduły sterujące bazujące na koncepcji urządzeń inteligentnych. Najbardziej oryginalną i najważniejszą częścią ćwiartkowego aparatu udojowego są zamontowane w kubkach udojowych termooanemometryczne indykatory wypływu mleka, zbudowane w oparciu o dostępne na rynku półprzewodnikowe czujniki temperatury -termistory. Zastosowanie termooanemometrów umożliwia indywidualne sterowanie pracą kubków udojowych, w zależności od aktualnej fazy doju w ćwiartce wymienia krowy. Prototyp nowego aparatu udojowego został poddany testom w warunkach oborowych mających na celu m.in. weryfikację skuteczności przyjętych rozwiązań konstrukcyjnych [Jędrus 2007].

Aktualnie trwają zaawansowane prace badawcze związane z problematyką stosowania w oborach mlecznych pulsacji ćwiartkowej jako elementu profilaktyki mastitis w stadach krów mlecznych. Jednym z nowych obszarów badawczych są zagadnienia długotrwałej eksploatacji ćwiartkowego aparatu udojowego w warunkach oborowych, związane m.in. z określeniem wpływu czynników fizykochemicznych występujących w instalacji udojowej na własności metrologiczne stosowanych indykatorów wypływu mleka.

Celem pracy było opracowanie metodyki badań wybranych własności metrologicznych czujników termistorowych, wykorzystywanych w ćwiartkowym aparacie udojowym jako termooanemometryczne indykatory wypływu mleka. Opisano opracowane w Instytucie Inżynierii Rolniczej Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu laboratoryjne stanowisko pomiarowe do badań metrologicznych termistorów.

Charakterystyka problematyki badawczej

W ćwiartkowym aparacie udojowym do budowy termooanemometrycznych indykatorów wypływu mleka zastosowano termistory NTC 110, pracujące w układzie konwekcyjnym stałoprądowym. W czasie dojów krów na stanowisku udojowym czujniki termistorowe podgrzewane są prądem stałym o określonej wartości. Do zasilania termooanemometrów stosowane jest źródło prądowe o maksymalnej wydajności równej 1A. Wpływ mleka podczas doju z ćwiartek wymion krów powoduje ochładzanie się termooanemometrów przy niezmiennej wartości ustalonego prądu zasilania, z kolei zaniki splywu mleka z ćwiartek, występujące w szczególności w końcowej fazie dojów, powodują nagrzewanie się indykatorów do temperatury początkowej. W zależności od wartości napięć wyjściowych termooanemometrów i przyjętego algorytmu sterowania pracą pulsatora ćwiartkowego ustalają się indywidualnie, określone programowo, parametry pracy kubków udojowych- częstotliwość pulsacji i współczynnik pulsatora.

Przeprowadzone w warunkach oborowych wcześniejsze badania z wykorzystaniem prototypu ćwiartkowego aparatu udojowego [Jędrus 2007; Jędrus, Lipiński 2006] pozwoliły na wstępne rozpoznanie zagadnienia wpływu czynników fizykochemicznych występujących w instalacji udojowej na własności metrologiczne czujników termooanemometrycznych. Zdaniem Jędrusia [2007] wpływ na wartości wybranych parametrów metrologicznych termistorów instalowanych w kubkach udojowych mogą mieć: duża wartość prądu zasilania czujników (wynikająca z zasady działania termooanemometrów), działanie związków chemicznych stosowanych do mycia instalacji udojowej oraz zanieczyszczenie powierzchni czujników związkami zdenaturowanego białka.

Z punktu widzenia poprawności sterowania przebiegiem dojów ćwiartkowych najistotniejszymi parametrami termooanemometrów podczas ich długotrwałej eksploatacji w instalacji udojowej są: stałe wartości rezystancji termistorów w określonej temperaturze pracy (niezmiennosc przebiegu charakterystyk przetwarzania) oraz niezmiennie przebiegi charakterystyk nagrzewania czujników po zaniku wypływu mleka w końcowej fazie doju ćwiartki. Wcześniejsze badania [Jędrus 2007] wykazały związek pomiędzy wybranymi własnościami metrologicznymi termooanemometrycznych indykatorów wypływu mleka a warunkami prawidłowego programowania pracy elektronicznego pulsatora ćwiartkowego

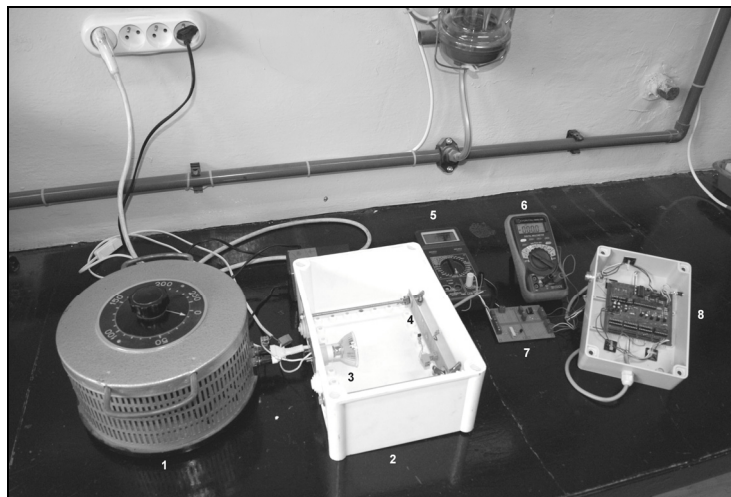
Stwierdzono, że dynamika nagrzewania termooanemometrów wpływa na szybkość przełączania parametrów pracy pulsatora w chwili wystąpienia pustodoju ćwiartki. Również zmiany rezystancji termistorów w czasie eksploatacji ćwiartkowego aparatu udojowego na stanowisku udojowym miały wpływ na wartości napięć sterujących, co prowadziło do błędów sterowania.

Aktualnie w IIR UP w Poznaniu planowane są nowe badania związane z szczegółowym rozpoznaniem zjawiska zanieczyszczania termooanemometrycznych indykatorów wpływu mleka zamontowanych w ćwiartkowym aparacie udojowym. Doświadczenia będą obejmować m.in. badania stabilności wybranych parametrów metrologicznych termistorów stosowanych jako czujniki termooanemometryczne. Serie badawcze będą realizowane przy różnych wartościach natężenia prądu zasilania z zachowaniem procedur organizacyjnych stosowanych w oborze mlecznej, w tym związanych z zastosowaniem do automatycznego mycia instalacji udojowej związków chemicznych. Optymalizacja parametrów zasilania czujników termistorowych będzie miała na celu minimalizację skutków występowania zjawiska denaturacji białka mlekowego na powierzchni czujników przy jednoczesnym zachowaniu odpowiedniej czułości termooanemometrów. Z kolei określenie dynamiki zmian wartości rezystancji termistorów w czasie ich eksploatacji na stanowisku udojowym pozwoli w późniejszych badaniach na prawidłowe programowanie pracy elektronicznego pulsatora ćwiartkowego.

Opis metodyki badań

Obiektem badań są wybrane własności metrologiczne półprzewodnikowych czujników temperatury (termistorów) NTC 110. Najistotniejsze znamionowe parametry metrologiczne termistorów NTC 110 są następujące [Borczyński i in. 1990]: moc dopuszczalna $P_{tot}=800$ mW, zakres temperatur pracy $t_{amb} = -25...+100^{\circ}\text{C}$, rezystancja nominalna (w temperaturze 25°C) $R_{25} = 6,8 \Omega \pm 10\%$, stała materiałowa $B=2660$ K.

Celem badań metrologicznych będzie wyznaczenie w warunkach laboratoryjnych porównawczych charakterystyk przetwarzania czujników termistorowych NTC 110, realizowanych przed i po zakończeniu serii badań oborowych. Otrzymane wyniki pomiarów zostaną poddane analizie metrologicznej, co pozwoli określić zakres zmian wartości rezystancji termistorów w wyniku ich eksploatacji na stanowisku udojowym w oborze mlecznej. Z kolei badania dynamiki nagrzewania czujników termistorowych będą związane z automatyczną rejestracją szybkości zmian wartości sygnałów pomiarowych czujników w określonych warunkach temperaturowych. Istotnym z punktu widzenia metodyki badawczej jest konieczność przeprowadzania kolejnych badań porównawczych w najbardziej zbliżonych warunkach otoczenia z jednoczesnym zachowaniem określonych procedur pomiarowych i stałej aparatury pomiarowo-rejestrującej o znanych parametrach metrologicznych. Do badań metrologicznych wykorzystywane będzie, opracowane w IIR UP w Poznaniu, laboratoryjne stanowisko pomiarowe (rysunek 1).



Rys. 1. Laboracyjne stanowisko pomiarowe do badania własności metrologicznych czujników termistorowych: 1 - autotransformator; 2 - obudowa z prowadnicami; 3 - żarówka halogenowa; 4 - płyta montażowa z czujnikiem kontrolnym LM 35DZ i wymiennym termistorem NTC 110; 5 - omomierz cyfrowy; 6 - woltomierz cyfrowy; 7 - układ elektroniczny czujników pomiarowych; 8 - mikroprocesorowy rejestrator sygnałów

Fig.1. Laboratorial measurement site for testing metrological properties of thermistor sensors 1 - autotransformer; 2 - case with slides; 3 - halogen lamp; 4 - mounting plate with the LM 35DZ control sensor and replaceable NTC 110 thermistor; 5 - digital ohmmeter; 6 - digital voltmeter; 7 - electronic system of measuring sensors; 8- microprocessor signal logger

W skład zestawu badawczego wchodzi:

- obudowa z tworzywa sztucznego z prowadnicami,
- żarówka halogenowa stosowana jako źródło ciepła o mocy 75 W i napięciu znamionowym 230 V,
- płyta montażowa z czujnikiem kontrolnym LM 35DZ (o liniowej charakterystyce przetwarzania w zakresie temperatur 0...+100°C i wyjściowym sygnale napięciowym) oraz wymiennym czujnikiem termistorowym NTC 110,
- autotransformator 0-250 V stosowany do ręcznej regulacji temperatury wewnątrz obudowy.

Stosowane w stanowisku badawczym źródło ciepła w postaci żarówki halogenowej umożliwia kształtowanie temperatur wewnątrz obudowy w zakresie od temperatury otoczenia do około 100°C. Z kolei wyposażenie modułu w prowadnice pozwala na regulację odległości czujników pomiarowych od źródła ciepła, co umożliwia symulowanie warunków nagrzewania termoanemometrów po zaniku wpływu mleka w kubku udojowym. W zależności od realizowanych badań metrologicznych istnieje możliwość doboru odpowiednich przyrządów pomiarowych i rejestratora sygnałów czujników. W wariantcie ręcznej regulacji temperatury z użyciem autotransformatora wyznaczanie charakterystyk

przetwarzania termistorów może być realizowane przy użyciu omomierza cyfrowego (pomiar rezystancji czujników termistorowych) i woltomierza cyfrowego (pomiar temperatury). W dostępnych na rynku rozwiązaniach konstrukcyjnych omomierzy cyfrowych pewna grupa przyrządów posiada możliwość współpracy z komputerem, co pozwala na automatyzację procesu zapisu wyników pomiarowych. Ich wadą jest posiadanie pojedynczego kanału pomiarowego, co uniemożliwia jednoczesną rejestrację rezystancji termistorów i mierzonej temperatury. Dlatego też stanowisko pomiarowe wyposażono w wielokanałowy mikroprocesorowy rejestrator sygnałów opracowany w IIR UP w Poznaniu. Został on zbudowany w oparciu o mikrokontroler PIC 16F73 i 8-bitowy przetwornik A/C a programowanie parametrów pracy, jak i odczyt wyników pomiarów odbywa się z wykorzystaniem komputera. Maksymalna liczba kanałów pomiarowych rejestratora wynosi 32, zakres napięć wejściowych zawiera się w przedziale od 0 do 5 V (z rozdzielczością około 20 mV), minimalna częstotliwość rejestracji wynosi 1 pomiar co 250 ms, zaś maksymalna liczba rejestrowanych wyników pomiarów wynosi 2011. Rejestrator zasilany jest napięciem stałym o wartości +12 V. W celu dostosowania czujników pomiarowych do współpracy z mikroprocesorowym rejestratorem sygnałów koniecznym było opracowanie specjalnego układu elektronicznego zawierającego m.in. elektroniczne źródło prądowe do zasilania termistorów (czujnik LM 35 DZ jest zasilany bezpośrednio z zasilacza napięciowego +12V). W celu optymalnego dostosowania sygnałów czujników do poziomu napięć wejściowych rejestratora zastosowano dodatkowo wzmacniacz operacyjny w postaci układu scalonego TS 272. O ile wyznaczanie charakterystyk przetwarzania czujników termistorowych można dokonywać w sposób ręczny, przy wykorzystaniu cyfrowych przyrządów pomiarowych, to wyznaczanie charakterystyk nagrzewania termistorów może być przeprowadzane tylko z użyciem mikroprocesorowego rejestratora sygnałów działającego automatycznie. Decyduje o tym konieczność stosowania dużej częstotliwości rejestracji (co najmniej 1 pomiar na sekundę), gdyż w przypadku sterowania pracą ćwiartkowego aparatu udojowego w końcowej fazie doju czas od chwili zaniku wpływu mleka z ćwiartki do przełączenia wymaganych nowych parametrów pracy kubka udojowego wynosi od kilku do kilkunastu sekund.

Podsumowanie

Aktualnie trwają badania związane z oceną metrologiczną termooanemometrycznych indykatorów wpływu mleka zamontowanych w ćwiartkowym aparacie udojowym z wykorzystaniem opracowanego w IIR UP w Poznaniu laboratoryjnego stanowiska pomiarowego. Doświadczenia oborowe z wykorzystaniem czujników termistorowych realizowane są w gospodarstwie niedaleko Jarocina. Szczegółowe rozpoznanie problemu badawczego pozwoli w przyszłych badaniach na prawidłowe programowanie pracy mikroprocesorowego pulsatora ćwiartkowego. Uzyskiwane wyniki doświadczeń stanowić będą również cenną wiedzę technologiczną, która umożliwi szczegółowe rozpoznanie czynników wpływających na działanie i wiarygodność metrologiczną czujników pomiarowych instalowanych w kubkach udojowych. Jest to zagadnienie szczególnie istotne w sytuacji braku w literaturze informacji naukowych o rzeczywistym działaniu w warunkach oborowych dostępnych na rynku ćwiartkowych systemów udojowych.

Bibliografia

- Borczyński J., Dumin P., Mliczewski A.** 1990. Podzespoły elektroniczne. Półprzewodniki. Wydawnictwo Komunikacji i Łączności. Warszawa. ISBN 83-206-0905-4.
- Jędrus A.** 2009. Ćwiartkowy aparat udojowy jako interdyscyplinarny problem naukowy. *Prace i Materiały Zootechniczne*. 67. s. 109-114.
- Jędrus A.** 2007. Przebieg doju krów z maszynową stymulacją ćwiartek wymienia. Rozprawa doktorska. Maszynopis Instytutu Inżynierii Rolniczej Akademii Rolniczej im. A. Cieszkowskiego w Poznaniu.
- Jędrus A., Lipiński M.** 2006. Zagadnienia ochrony powierzchni czujników termooanemometrycznych przepływomierzy mleka przed skutkami denaturacji białek. *Poznańskie Towarzystwo Przyjaciół Nauk. Wydział Nauk Rolniczych i Leśnych*. Tom 100. s. 347-350.

Pracę zrealizowano w ramach projektu badawczego MNiSW nr N N313 444937 „Wpływ pulsacji ćwiartkowej sterowanej automatycznie na przebiegi końcowych faz dojów krów”.

METHODOLOGY OF TESTING SELECTED METROLOGICAL PROPERTIES OF THERMOANEMOMETRIC MILK FLOW INDICATORS WITH THE USE OF THE MICROPROCESSOR TECHNIQUE

Abstract. The work presents methodology of testing selected metrological properties of thermistors used in quarter milking machine as thermoanemometric milk flow indicators. The NTC 110 thermistors installed in milking shells and used in milking parlours are the subject of the study. A measurement site, cooperating with microprocessor measuring and registering devices, designed and built in the Institute of Agricultural Engineering at the Poznań University of Life Sciences is being used for laboratory investigations. The results of the tests will enable proper programming of the microprocessor quarter pulsator during milking cows.

Key words: quarter pulsation, metrology, milk flow indicators

Adres do korespondencji:

Aleksander Jędrus; e-mail: aljed@up.poznan.pl
Instytut Inżynierii Rolniczej
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
ul. Wojska Polskiego 28
60-637 Poznań