



## Innowacyjna technologia zarządzania mikroklimatem w oborach krów mlecznych

Tomasz Szul, Jarosław Knaga, Sławomir Kurpaska

Katedra Inżynierii Bioprocessów, Energetyki i Automatykacji, Wydział Inżynierii Produkcji i Energetyki  
Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie

e-mail: tomasz.szul@urk.edu.pl

### Wprowadzenie

W gospodarstwach rolnych, a w szczególności przy produkcji mleka, istotnym problemem jest utrzymanie właściwego dobrostanu zwierząt, a zwłaszcza odpowiednich warunków klimatycznych. Warunki te są trudne do utrzymania w okresie wiosenno-letnim. Mikroklimat obory kształtowany jest bowiem przez wiele czynników, spośród których najważniejsze to: temperatura, wilgotność względna, prędkość przepływu powietrza oraz zanieczyszczenia chemiczne i bakteriologiczne [2,7]. Wraz ze zmieniającymi się podczas poszczególnych pór roku warunkami atmosferycznymi, w oborze wolnostanowiskowej zmianom podlega przede wszystkim temperatura powietrza.

Występowanie wysokich temperatur i wysokich wilgotności względnych powietrza uniemożliwia odprowadzenie z organizmu krowy nadmiaru ciepła. Doprowadza to do jego kumulacji w organizmach zwierząt i wzrostu ich temperatury ciała, co w efekcie zaburza termoregulację. W wyniku problemów z termoregulacją może dojść do wystąpienia zjawiska stresu cieplnego. Pierwsze objawy stresu cieplnego u bydła to: ospałość, nadmierna potliwość i wydzielanie śliny oraz szybszy oddech, które mogą wystąpić już przy temperaturze niewiele większej od 20 °C [5]. Krowy, aby zmniejszyć produkcję ciepła, ograniczają lub całkowicie zaprzestają pobierania paszy, obniża się intensywność pracy żywca, co wpływa na spadek produktywności mlecznej [4].

W celu zapobieżenia skutkom stresu cieplnego stosowane są różne rozwiązania, poprawiające warunki cieplno-wilgotnościowe w oborze: zraszacze niskociśnieniowe, wentylację mechaniczną oraz zacielenia [1]. W Polsce najczęstszym oraz najbardziej efektywnym rozwiązaniem obniżającym temperaturę odczuwalną krów jest stosowanie wentylacji mechanicznej, która w oborach i poczekalniach ma postać mieszaczy powietrza.



Systemy mieszania powietrza o dużej złożoności są najczęściej z góry zaprogramowane zgodnie z przyjętym algorytmem, a ich ponowne przestawienie wymaga serwisu. Ponadto takie systemy są dość drogie, tak w montażu, jak i eksploatacji i wymagają ciągłego zasilania lub układów podtrzymania zasilania, aby zapewnić pełne bezpieczeństwo ich pracy.

## Cel

Celem zadania było opracowanie innowacyjnego rozwiązania z zakresu utrzymania właściwego klimatu w budynkach inwentarskich wykorzystując do tego energię promieniowania słonecznego. Zgodnie z koncepcją, system wymuszający ruch powietrza składa się z wentylatora napędzanego silnikiem DC i modułu fotowoltaicznego sterowanego układem analogowym, co ma zapewnić bezawaryjność działania zespołu i przyczynić się do obniżenia kosztów ponoszonych na zakup energii elektrycznej.

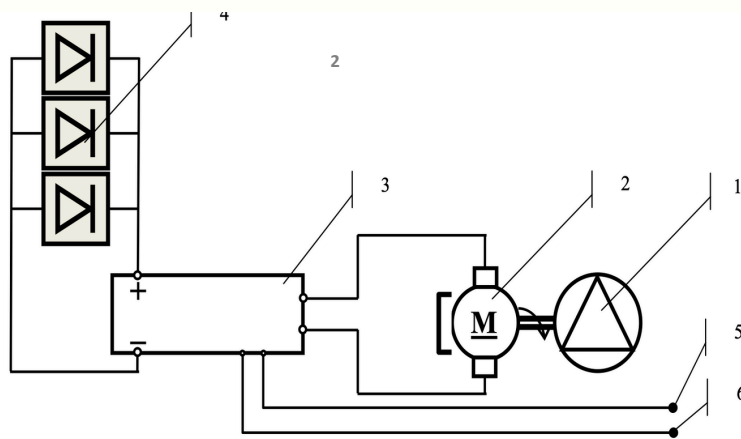
## Technologia

Zgodnie z przyjętym celem pracy zespół wymuszający ruch powietrza (oborowy mieszacz powietrza) składa się z klasycznego wentylatora, ale zasilanego silnikiem BLDC (napięcia stałego). Silnik ten jest zasilany bezpośrednio z modułu fotowoltaicznego poprzez prosty analogowy układ sterowania z możliwością zadawania temperatury i wilgotności, przy czym zadawane parametry temperatury czy wilgotności stanowią tylko wartości graniczne pozwalające na bezpośrednie połączenie silnika BLDC z baterią modułów fotowoltaicznych. Natomiast wydajność mieszacza powietrza jest sterowana bezpośrednio ilością energii generowanej przez moduł fotowoltaiczny. Efekt ten zapewnia zależność wprost proporcjonalną pomiędzy wydajnością mieszacza, a natężeniem promieniowania słonecznego (zgodnie z założeniami przedstawionymi przez Madera i in. w pracy [6]), w całym zakresie natężenia promieniowania słonecznego, które z kolei można względnie regulować przez pochylenie baterii modułów fotowoltaicznych. Takie rozwiązanie jest zbieżne z obecnymi zaleceniami dotyczącymi dobrostanu zwierząt [1], gdzie dobrostan jest również zmienną natężenia promieniowania słonecznego [3].

Na podstawie badań własnych moc modułów fotowoltaicznych określana w pikie powinna być większa od 30% do 40% od mocy znamionowej silnika napędzającego wentylator. Zapewni to rozruch mieszacza już przy natężeniu promieniowania słonecznego  $130 \text{ W/m}^2$ .



Istotną cechą proponowanego systemu jest jego niezależność od sieci elektrycznej, a w szczególności od możliwych przerw w zasilaniu energią elektryczną co zapewnia mu pełną autonomię pracy i bezawaryjność. Schemat ideowy układu jest przedstawiony na rysunku 1.



Rysunek 1. Schemat blokowy oborowego mieszacza powietrza,  
1–wentylator osiowy, 2–silnik BLDC napięcia stałego, 3–sterownik, 4–bateria  
fotowoltaiczna, 5–rezystancyjny czujnik temperatury, 6–czujnik wilgotności

Zgodnie z przedstawionym schematem (Rys. 1) wentylator (1) jest napędzany silnikiem napięcia stałego BLDC (2). Natomiast silnik (2) jest zasilany pośrednio przez sterownik analogowy (3) z baterii modułów fotowoltaicznych, przy czym sterownik kontroluje tylko graniczne przekroczenia wartości temperatury i wilgotności powietrza w oborze. Każde przekroczenie, niezależnie od parametru temperatury czy wilgotności, sterownik łączy bezpośrednio silnik BLDC (2) z baterią modułów fotowoltaicznych (4), która jest generatorem energii elektrycznej napięcia stałego. Po zamknięciu obwodu baterii modułów fotowoltaicznych z silnikiem BLDC, sterowanie wydajnością wentylatora jest proporcjonalnie do natężenia promieniowania słonecznego, aż do osiągnięcia mocy znamionowej silnika BLDC, co następuje przy gęstości strumienia energii słonecznej powyżej  $700 \text{ W/m}^2$ .



Sterownik analogowy (3) jest elementem pozwalającym na zadanie wartości granicznych temperatury i wilgotności przy których będzie się załączał wentylator mieszacza oraz pozwala na kalibrację czujników temperatury i wilgotności. Zadawane wartości temperatury, jak i wilgotności, wynikają z konfiguracji biernych elementów elektroniki podstawowej i ich ustawień.

Opracowana konstrukcja autonomicznego mieszacza oborowego została zestawiona w wersji laboratoryjnej celem określenia krytycznych parametrów zespołu wykonawczego (wentylatora z silnikiem BLDC i modułu fotowoltaicznego) przedmiotowej konstrukcji. Do badań wybrano wentylator osiowy o średnicy 170 mm i mocy 36 W, przy napięciu nominalnym 24 V oraz panel fotowoltaiczny o powierzchni 0,353 m<sup>2</sup>, mocy znamionowej 50 W i napięciu obwodu otwartego 22,03 V.

Na podstawie zestawionego układu w wersji laboratoryjnej można sformułować następujące wnioski:

1. Uruchomienie wentylatora następowo przy promieniowaniu powyżej 50 W/m<sup>2</sup>, a praca stabilna powyżej 100 W/m<sup>2</sup>.
2. Maksymalną moc 31 W wentylator uzyskał przy promieniowaniu 700 W/m<sup>2</sup>.
3. Układ w zakresie wyższego promieniowania utrzymywał bezpieczne parametry (napięcia i prądu), co samoczynnie było regulowane przez charakterystykę pracy panelu PV.

## Literatura

1. Angrecka S., Herbut P. (2012). Prognozowanie możliwości wystąpienia stresu cieplnego u bydła mlecznego. *Wiadomości Zootechniczne*, 4: 99-105.
2. Armstrong D.V. (1994). Heat stress interaction with shade and cooling. *Journal of Dairy Science*, 77: 2044-2050.
3. Davis S., Mader T. (2013). Adjustments for wind speed and solar radiation to the temperature-humidity index. *Nebraska Beef Cattle Reports*, 224: 48-51.
4. Gantner V., Mijić P., Kuterovac K., Solić D., Gantner R. (2011). Temperature-humidity index values and their significance on the daily production of dairy cattle. *Mljekarstvo*, 61 (1): 56-63.
5. Herbut P., Angrecka S. (2012). Forming of temperature-humidity index (THI) and milk production of cows in the free-stall barn during the period of summer heat. *Animal Science Papers and Reports*, 30, 4: 363-372.
6. Mader T.L., Davis M.S., Brown-Brandl T. (2016). Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle. *Journal of Dairy Science*, 84: 712-719.
7. Romaniuk W., Overby T. (2005). *Systems of maintenance of cattle. Reference book. Praca zbiorowa*, Duńskie Służby Doradztwa Rolniczego, Warszawa.