

MODELOWANIE STEROWANIA ZBIORNIKIEM AKUMULACYJNYM W INSTALACJI UDOJOWEJ

Henryk Juszka, Stanisław Lis, Marcin Tomasik

Katedra Energetyki i Automatykacji Procesów Rolniczych, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Streszczenie. Odwzorowano przebieg procesu sterowania podciśnieniem w zbiorniku akumulacyjnym przy wykorzystaniu algorytmu regulatora PID. Symulację komputerową wykonano w programie MATLAB-Simulink®. Wyniki przedstawiono w postaci wykresów.

Słowa kluczowe: dój maszynowy krów, podciśnienie, modelowanie, sterowanie

Wstęp

Podciśnienie jest podstawowym parametrem doju maszynowego krów, od którego zależy prawidłowy przebieg procesu. Brak jego stabilności powoduje powstanie przepływów powrotnych mieszanki powietrza i mleka przyczyniając się do pojawienia stanów chorobowych wymienia u krów [Solov'ev i in. 1998, Szlachta, Wiercioch 1996].

Opracowano model sterowania podciśnieniem w zbiorniku akumulacyjnym z wykorzystaniem algorytmu regulatora PID. Symulację komputerową procesu przeprowadzono w programie MATLAB-Simulink®.

Metodyka

Aby utrzymać stabilne podciśnienie w instalacji pneumatycznej założono umiejscowienie zbiornika akumulacyjnego na wejściu pompy próżniowej. Dla potrzeb modelowania przyjęto następujące założenia: powietrze jest gazem doskonałym, oddziaływanie otoczenia nie zmienia się (stała temperatura – 20°C i ciśnienie atmosferyczne – 100 kPa). Symulację przeprowadzono dla zbiornika o pojemności $V_z = 0,25 \text{ m}^3$.

Przepływ powietrza przez zbiornik akumulacyjny opisano w następujący sposób. Przy zamkniętym zaworze różnica strumieni masowych powietrza wpływającego i wypływającego ze zbiornika równa jest 0.

$$Q_{mWE} - Q_{mWY} = 0 \quad (1)$$

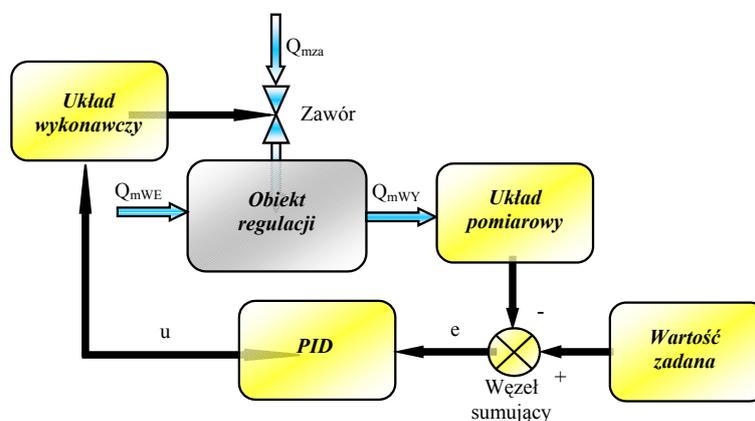
Dla wariantu z otwartym zaworem różnica pomiędzy sumą strumieni masowych powietrza wpływającego przez wejście do zbiornika i przez zawór a strumieniem powietrza wypływającego ze zbiornika równa jest 0.

$$Q_{mWE} + Q_{mza} - Q_{mWY} = 0 \quad (2)$$

Przebieg zmian podciśnienia w zbiorniku akumulacyjnym obliczono, korzystając z równania stanu gazu doskonałego. Dla obliczenia strumienia masowego powietrza przepływającego przez zawór przyjęto założenie, polegające na zastąpieniu zaworu dyszą o zmieniającej się średnicy (otwarcie i zamknięcie zaworu). W sytuacji kiedy różnice ciśnień są niewielkie, występują podkrytyczne warunki przepływu powietrza. Jego strumień masowy można obliczyć z zależności opisującej przepływ przez dyszę Bendemana, stąd modelowanie obejmujące problematykę natężenia strumienia powietrza przepływającego przez zawór oparto o zależność opisującą masowy strumień powietrza przepływający przez omawianą dyszę [Lis 2009].

Model procesu sterowania podciśnieniem

Symulację procesu sterowania podciśnieniem w zbiorniku akumulacyjnym przeprowadzono według schematu przedstawionego na rys. 1.



Źródło: opracowanie własne

Rys. 1. Schemat blokowy sterowania podciśnieniem w zbiorniku akumulacyjnym
Fig. 1. Block diagram for vacuum control in storage tank

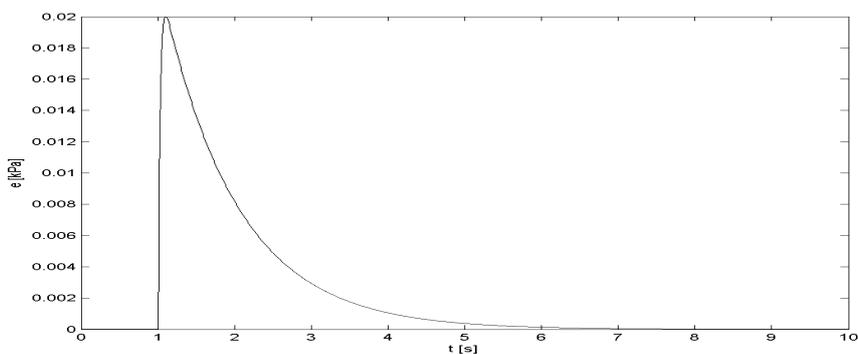
Układ zawiera bloki funkcjonalne spełniające następujące funkcje: obiekt regulacji oznacza zbiornik akumulacyjny, układ pomiarowy reprezentuje pomiar wielkości regulowanej, blok „wartość zadana” podaje żądaną wartość podciśnienia, węzeł sumujący wypracowuje uchyb regulacji „e”, czyli różnicę pomiędzy wielkością podciśnienia zmierzoną przez układ pomiarowy a wielkością zadaną, regulator PID na podstawie błędu sterowania wypracowuje oddziaływanie zwrotne „u” na obiekt regulacji, układ wykonawczy realizuje oddziaływanie zwrotne wypracowane przez regulator polegające na otwarciu zaworu. Powszechnie sygnały oznaczają:

- Q_{mWE} – strumień masowy powietrza wpływającego do zbiornika [$\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$],
- Q_{mWY} – strumień masowy powietrza wypływającego ze zbiornika [$\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$],
- Q_{mza} – strumień masowy powietrza atmosferycznego wpływającego do zbiornika przez zawór [$\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$].

Badania symulacyjne

W czasie $t = 1$ s wprowadzono zakłócenie reprezentujące oddziaływanie otoczenia na obiekt regulacji. Na wejściu modelu przepływu powietrza przez zbiornik, strumień masowy powietrza Q_{mWE} był równy $170 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ na wyjściu Q_{mWY} wynosił $240 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$. Taka różnica wartości wywołała wzrost podciśnienia. Różnica podciśnień pomiędzy zadaniem a wywołanym poprzez zakłócenie wartości strumienia masowego powietrza przepływającego przez zbiornik, obliczona w węźle sumującym „ws 1”, stanowiła uchyb regulacji. Uchyb ten wprowadzono na wejście bloku regulatora PID. Zadanie regulatora polegało na sprrowadzeniu wartości uchybu do zera, poprzez ujemne sprzężenie zwrotne. W praktyce polega to na otwarciu zaworu i wprowadzeniu powietrza do zbiornika. W efekcie uzyskano zadaną wartości podciśnienia w zbiorniku.

W wyniku wprowadzonego zakłócenia pojawiła się w zbiorniku różnica ciśnień, która stanowiła uchyb regulacji (rys. 3).

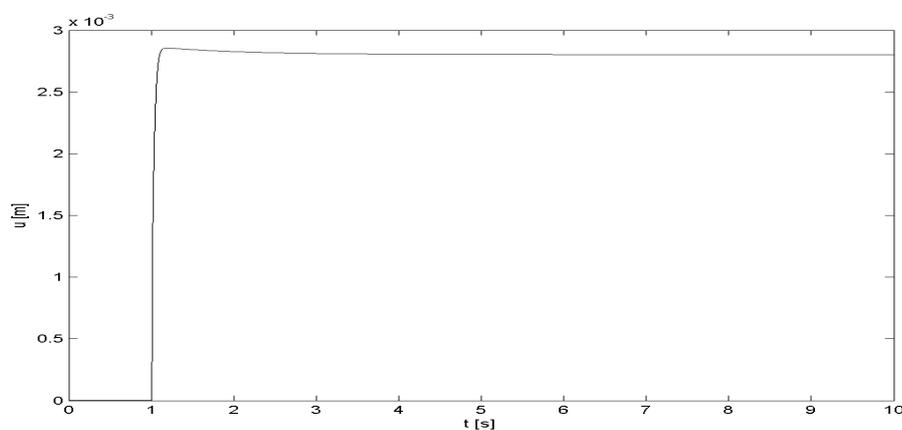


Źródło: opracowanie własne

Rys. 3. Przebieg uchybu regulacji
Fig. 3. Control deviation trajectory

Maksymalna wartość uchybu regulacji widoczna jest w chwili pojawienia się zakłócenia. W następnym przedziale czasowym, wartość uchybu w wyniku otwarcia zaworu obliczonego przez algorytm regulatora PID zmierza do zera.

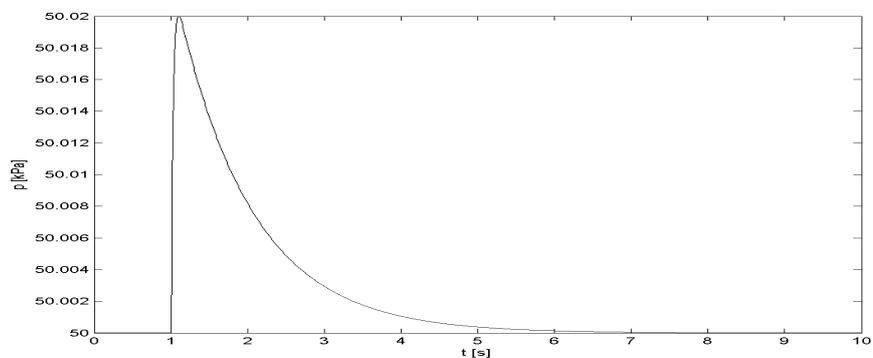
Na podstawie uchybu regulacji, algorytm regulatora PID wypracował oddziaływanie zwrotne układu regulacji na obiekt – otwarcie zaworu (rys. 4). Analizując zilustrowany przebieg odpowiedzi regulatora PID na uchyb regulacji można zaobserwować, że na początku pojawia się odpowiedź członu regulatora proporcjonalnego (widoczna maksymalna wartość otwarcia zaworu), następnie odpowiedź członu całkującego, który stopniowo domyka zawór. Po domknięciu stopień otwarcia zaworu nie zmienia się, ponieważ wartość uchybu jest stała.



Źródło: opracowanie własne

Rys. 4. Oddziaływanie zwrotne regulatora PID na obiekt regulacji
Fig. 4. PID controller reaction to controlled object

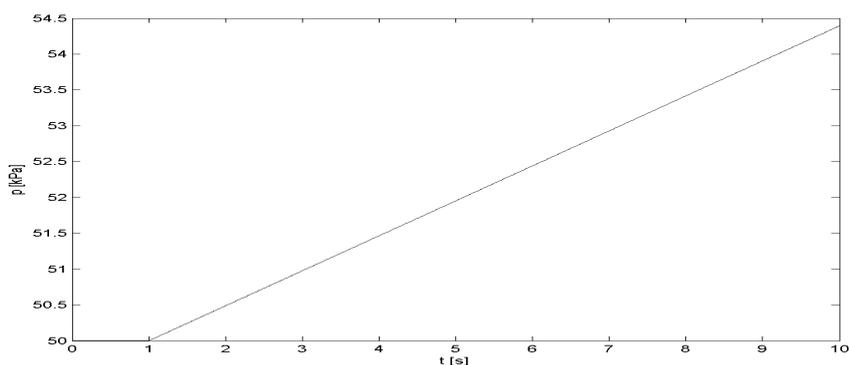
Oddziaływanie regulatora PID polegające na otwarciu zaworu i wprowadzeniu do zbiornika powietrza atmosferycznego, powoduje redukcję skutków wprowadzonego zakłócenia poprzez obniżenie wartości podciśnienia do zadanego poziomu 50 kPa (rys. 5).



Źródło: opracowanie własne

Rys. 5. Zmiany podciśnienia w zbiorniku podczas regulacji
Fig. 5. Vacuum changes in the tank during control process

Wykres obrazuje, że oddziaływanie zwrotne regulatora na obiekt polegające na otwarciu zaworu powoduje spadek podciśnienia w zbiorniku akumulacyjnym do zadanej wartości tj. 50 kPa. Łatwo zauważyć, że gdyby nie zastosowano regulatora PID, to przebieg podciśnienia miałaby charakter zilustrowany na rys. 6. Z wykresu wynika, że brak regulatora spowodowałby ciągły wzrost podciśnienia.



Źródło: opracowanie własne

Rys. 6. Zmiany podciśnienia w zbiorniku bez regulacji jego wartości
Fig. 6. Vacuum changes in the tank without its value control

Wnioski

1. Opracowana metoda modelowania pozwala określić przebieg zmian podciśnienia w zbiorniku akumulacyjnym.
2. Algorytm regulatora PID sterujący podciśnieniem gwarantuje utrzymanie jego wartości na zadanym poziomie.
3. Wyniki symulacji komputerowej przedstawione na wykresach zostaną wykorzystane w stabilizacji podciśnienia zasilającego aparat udojowy dla krów.

Bibliografia

- Lis S. 2009. Modelowanie i symulacja komputerowa sterowania podciśnieniem w aparacie udojowym. Rozprawa doktorska. Maszynopis. UR – WIPiE w Krakowie
- Solov'ev S.A., Asmakin E.M., Asmakin A.M., Sachov V.A. 1998. Modelirovanie processa otdaci moloka zivotnym. Tech.Sel'.Choz. Nr 5. s. 9-11.
- Szlachta J., Wiercioch M. 1996. Przepływ powrotny w zmodyfikowanych aparatach udojowych przy nieregularnych wahaniami podciśnienia. Zesz. Nauk. Akademii Rolniczej we Wrocławiu. Mechanizacja Rolnictwa. Wrocław. Nr 302. s. 23-30.

Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2008-2011 jako projekt badawczy N N313 154435.

MODELLING OF STORAGE TANK CONTROLLER IN MILKING INSTALLATION

Abstract. The researchers reproduced progress of vacuum control process in storage tank using PID controller algorithm. Computer simulation was carried out in MATLAB-Simulink[®] application. The results are shown in the form of diagrams.

Key words: machine milking of cows, vacuum, modelling, control

Adres do korespondencji:

Henryk Juszka e-mail: Henryk.Juszka@ur.krakow.pl
Katedra Energetyki i Automatykacji Procesów Rolniczych
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
ul. Balicka 116B
30-149 Kraków