

MODELOWANIE I SYMULACJA FUNKCJONOWANIA REGULACJI NA STANOWISKU MULTI TANK

Henryk Juszka, Marcin Tomasik, Stanisław Lis

Katedra Energetyki Rolniczej, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Streszczenie. Opisano problematykę sterowania procesami technologicznymi za pomocą mikroprocesorowych systemów sterowania, instalowanych w komputerach. Rozwiązanie takie umożliwia przeprogramowanie układów automatyki i zmianę struktury algorytmu sterowania, często bez konieczności przebudowy/wymiany urządzeń sterujących. Dla wybranych algorytmów regulacji analizowano funkcjonalność systemów sterowania mikroprocesorowego, bazujących na układach FPGA z procesorem Xilinx[®]. Wyniki badań doświadczalnych przedstawiono na wykresach.

Słowa kluczowe: algorytmy regulacji, Multi Tank, sterowanie mikrokomputerowe, Xilinx[®].

Wstęp

Współczesne procesy technologiczne charakteryzują się dużą wydajnością i złożonością struktury, co implikuje wymóg wysokich parametrów jakościowych i ilościowych procesów. Stosowanie konwencjonalnych układów automatyki przemysłowej narzuca sztywne procesy sterowania. Zmiana koncepcji regulacji lub sterowania wymaga w takich przypadkach wielu kosztownych zmian montażowych. Problemy te występują w mniejszym stopniu przy zastosowaniu do sterowania uniwersalnych systemów cyfrowych. Zmiana koncepcji sterowania wymaga wprowadzenia do komputera tylko innego algorytmu. Pozwala elastycznie programować układy automatyki, czyli zmieniać w dowolny sposób ich strukturę [Brzózka 2002, Grega 2004]. W przypadku sterowania bazującego na systemach czasu rzeczywistego, ciekawym i pomocnym rozwiązaniem jest sterowanie za pomocą algorytmu sterowania zbudowanego np. w programie Matlab-Simulink[®]. Przy jego wykorzystaniu łatwo można konstruować układy regulacji lub sterowania o działaniu ciągłym, dyskretnym lub rozmytym [Mrozek, Mrozek 2004].

Cel i zakres pracy

Celem pracy jest analiza funkcjonalna systemów sterowania mikroprocesorowego procesem stabilizacji poziomu cieczy, bazujących na układach FPGA z procesorem Xilinx[®] dla wybranych algorytmów regulacji. Badania polegały na testowaniu możliwości takich systemów automatyzacji pod kątem sterowaniu aparatem udojowym z wykorzystaniem modeli prezentowanych w pracach autorów [Juszka i in. 2007; Juszka, Lis 2006].

Zakres pracy obejmował modelowanie algorytmów sterowania i przeprowadzenie symulacji komputerowej oraz programowanie systemu sterowania na stanowisku doświadczalnym.

Stanowisko badawcze

Badania prowadzono na stanowisku Multi Tank składającym się z:

- karty RT-DAC4/PCI z układem FPGA zawierającym procesor Xilinx[®],
- komputera PC z zainstalowanym oprogramowaniem Matlab-Simulink[®], kompilatorem i toolboxami: RTWT (Real Time Windows Target) oraz RTW (Real-Time Workshop),
- zasilacza z zespołem sterującym oraz wyłącznikiem awaryjnym,
- systemu połączonych zbiorników cieczowych, wyposażonego w: czujniki poziomu cieczy, ręcznie sterowane zawory odcinające, zawory odpływowe z sterowanym automatycznie stopniem otwarcia, pompa zasilająca układ z sterowaną automatycznie wydajnością.

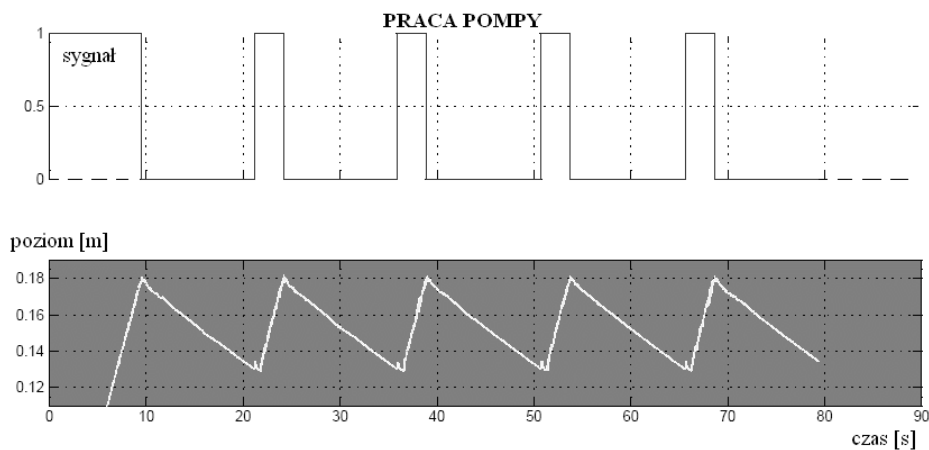
W systemie Multitank za przetwarzanie informacji z komputera i przekazanie ich do zespołu zbiorników odpowiedzialny jest moduł zawierający przetworniki. Zbiorniki napełniane są cieczą przez pompę, której wydajność sterowana jest sygnałem PWM (modulacja szerokości impulsu). Poziomem cieczy w zbiornikach można również sterować za pomocą elektrozaworów na wyjściu poszczególnych zbiorników. Stopień otwarcia zaworu można zmieniać płynnie w zakresie od 0 – 1 (pełne otwarcie).

Badania doświadczalne

Komputerowa symulacja modeli matematycznych poszczególnych algorytmów regulatorów pozwala na obserwację ich pracy w warunkach idealnych. Dla wybranych symulacji działania komputerowych algorytmów regulatorów, przeprowadzono również badania doświadczalne. Otwarty zawór umożliwiał realizację zakłócenia, którym było objętościowe natężenie wypływu cieczy ze zbiornika. Pierwszym algorytmem była regulacja dwustawna (rys. 1), dla której wykonano tylko badania doświadczalne. Na pierwszym wykresie znajduje się charakterystyka sygnału sterującego pompą. W tym algorytmie pompa przyjmuje dwa stany pracy „maksymalna wydajność” oraz „stop” w zależności od poziomu cieczy w zbiorniku. Pompa tłoczy ciecz do zbiornika, po osiągnięciu poziomu 0,18 m - wyłącza się. Otwarty zawór powoduje zmniejszenie się poziomu cieczy w zbiorniku, przy poziomie cieczy 0,13 m, ponownie się załącza pompa. Przy czym rzeczywisty poziom w zbiorniku po napełnieniu wynosił 0,181 m i przed wzrostem poziomu wartość zdążyła spaść do 0,129 m.

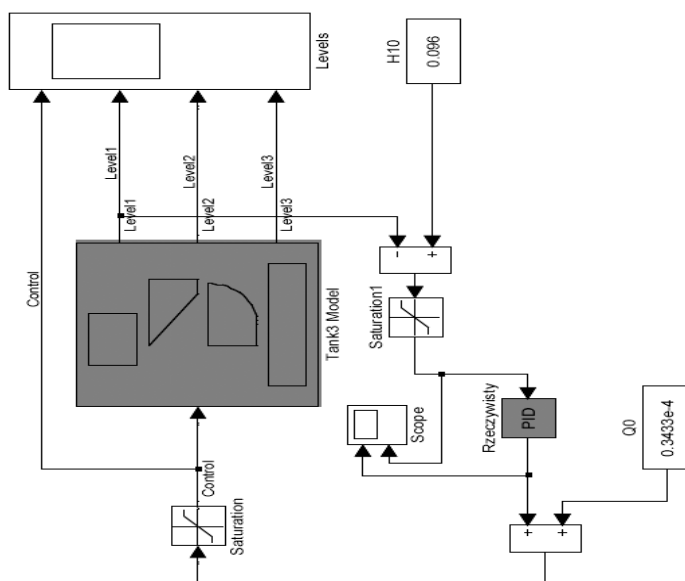
Następnie testowano regulator PID. Schemat komputerowej symulacji przedstawia rys. 2. Moduł *H10*, reprezentuje wartość zadanego poziomu cieczy. Przy regulatorze umieszczono oscyloskop (Scope) do rejestracji sygnału błędu regulacji oraz sygnału sterującego wydajnością pompy.

Wyniki komputerowej symulacji zamieszczono na rys. 3. Dolny wykres przedstawia charakterystykę czasową poziomu cieczy w zbiorniku. Wartość zadaną ustawiono na 0,096 m i jak wynika z wykresu utrzymywała się bardzo blisko tej wartości. Ponieważ zakłóceniem był objętościowy, swobodny wypływ cieczy ze zbiornika poprzez zawór, można przyjąć, że wielkość tego wypływu była w przybliżeniu stała dla stałej wartości poziomu cieczy w zbiorniku.



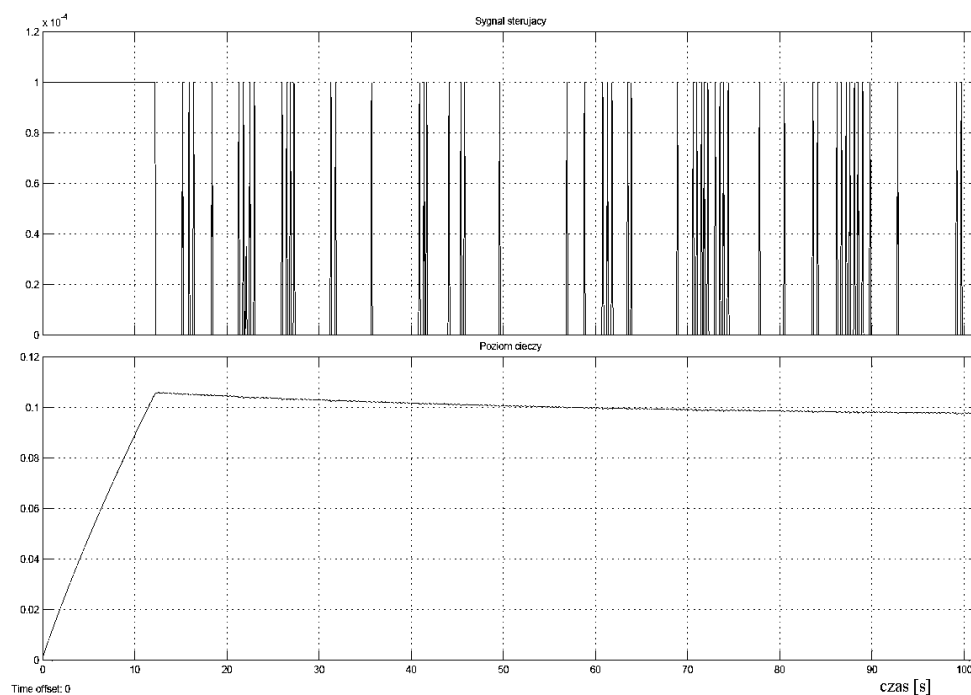
Źródło: opracowanie własne

Rys. 1. Charakterystyka sygnału sterującego regulatora dwustawnego i poziomu cieczy w zbiorniku (wartość zadana – wyłączenie 0,18 m, – załączenie 0,13 m)
 Fig. 1. Control signal characteristics for an on-off controller and liquid level in a tank (setting: switching off at 0.18 m, – switching on at 0.13 m)



Źródło: opracowanie własne

Rys. 2. Schemat symulacji utrzymania poziomu cieczy z regulatorem PID
 Fig. 2. Diagram of simulation for maintaining liquid level with PID controller



Źródło: opracowanie własne

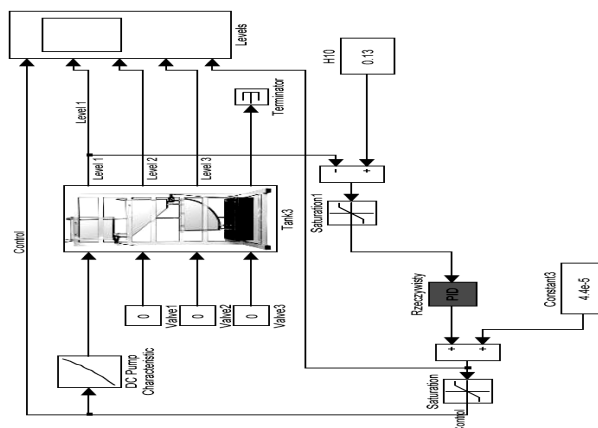
Rys. 3. Wykres sygnału sterującego i poziomu cieczy w zbiorniku
 Fig. 3. Chart showing control signal and liquid level in a tank

Uzyskanie powyższych wyników pozwoliło przejść do rzeczywistego badania regulatora. Badania polegały na napełnianiu zbiornika cieczą i utrzymywaniu zadanego poziomu cieczy w zbiorniku wykorzystując sterowanie wydajnością pompy wg przyjętego algorytmu regulacji z poziomu programu Matlab-Simulink[®]. Schemat systemu sterowania przedstawiono na rys. 4.

Wartość zadanego poziomu ustawiono na 0,13 m. Zapisane w module *Levels* (rys. 4) wyniki pomiarów przedstawia rys. 5. Na wykresach zamieszczono charakterystykę sygnału sterującego oraz przebieg zmian poziomu cieczy w czasie dla badanego zbiornika.

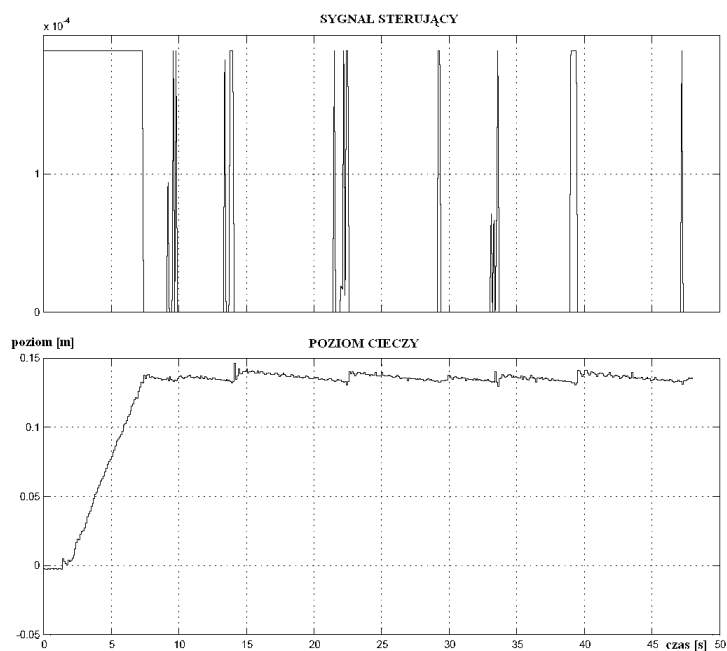
Ostatnim modelem regulatora dla którego przeprowadzono symulację i badania doświadczalne jest Fuzzy Logic Controller (rys. 6). Głównym elementem tego systemu jest blok Fuzzy Logic Controller, uruchamiający opis sterowania systemem Multi Tank oparty na logice rozmytej.

Wyniki komputerowej symulacji funkcjonowania układu regulacji z regulatorem FLC i badań doświadczalnych były zbliżone. Wyniki badań doświadczalnych dla nastawionych poziomów $H_{10} = 0,14$ m, $H_{20} = 0,25$ m, $H_{30} = 0,25$ m przedstawiono na rys. 7.



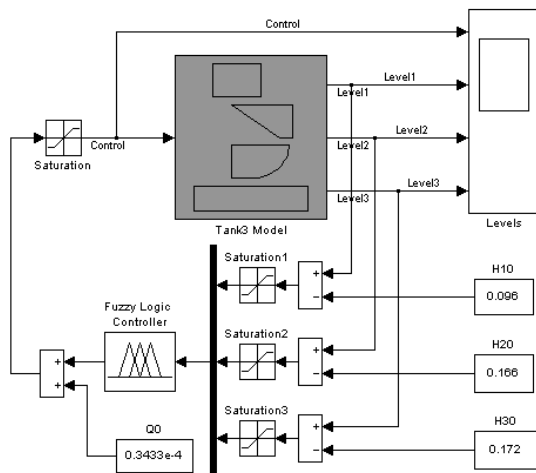
Źródło: opracowanie własne

Rys. 4. Schemat systemu sterowania regulatorem PID
 Fig. 4. Diagram of control system with PID controller



Źródło: opracowanie własne

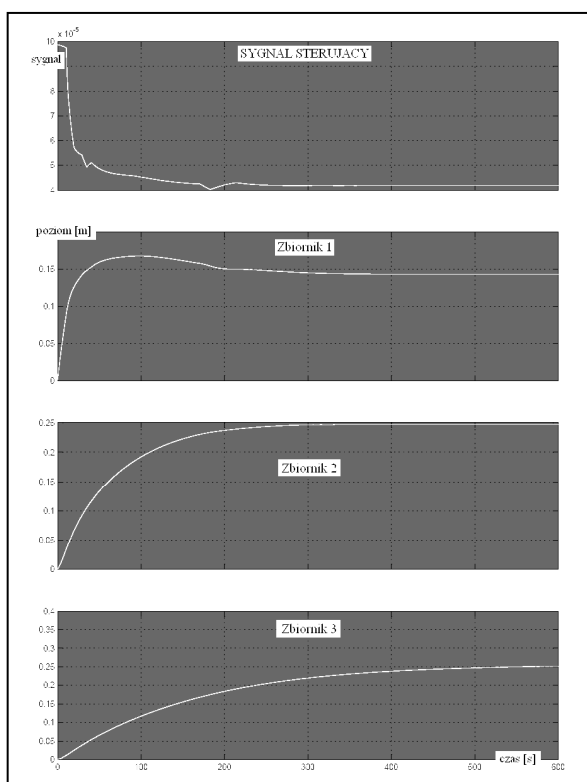
Rys. 5. Wykresy przedstawiające odpowiedzi badanego układu regulacji
 Fig. 5. Charts showing responses of the tested control system



Źródło: opracowanie własne

Rys. 6. Model algorytmu regulatora Fuzzy Logic

Fig. 6. Fuzzy Logic controller algorithm model



Źródło: opracowanie własne autorów

Rys. 7. Wyniki badań doświadczalnych regulatora Fuzzy Logic Controller

Fig. 7. Experimental test results for Fuzzy Logic Controller

Duża wartość sygnału sterującego w pierwszej fazie symulacji ma na celu szybkie napełnianie zbiorników. W dalszej części poprzez korektę sygnału sterującego, regulator rozmyty stabilizuje poziomy w zbiornikach.

Podsumowanie

Rozwój struktur programowalnych znacząco zmienił sposób projektowania i konstrukcji układów automatyki w procesach technologicznych. Oczywiście istnieje szereg problemów, których rozwiązanie umożliwi dopiero pełne zastosowanie przedstawionej koncepcji w praktyce tj. do sterowania projektowanym aparatem udojowym. Program Matlab-Simulink® umożliwia tworzenie dowolnych algorytmów regulatorów. W licznych pracach autorzy tego opracowania przedstawiali modele systemu sterowania, pozytywnie zweryfikowane symulacjami komputerowymi. Obecnie podejmowane są prace w celu wykonania badań doświadczalnych, a prezentowane wyniki dobrze rokują zastosowanie platformy FPGA z procesorem Xilinx do sterowania tym procesem.

Bibliografia

- Brzózka J.** 2004. Regulatory i układy automatyki. Mikom. Warszawa. ISBN: 83-02-05317-1.
- Grega W.** 2004. Metody i algorytmy sterowania cyfrowego w układach scentralizowanych i rozproszonych. AGH. Kraków. ISBN:83-89388-78-2.
- Mrozek B. Mrozek Z.** 2004. Matlab i Simulink. Helion, Gliwice. ISBN: 83-7361-486-9.
- Juszka H., Lis S. Tomasik M.** 2007. Sterowanie ciśnieniem bezwzględnym w aparacie udojowym dla krów. Inżynieria Rolnicza. Nr 7(95). Kraków. s. 45-52.
- Juszka H., Lis S.** 2006. Modeling of subpressure changes in under-teat chambers of the milking apparatus for cows. Annual Review of Agricultural Engineering. Nr 5(1). Wyd. Abor. Warszawa. s. 157-163.

MODELLING AND SIMULATION OF CONTROL FUNCTIONING AT THE MULTI TANK STATION

Abstract. The paper describes the issues of manufacturing process control using microprocessor control systems, which are installed in computers. This solution allows to reprogram automatic systems and to modify control algorithm structure, often without the need to rebuild/replace control equipment. The research involved analysis of functionality of microprocessor control systems based on FPGA systems containing Xilinx® processor for selected control algorithms. Experimental test results are shown in diagrams.

Key words: control algorithms, Multi Tank, microcomputer control, Xilinx®

Adres do korespondencji:

Henryk Juszka; e-mail: hjuszka@ar.krakow.pl
Katedra Energetyki Rolniczej
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
ul. Balicka 116B
30-149 Kraków