

Wiesław GRZESIKIEWICZ

Instytut Pojazdów, Politechnika Warszawska

Wojciech JEDLIŃSKI

Instytut Maszyn Roboczych Ciężkich, Politechnika Warszawska

SYMULACJA KOMPUTEROWA PRACY OSPRZĘTU KOPARKI

Streszczenie. Przedstawiono model matematyczny stanowiska badawczego służącego do badania ruchu i obciążeń osprzętu roboczego koparki. Opisano budowę stanowiska oraz schematy układów mechanicznych i hydrostatycznych, przyjętych jako modele stanowiska. Na podstawie tych modeli sformulowano opis matematyczny ich ruchów. Opisano przebieg symulacji i animacji komputerowej pracy osprzętu koparki.

COMPUTER SIMULATION OF AN EXCAVATOR EQUIPMENT WORK

Summary. A mathematical model of a stand used to testing movements and loadings of an excavator working equipment is presented in the paper. The stand structure and schemes of mechanical and hydrostatic systems assumed as the stand models are described.

The mathematical description of their movements is formulated on the base of these models. Computer simulation and animation of excavator equipment work is described.

КОМПЬЮТЕРНОЕ СИММУЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ОБОРУДОВАНИЯ ЭКСКАВАТОРА

Резюме. В работе указано математическую модель исследовательского стенда для исследования движения и нагрузок рабочего оборудования экскаватора. Описано структуру стенда а также схемы механических и гидравлических систем принятых в качестве моделей стенда.

На основе этих моделей сформулировано математическое описание их движений. Описано процесс симмулирования и компьютерной анимации работы оборудования экскаватора.

1. WSTĘP

Celem rozważanych badań jest ocena wpływu sterowania na obciążenia i ruch osprzętu roboczego koparki jednonaczyniowej w czasie automatycznej realizacji ruchów roboczych.

W szczególności badany jest wpływ struktury układu sterowania oraz algorytmu działania regulatora na ruch i obciążenia podczas:

- bezpośredniego sterowania przez operatora z uwzględnieniem automatycznego kształtowania sygnału sterującego,
- samoczynnego wykonywania powtarzających się faz cyklu pracy maszyny.

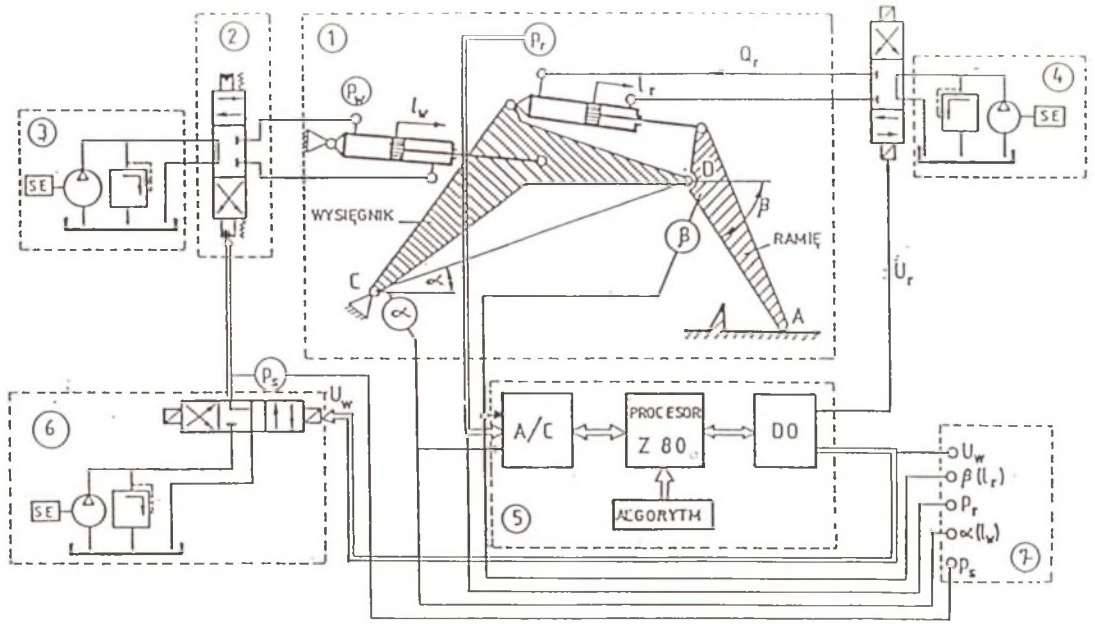
Opracowano model komputerowy stanowiska badawczego znajdującego się w Katedrze Maszyn Roboczych WAT [2]. Schemat tego stanowiska przedstawiono na rys.1. Składa się on z:

- 1) osprzętu roboczego koparki K-162;
- 2) rozdzielacza głównego sterującego wysięgnikiem koparki;
- 3) głównego zasilacza hydraulicznego z silnikiem napędowym 40 kW oraz z pompą o zmiennej wydajności PNZ-150;
- 4) pomocniczego układu hydraulicznego przeznaczonego do zasilania siłownika ramienia;
- 5) układu sterowania mikroprocesorowego, opartego na elementach systemu MSM firmy IMPOL;
- 6) konsoli kontroli pracy stanowiska wraz z panelem zaworów i rozdzielaczy elektrohydraulicznych oraz układu ich zasilania;
- 7) układu pomiarowego, składającego się z komputera IBM//AT z kartą przetworników A/C, rejestratora magnetycznego i oscylografu pętlicowego.

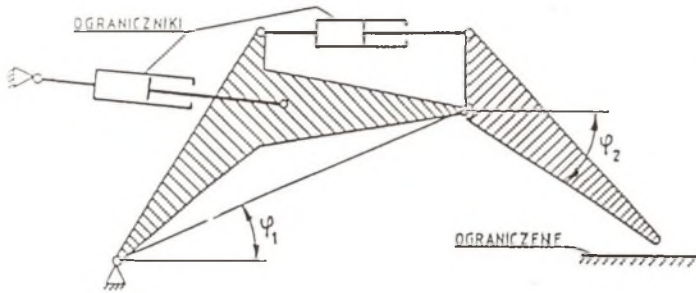
Stanowisko pozwala np. na badanie automatycznego sterowania procesem urabiania gruntu poprzez utrzymanie na stałym poziomie ciśnienia w siłowniku ramienia. Cel ten realizuje się poprzez korygowanie położenia wysięgnika. Obwód regulacji, odpowiadający temu zadaniu, zaznaczono na rys. 1 za pomocą podwójnej linii. W jego skład wchodzi: — czujnik ciśnienia w siłowniku ramienia p_r ; układ sterowania mikroprocesorowego, gdzie zostaje wyznaczony sygnał sterujący panelem elektrohydraulicznym — tu z kolei powstaje sygnał hydrauliczny p_s , sterujący rozdzielaczem hydraulicznym z siłownika wysięgnika.

2. OPIS MODELU MATEMATYCZNEGO STANOWISKA

Model stanowiska opracowano w postaci układu mechaniczno-hydrostatyczno-regulacyjnego. Podukład mechaniczny służy do modelowania konstrukcji mechanicznej stanowiska. Schemat tego układu pokazano na rys. 2. Jest to układ składający się z dwóch brył płaskich, których ruchy są ograniczane. Najbardziej istotne jest ograniczenie spowodowane przez podłoże, które umożliwia symulowanie na stanowisku obciążenia osprzętu. Schemat obwodu hydraulicznego, stanowiącego model układu hydrostatycznego napędzającego wysięgnik, pokazano na rys. 3. Model ten uwzględnia odkształcalność instalacji hydraulicznej, charakterystyki zaworów przelewowych i zwrotnych oraz rozdzielacza. Model układu napędzającego ramię koparki ma postać analogiczną. Schemat modelu układu regulacyjnego pokazano na rys. 4.

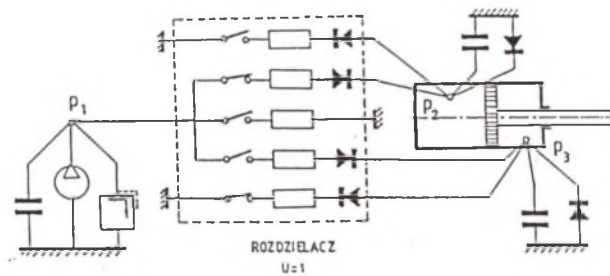


Rys. 1. Schemat stanowiska badawczego
 Fig. 1. Schematic diagram of the stand



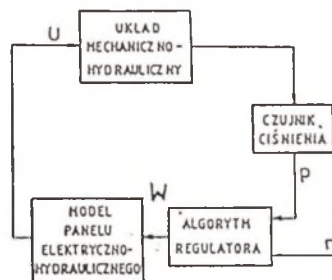
Rys. 2. Model układu mechanicznego

Fig. 2. Diagrammatic representation of the mechanical part of the system



Rys. 3. Model układu hydraulicznego

Fig. 3. The hydraulic circuit



Rys. 4. Model układu sterowania

Fig. 4. Schematic diagram of the control system

Opis matematyczny modelu stanowiska badawczego opracowano w następującej postaci:

$$\ddot{X} = A(X, \dot{X}, p), \quad (1a)$$

$$\dot{p} = C(X, \dot{X}, p, U), \quad (1b)$$

$$\dot{U} = f(U, W), \quad (1c)$$

$$W = R(p_2, r), \quad (1d)$$

$$\dot{X}_+ = \varphi(\dot{X}_-, X), \quad (2)$$

gdzie występują następujące wielkości opisujące stan modelu:

$X \in R^2$ — współrzędne układu mechanicznego, (rys. 2);

$p \in R^6$ — współrzędne dwóch układów hydraulicznych (ciśnienia węzłowe), (rys. 3).

$U \in [0, 1]^2$ — sygnały sterujące pozycje rozdzielaczy siłowników (rys. 4),

$W \in \{-1, 0, +1\}$ — sygnał wyjściowy z regulatora algorytmicznego obliczany na podstawie ciśnienia regulowanego p_r lub sygnału sterowania ręcznego r (rys. 4).

Równanie (1a) opisuje ruch układu mechanicznego (rys. 2). Funkcja A określa przyspieszenia ciał w ruchu swobodnym i w czasie działania ograniczników (rys. 1a) oraz siły tarcia suchego powstające podczas naciskania ramienia na podłoże.

Równanie (1b) służy do opisu przebiegów ciśnień w dwóch układach hydrostatycznych napędzających siłowniki (rys. 3). Funkcja C opisuje prędkości zmian ciśnień węzłowych w zależności od oporów przepływu i odkształcalności elementów instalacji; ponadto uwzględnia ograniczenia przepływów spowodowane zaworami przelewowymi i zwrotnymi (rys. 3).

Równanie (1c) opisuje panel elektrohydrauliczny, który służy do przestrajania rozdzielaczy w układach hydrostatycznych w zależności od sygnału sterującego W . Model panelu przyjęto w postaci nieliniowego elementu pierwszego rzędu z opó/wnieniem.

Równanie (1d) opisuje algorytm regulatora mikrokomputerowego wyznaczający sygnał sterujący W na podstawie ciśnienia w siłowniku lub na podstawie sygnału sterowania ręcznego.

Równanie (2) służy do opisu zjawiska uderzenia, które powstaje w układzie mechanicznym w chwili zetknięcia się ramienia z podłożem (rys. 1). Na jego podstawie wyznaczane są prędkości ciał po uderzeniu \dot{X}_+ .

Podstawę do sformułowania przedstawionego w ogólnej postaci opisu matematycznego stanowi praca [1] oraz opracowanie [3], gdzie zamieszczone są szczegółowe opisy tych równań.

3. SYMULACJA KOMPUTEROWA

Na podstawie opisu matematycznego (1), (2) opracowano program obliczeń dla komputera typu IBM PC. Program ten służy do wyznaczania rozwiązania tego zadania matematycznego. Za pomocą tego programu przeprowadza się badania symulacyjne pracy osprzętu koparki na stanowisku badawczym.

Wyniki symulacji są prezentowane na monitorze w postaci animacji komputerowej ruchów układu mechanicznego. Oprócz tego wyświetlane są wskaźniki charakteryzujące podstawowe obciążenia układu mechanicznego i hydrostatycznego. Uzyskany w ten sposób obraz stanowi podstawę do wyboru sygnału sterowania ręcznego. Sygnał ten jest wprowadzany do komputera za pomocą dwóch joysticków lub za pomocą klawiatury. Poza tym rejestrowane są przebiegi w czasie wielkości opisujących ruch oraz obciążenia mechaniczne i hydrauliczne.

Podstawowym celem badań jest opracowanie zasad modelowania i identyfikacji elementów układów mechaniczno-hydrostatycznych

LITERATURA

- [1] Grzesikiewicz W., Jedliński W.: Dynamika elementów wykonawczych maszyn roboczych z uwzględnieniem sterowania na przykładzie żurawia teleskopowego. Prace Naukowe CPBP 02.05. WPW, Warszawa 1990.
- [2] Kuczmarski F., Stańczyk W., Szafarczyk B.: Opis cybernetyczny podstawowych maszyn roboczych, budowa ich modeli oraz podstawy budowy układów sterowania maszyn roboczych. Prace Naukowe CPBP 02.05. WPW, Warszawa 1990.
- [3] Grzesikiewicz W., Jedliński W.: Model symulacyjny, identyfikacja i optymalizacja żurawia jezdniowego dostosowanego do zautomatyzowanego cyklu przeładunkowego. Sprawozdanie z projektu badawczego KBN. Maszynopis, Warszawa 1992.

Recenzent: Dr hab. inż. Jerzy Świder

Wpłynęło do Redakcji w grudniu 1993 r.

Abstract

A computer model of a testing stand is presented in the paper. Its scheme is shown in Fig. 1. The stand is used to test movements and loading of an excavator working equipment. The computer model of the stand is based on mathematical description

of mechanical system movement (Fig. 2) and description of pressure changes in hydrostatic system (Fig. 3). The scheme of control system is shown in Fig. 4. The description of the model is formulated in the form of equations (1) and (2).

Equation (1a) stand for mechanical system movement and (1b) describes pressure changes in hydraulic system. The control system is described by equations (1c) and (1d).

Equations (2) describe impacts carried out by mechanical system. The detailed formulation of the above descriptions is given in work [3].

A computer program for IBM-PC models was developed. The computer simulation, controlled by two joysticks, is presented on computer monitor. The simulation is aimed at formulation of modelling rules and model parameters identification.

The results of this work will be used in machine modelling.