

*Kazimierz Jaracz***Symulacyjne metody badania elementów i układów regulacji**

Metody symulacyjne badania własności statycznych i dynamicznych elementów i układów automatyki posiadają tę zasadniczą zaletę, że nie stwarzają zagrożeń uszkodzenia lub zniszczenia kosztownych urządzeń przemysłowych w procesie pomiaru. Badania i pomiary przeprowadzane są w układach znacznie tańszych, stanowiących „analogony” układów rzeczywistych, w sposób bezpieczny.

Istnieje kilka metod przeprowadzania takich badań:

– badanie własności układu przemysłowego na mikromodelu fizycznym stanowiącym jego odpowiednik, zbudowanym z elementów rzeczywistych małej mocy. Ułatwia to proces przeprowadzania pomiarów za pomocą dostępnej aparatury pomiarowej o mniejszych zakresach pomiarowych i większej dokładności,

– badanie własności układów elektrycznych, mechanicznych, pneumatycznych i hydraulicznych za pomocą maszyn analogowych. Ta metoda oparta była na znanych matematycznych analogiach elektromechanicznych, które stanowiły podstawę badania różnych rodzajów układów fizycznych za pomocą maszyn elektronicznych, składających się głównie ze wzmacniaczy operacyjnych z różnymi sprzężeniami zwrotnymi,

– badanie własności układów przy zastosowaniu maszyn cyfrowych i odpowiedniego oprogramowania. Ta metoda znajduje obecnie najpowszechniejsze zastosowanie.

W niniejszej pracy zaprezentowano wybrane możliwości realizacji badań układów dynamicznych na ćwiczeniach laboratoryjnych z automatyki i mechatroniki.

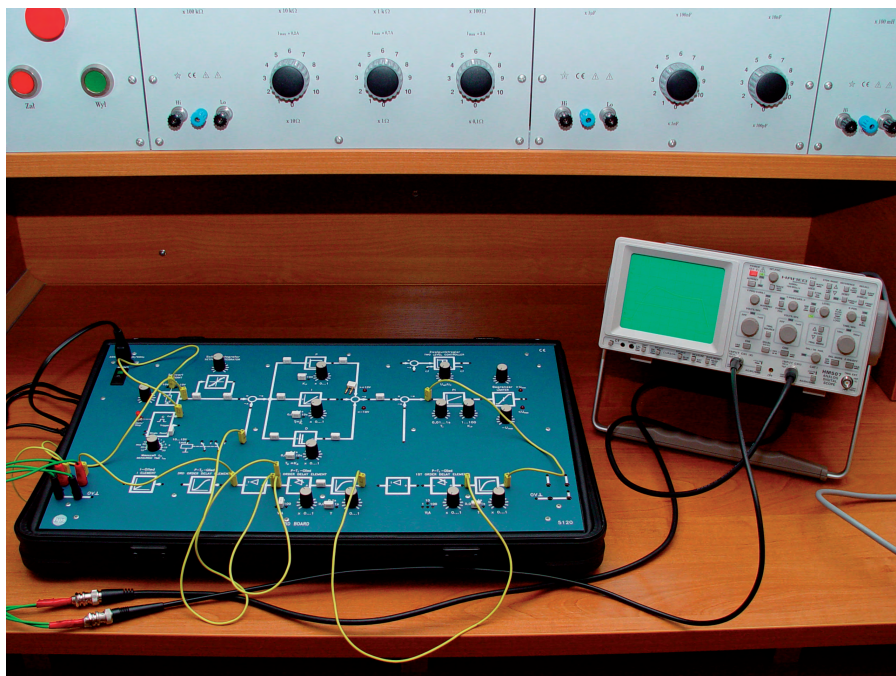
Przedstawiono możliwość zastosowania do tego celu modułu BP-40 rekomendowanego przez firmę FESTO DIDACTIC oraz języka symulacyjnego MATLAB/Simulink.

Badanie własności układów regulacji za pomocą modeli fizycznych

W badaniach stanów dynamicznych obiektów, regulatorów i układów automatycznej regulacji wygodnie jest stosować produkowane przez specjalistyczne firmy stanowiska dydaktyczne, np. BP-40 hps 5120 przedstawione na ryc. 1, na którym można realizować ćwiczenia wprowadzające do techniki regulacji [1],

rozprowadzane w Polsce przez firmę FESTO DIDACTIC. Stanowisko to uzupełnione m.in. w odpowiedni oscyloskop lub rejestrator umożliwia realizację ćwiczeń z zakresu:

- inercyjnych obiektów regulacji pierwszego i wyższych rzędów, całkujących, opóźniających,
- określania charakterystyk skokowych regulatorów P, PI, PD, PID,
- regulatora dwupołożeniowego,
- układów automatycznej regulacji z różnymi typami regulatorów i różnymi obiektami statycznymi i opóźniającymi, a w szczególności: układu regulacji z obiektem inercyjnym pierwszego rzędu sterowanego przez regulatory typu P i PI, układu regulacji z obiektem inercyjnym pierwszego rzędu sterowanego regulatorem dwupołożeniowym, układu regulacji z obiektem inercyjnym trzeciego rzędu sterowanego regulatorem typu P, PID, układu regulacji z obiektem inercyjnym trzeciego rzędu sterowanego regulatorem dwupołożeniowym, układu regulacji z obiektem inercyjnym trzeciego rzędu sterowanego regulatorem dwupołożeniowym z korekcją, układu regulacji z obiektem całkującym bez opóźnienia i z opóźnieniem sterowanym regulatorem typu P,
- symulacji obwodu regulacyjnego pozycyjnego w obrabiarce,
- dobór nastaw regulatorów metodą doświadczalną Zieglera-Nicholsa oraz na podstawie odpowiedzi skokowej według Chiena i Kúpfmüllera.



Ryc. 1. Realizacja ćwiczenia: dobór nastaw regulatorów metodą Chiena i Kúpfmüllera, za pomocą modułu BP-40 hps 5120 [1]

Inne urządzenia tej firmy to:

- Motor Board hps 5130,
- Power Board hps 5125,
- Servo Board hps 5131,
- obiekt regulacji temperatury i światła hps 5125.5.

Możliwości zastosowania tych środków dydaktycznych do ćwiczeń laboratoryjnych są przedstawione w odpowiednich instrukcjach dołączanych przez producentów tych urządzeń.

Wspomagane komputerowo badania układów dynamicznych

Zastosowanie komputera w modelowaniu, analizie, identyfikacji oraz syntezie dynamicznych układów automatyki – CACSD (ang. *Computer Aided Control Systems Design*) jest dziedziną, która zaczęła intensywnie rozwijać się w latach osiemdziesiątych.

Narzędziem software'owym, które znalazło najszerze zastosowanie w praktyce, jest wprowadzony w 1985 roku (pierwsza wersja) program MATLAB (ang. *MATrix LABoratory*), który przeznaczony był początkowo do numerycznych obliczeń macierzowych [2].

Podstawową zaletą MATLAB-a jest duża liczba procedur numerycznych oraz ich wysoka jakość oraz rozszerzalność, która polega na możliwości jego rozbudowy przez użytkownika napisanymi własnymi funkcjami, dołączania tzw. m-plików (pewną liczbę poleceń z wiersza zapisanych do pliku z rozszerzeniem *.m). M-pliki stanowią własne fragmenty kodu źródłowego (skrypty interpretowane, procedury z parametrami formalnymi). Wiele m-plików nie posiada własnego interfejsu użytkowego – nie są to pakiety ani biblioteki. Są to toolboxy, zwane w j. polskim przybornikami. Można do nich zaliczyć przyborniki ogólnego stosowania, które są przeznaczone do:

- filtracji cyfrowej i analizy widmowej sygnałów (*Signal Processing Toolbox*),
- optymalizacji układów liniowych i nieliniowych, programowania liniowego i nieliniowego, optymalizacji wielokryterialnej (*Optimization Toolbox*), w tym optymalizacji za pomocą algorytmów genetycznych (*Genetic Algorithm and Direct Search Toolbox*),

- statystycznej analizy danych (*Statistics Toolbox*),
- logiki rozmytej (*Fuzzy Logic Toolbox*),
- sterowania (*Control System Toolbox*),
- obróbki obrazów (*Image Processing Toolbox*),
- pomiarów (*Instrument Control Toolbox*),
- interpolacji sklejaney (*Spline Toolbox*),
- sieci neuronowych (*Neural Network Toolbox*)

i innych, np. z zakresu biologii, finansów.

MATLAB umożliwia rysowanie dwu- i trójwymiarowych wykresów funkcji oraz wizualizację wyników obliczeń w postaci rysunków statycznych i animacji. Możliwe jest pobieranie danych pomiarowych z czujników zewnętrznych przez porty i obróbkę tych danych.

Do badań symulacyjnych układów dynamicznych stosowane były od lat siedemdziesiątych ubiegłego stulecia różne oprogramowania [4]. Obecnie najnowo-

częściej pod względem przyjętych rozwiązań implementacyjnych jest pakiet Simulink. Program ten jest rozszerzeniem MATLAB-a. Przyjmuje wszystkie elementy jego interfejsu oraz funkcji numerycznych i graficznych [3]. Simulink pozwala budować modele symulacyjne przy pomocy interfejsu graficznego i tzw. bloków. Przy pomocy Simulinka można przeprowadzać obliczenia symulacyjne z czasem ciągłym i dyskretnym.

Model symulacyjny, który jest podstawą obliczeń symulacyjnych zawiera podstawowe obiekty schematu blokowego Simulinka.

Zasadniczymi są bloki dynamiczne i bloki połączeniowe.

W podstawowym oknie Simulinka występują następujące bloki:

- bloki stanowiące źródło (*Sources*),
- odbiorniki (*Sinks*),
- bloki liniowe (*Linear*),
- bloki nieliniowe (*Nonlinear*),
- bloki połączeniowe (*Connections*),
- bloki dodatkowe (*Extra*).

Bloki źródeł stanowią generatory skoku jednostkowego (*Step Fun*), sygnału sinusoidalnie zmiennego (*Sine Wave*), szumu białego (*White Noise*), impulsów zegara (*Clock*), przebiegów czasowych zapamiętanych jako zmienne w przestrzeni roboczej MATLAB-a (*From Workspace*), przebiegi czasowe zapisane w pliku typu .mat (*From File*), wartości stałych (*Constant*) i innych.

Bloki biblioteki odbiorników to: wyświetlacze (*Scope*), bloki zapamiętujące przebiegi jako zmienne w przestrzeni roboczej MATLAB-a (*To Workspace*), bloki, które zapisują przebiegi w pliku .mat (*To File*).

Bloki liniowe ciągłe stanowią bibliotekę, w której znajdują się: sumator (*Sum*), wzmacniacz (*Gain*), element całkujący (*Integrator*), element różniczkujący (*Derivative*), transmitancji operatorowej w formie czynnikowej (*Zero Pole*), bloki wielowymiarowe opisywane ciągłymi równaniami stanu (*State - Space*).

Bloki nieliniowe realizują nieliniowe operacje dokonywane na sygnale lub sygnałach wejściowych, takie jak: obliczanie wartości bezwzględnej (*Abs*), iloczyn (*Product*) obliczanie dowolnej funkcji skalarnej zapisanej w języku C' (*Fcn*), obliczanie odpowiedzi elementu z histerezą (*Backlash*), elementu ze strefą martwą (*Dead Zone*), elementu z ograniczonym przyrostem względnym (*Rate Limiter*), elementu z nasyceniem (*Saturation*), obliczanie wartości funkcji zadanej w postaci tabeli metodą interpolacji i ekstrapolacji (*Look Up Table*) oraz przełączniki (*Switch*) i przekładniki (*Relay*). W bibliotece tej znajduje się również blok realizujący opóźnienie transportowe (*Transport Delay*).

Bloki połączeniowe zawarte są w bibliotece zawierającej: bramy wejściowe (*Inport*) i wyjściowe numerowane (*Outport*), multipleksery (*Mux*), demultipleksery (*Demux*).

Bloki dodatkowe stanowią biblioteki, które zawierają bloki pochodne, jak np. dodatkowe źródła w postaci generatorów szumów o ograniczonym widmie, bloki funkcji korelacji, filtry, regulatory, obserwatory Kalmana, kwantyzatory przebiegów, blok całkujący z ograniczeniem, ekstrapolatory zerowego, pierwszego rzędu i inne.

Obecnie istnieje wiele rozszerzeń Simulinka, które mają zastosowanie do cyfrowego przetwarzania sygnałów, analizie obwodów elektrycznych, w teorii sterowania, do projektowania układów sterowania w czasie rzeczywistym.

Przykład zastosowania pakietu Simulink

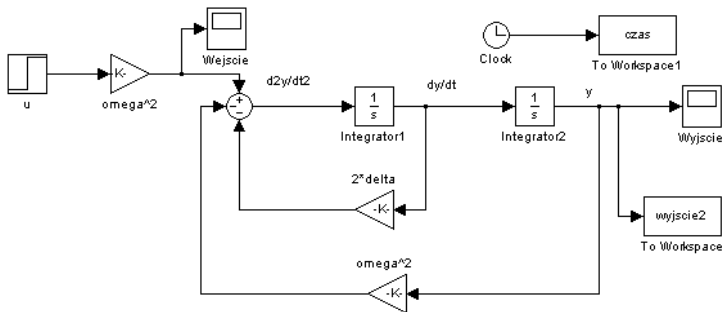
W charakterze prostego przykładu przedstawiono określenie charakterystyki skokowej elementu oscylacyjnego drugiego rzędu przy zastosowaniu metody komputerowego wspomagania i pakietu Simulink. Równanie dynamiki tego elementu ma postać:

$$\frac{d^2 y}{dt^2} + 2\delta \frac{dy}{dt} + \omega_0^2 y = \omega_0^2 u$$

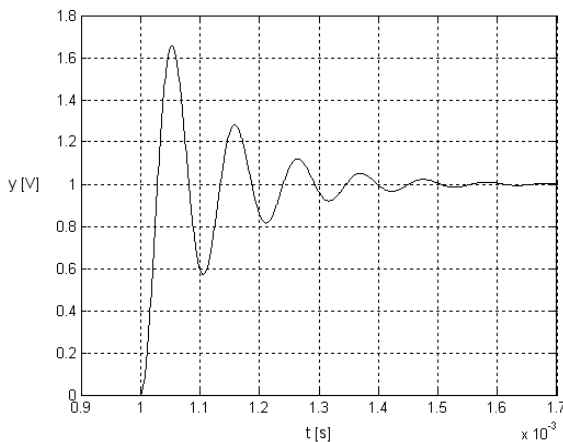
gdzie: δ – współczynnik tłumienia, ω_0 – współczynnik drgań nietłumionych, u – sygnał wejściowy obiektu, y – sygnał wyjściowy obiektu.

Podstawą obliczeń jest schemat blokowy badanego elementu przygotowany w Simulinku, przedstawiony na ryc. 2a. Wynik obliczeń stanowiący odpowiedź skokową elementu oscylacyjnego prezentuje ryc. 2b.

a)



b)



Ryc. 2. a) graf funkcyjny elementu oscylacyjnego drugiego rzędu w języku Simulink, b) charakterystyka skokowa tego elementu

Bibliografia

- [1] Materiały dydaktyczne do BP-40, Wyd. Festo Sp. z o.o, Raszyn 1997
- [2] Moler C., Littre J., Bangert S., Kleinman S., *PC-MATLAB User's Guide*, The Math-Works. Inc. Sherborn, MA, November 1985
- [3] Simulink for Microsoft Windows, User's Guide. The MathWorks. Inc. Natick, MA, 1992
- [4] Szymkat M., *Komputerowe wspomaganie w projektowaniu układów regulacji*, WNT, Warszawa 1993
- [5] www.ont.com.pl, Oprogramowanie naukowo-techniczne, dostęp: 2008
- [6] www.hps-systemtechnik.com, dostęp: 2008
- [7] www.ndn.com.pl, dostęp: 2008

Simulation methods investigation of elements and of control systems

Abstract

In the paper selected possibilities of realization of investigations of dynamic systems in automatics and mechatronics laboratory praxis are considered.

Application of module BP – 40 recommended by firm FESTO DIDACTIC and program MATLAB/Simulink are present.

Key words: symulation investigations, dynamical systems