

Grzegorz OBREŃSKI

IDENTYFIKACJA OBIEKTÓW DYNAMICZNYCH - SKOMPUTERYZOWANE STANOWISKO LABORATORYJNE

Streszczenie. W artykule przedstawiono opis stanowiska badawczego przeznaczonego głównie do celów dydaktycznych do identyfikacji obiektów dynamicznych co najwyżej drugiego rzędu z czasem opóźnienia, liniowych statycznie i dynamicznie. Zaprezentowano sposób jego realizacji, możliwości programu komputerowego zarządzającego systemem, wybrane zagadnienia związane z wykorzystanymi metodami identyfikacji ze wskazaniem udziału użytkownika w eksperymencie pomiarowym, a także przykładowe wyniki badań.

IDENTIFICATION OF DYNAMICAL OBJECTS - COMPUTERIZED LABORATORY STATION

Summary. In the article a description of the investigation station, destined mainly for didactical purposes, for identification of dynamical objects up to second order with time delay, statically and dynamically linear is presented. The way of its realisation, abilities of the computer program managing the system, selected problems connected with used identification methods with indication of participation of the user in the measuring experiment, and also results of investigations are presented.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ - ЛАБОРАТОРНОЕ РАБОЧЕЕ МЕСТО С ЭВМ

Резюме. В статье представлено описание рабочего места предназначенного главным образом для дидактических целей для идентификации динамических объектов на больше второй степени с временем опоздания, статических и динамических линейных. Показаны способ его реализации, возможности компьютерной программы управляющей системой, выбранные проблемы связанные с использованными методами идентификации с указанием участия пользователя в эксперименте, а также примерные результаты исследований.

1. WPROWADZENIE

Jedną z podstawowych metod wykorzystywanych w różnych dziedzinach nauki i techniki jest modelowanie, tj. wykorzystywanie (np. dla celów badawczych) obiektów, których właściwości dobrze znamy (modeli) zamiast obiektów rzeczywistych, nieznanych. Zwięzłą formę opisu najważniejszych właściwości obiektów stanowią modele matematyczne.

Postępowanie zmierzające do wyznaczenia modelu obiektu nieznanego nazywa się identyfikacją. Możliwe jest przy tym badanie zjawisk fizycznych zachodzących w obiekcie - prowadzące do tzw. modelu "poznawczego" lub też badanie sygnałów wejściowych i wyjściowych - prowadzące do modelu "wejściowo-wyjściowego".

Współczesna metrologia dysponuje bogatym wachlarzem metod identyfikacji umożliwiających określenie zarówno postaci modelu matematycznego, jak i wartości jego parametrów - nie tylko dla modeli obiektów statycznych, lecz także dla modeli obiektów dynamicznych.

Przedmiotem niniejszej pracy jest opis stanowiska laboratoryjnego do identyfikacji wybranej klasy modeli wejściowo-wyjściowych obiektów dynamicznych, przeznaczonego głównie do celów dydaktycznych.

2. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA SYSTEMU

Przyjęto dwa zasadnicze źródła danych dotyczących sygnałów na wejściu i wyjściu obiektu:

- pomiary dla obiektów fizycznych,
- obliczenia dla cyfrowych modeli obiektów.

W pierwszym przypadku możliwe jest wykorzystanie dwukanałowego oscyloskopu cyfrowego z pamięcią Tektronix 2211 oraz (w dalszej kolejności, po przystosowaniu systemu) innych urządzeń realizujących próbkowanie i zapamiętywanie sygnałów wejściowego i wyjściowego: karty przetworników A/C instalowanej w komputerze, systemu pomiarowo-kontrolnego RTC. Funkcję generatora wejściowych sygnałów testowych w przypadku zastosowania oscyloskopu może pełnić dowolny

generator funkcyjny, a w pozostałych przypadkach karta pomiarowa lub system RTC (poprzez kanały przetworników C/A).

Generacja sygnałów poprzez obliczenia dla cyfrowych modeli obiektów dynamicznych ma na celu umożliwienie porównania przydatności i dokładności wykorzystywanych metod identyfikacji obiektów "wzorcowych" i obiektów realnych (fizycznych).

Ze względu na przeznaczenie dydaktyczne przyjęto zasadę wprowadzenia udziału eksperymentatora w procesie identyfikacji - w zakresie wyboru rodzaju modelu matematycznego dla obiektu oraz wprowadzania parametrów wejściowych dla wybranej metody identyfikacji - stanowisko umożliwia przeprowadzenie procesu identyfikacji nie w warunkach z góry narzuconych, wskazanych jako właściwe i prowadzących do poprawnych wyników, lecz różnych w zależności od intencji użytkownika. Tylko w ten sposób, śledząc na bieżąco przebieg eksperymentów i ucząc się wykorzystywać poznane metody identyfikacji w sposób poprawny, spostrzegając popełnione błędy osiągnąć będzie można zadowalające wyniki dydaktyczne.

Przetwarzanie wyników pomiarowych (a także wyników obliczeń dla numerycznych modeli obiektów) zrealizowane jest programowo.

Środowiskiem, w którym zrealizowano funkcjonowanie programu zarządzającego, jest system operacyjny komputera zgodnego ze standardem IBM PC.

Z uwagi na mnogość obiektów dynamicznych będących przedmiotem badań na tym stanowisku przyjęto pewne ograniczenia:

- badane mogą być układy o jednym wejściu i jednym wyjściu,
- identyfikacji parametrów można dokonać dla modeli:
 - co najwyżej drugiego rzędu z czasem opóźnienia,
 - liniowych statycznie i dynamicznie.

3. KONFIGURACJA SPRZĘTOWA

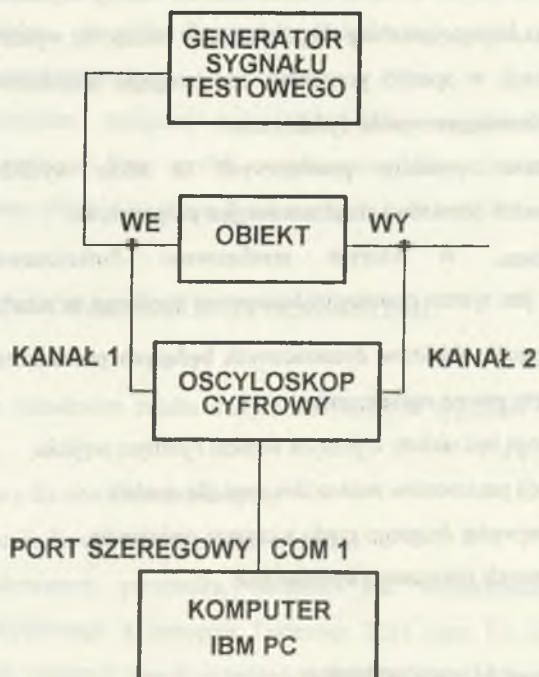
Integralną część stanowiska, a zarazem serce całego systemu, sterujące i kontrolujące proces identyfikacji, w którym dokonywane są wszelkie obliczenia, a także

umożliwiającej komunikację z użytkownikiem, stanowi komputer klasy IBM PC, który powinien posiadać:

- procesor typu 286, 386, 486 lub lepszy,
- pamięć operacyjną RAM o pojemności nie mniejszej niż 640 kB,
- co najmniej 1 MB wolnego miejsca na twardym dysku lub dysku elastycznym,
- kartę graficzną EGA, VGA lub SVGA,
- kartę wejść/wyjść szeregowych.

Ponadto wymagana jest wersja 3.30 (lub późniejsza) systemu operacyjnego MS-DOS.

W wersji podstawowej stanowiska urządzeniem do rejestracji przebiegów wejściowych i wyjściowych badanego obiektu jest dwukanałowy oscyloskop z pamięcią Tektronix 2211. Do generacji sygnałów wejściowych można wykorzystać dowolny generator funkcyjny. Schemat blokowy stanowiska przedstawiono na rys. 1.



Rys.1. Schemat blokowy stanowiska

Fig. 1. Block diagram of the station

4. PROGRAM ZARZĄDZAJĄCY

Zasadniczą częścią stanowiska laboratoryjnego jest program komputerowy, sterujący pracą całego systemu i realizujący algorytmy zastosowanych metod identyfikacji. Cechy, jakimi się odznacza, to: elastyczność (pod względem przystosowywania go do pracy z innymi urządzeniami wejścia/wyjścia) oraz łatwość obsługi. Komunikacja z użytkownikiem zrealizowana jest za pomocą okienek.

Po uruchomieniu programu użytkownik ma do wyboru następujące opcje:

- eksperyment,
- symulację,
- zapis/odczyt pliku,
- przetwarzanie danych,
- identyfikację,
- koniec pracy.

Pierwsza z nich - "eksperyment" - pozwala na przeprowadzenie eksperymentu identyfikacyjnego na rzeczywistym obiekcie. Użytkownik informowany jest o tym, jakie czynności powinien wykonać, by zarejestrować sygnały wejściowy i wyjściowy, będące danymi wejściowymi dla procedur identyfikacyjnych. Po zastosowaniu się do podanych wskazówek i wykorzystaniu do pomiarów oscyloskopu i generatora funkcyjnego na ekranie zaprezentowane zostają (w postaci wykresów) otrzymane przebiegi. Pojawia się pytanie o ich akceptację. W przypadku odpowiedzi negatywnej eksperyment pomiarowy jest powtarzany. W przeciwnym przypadku, po ewentualnym zapisie wyników w pamięci stałej, program powraca do menu głównego.

Otrzymane w wyniku eksperymentu dane można przekształcić wykorzystując do tego celu opcję "przetwarzanie danych". Na ekranie przedstawione zostają wtedy charakterystyki widmowe sygnału wejściowego i wyjściowego, wykresy funkcji korelacji własnych i wzajemnej oraz ponownie sygnałów pobudzenia i odpowiedzi obiektu (pomocne w przypadku odczytywania danych wcześniej zapisanych w pamięci stałej). Każdy z otrzymanych wykresów można powiększyć.

Opcja "identyfikacja" umożliwia wykorzystanie do wyznaczenia parametrów modelu badanego obiektu (lub ewentualnie także jego struktury) jednej z zaimplementowanych w systemie metod identyfikacji. Użytkownik jest na wstępie pytany, czy na podstawie zaobserwowanych wcześniej przebiegów czasowych sygnałów jest w stanie stwierdzić, jakiego rzędu jest model danego obiektu.

1. W przypadku odpowiedzi przeczącej system ekspertowo wybiera najlepszy model i podaje jego parametry.

2. Gdy odpowiedź jest twierdząca, system oczekuje na wybranie struktury modelu. Po dokonaniu wyboru należy określić "dziedzinę" (czas lub częstotliwość), w której dokonywana będzie identyfikacja. W zależności od dokonanego wyboru system realizuje odpowiednią dla danej struktury i dziedziny procedurę obliczeniową, po czym na ekranie pojawiają się wyniki identyfikacji.

Niezależnie od tego, czy system komputerowy sam określił najlepszy model obiektu i jego parametry, czy też z udziałem użytkownika, przy komunikacie o końcowych wynikach identyfikacji możliwe jest sprawdzenie, w jaki sposób dana metoda obliczeniowa została wykorzystana. W razie konieczności użytkownik może sam wpłynąć na jej sposób działania. (Dokładniej opisano to w części poświęconej wybranym metodom identyfikacji). Czynność ta może być powtarzana wielokrotnie aż do uzyskania pożądaných rezultatów.

Miarą dokładności otrzymywanych wyników, poprawności stosowania danej metody identyfikacji oraz tego, czy wybrana została właściwa struktura modelu jest wykres tzw. błędu dynamicznego (jego definicję podano przy omawianiu wyników eksperymentów), który każdorazowo może być przedstawiony na ekranie monitora.

Wybranie z menu głównego opcji "symulacja" pozwala na generację spróbkowanych przebiegów odpowiedzi wybranego modelu obiektu na jedno z dostępnych wymuszeń. Po podaniu niezbędnych parametrów na ekranie przedstawione zostaną przebiegi wymuszenia i odpowiedzi, które można wykorzystać jako dane wejściowe do opcji "przetwarzanie danych" oraz "identyfikacja". Program udostępnia następujące rodzaje sygnałów wymuszających:

-skok jednostkowy,

- impuls jednostkowy,
- sygnał sinusoidalny,
- sygnał losowy binarny,
- sygnał losowy normalny.

Opcja "zapis/odczyt pliku" daje możliwość pracy z danymi zapisanymi wcześniej. Do każdego pliku można dołączyć informację o jego zawartości. W przypadku wykorzystania systemu do pracy dydaktycznej program zabezpiecza dane poszczególnych użytkowników przed skasowaniem.

Opcje "symulacja" oraz "zapis/odczyt pliku" umożliwiają pracę z systemem także w przypadku braku oscyloskopu cyfrowego na stanowisku.

5. WYBRANE METODY IDENTYFIKACJI

Z uwagi na przeznaczenie dydaktyczne stanowiska do estymacji parametrów modeli badanych obiektów wybrano metody analityczno-graficzne (opisane w pracy [1]), z którymi użytkownik ma możliwość zapoznać się w ramach przedmiotu 'miernictwo dynamiczne' na specjalności Automatyka i Metrologia Elektrotechniczna.

Metody podzielono na dwie grupy:

- metody odpowiedzi skokowej lub impulsowej (dziedzina czasu),
- metody częstotliwościowe.

Poniżej przedstawiono wybrane zagadnienia związane z zaimplementowanymi w systemie metodami, z uwzględnieniem udziału eksperymentatora w procesie identyfikacji.

5.1. Metody odpowiedzi skokowej lub impulsowej

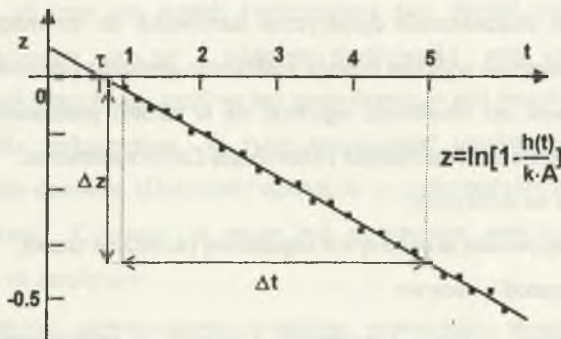
Wykorzystane w pracy metody opierają się na wyznaczaniu prostej najmniejszych kwadratów, interpolującej zbiór próbek odpowiedzi skokowej obiektu przeliczonych według funkcji zmiennej pomocniczej z [1].

W przypadku obiektu inercyjnego pierwszego rzędu zastosowana do identyfikacji parametrów modelu metoda nie precyzuje sposobu estymacji czasu opóźnienia τ . Analiza przebiegu prostej najmniejszych kwadratów pozwoliła na jego określenie.

Estymacja czasu opóźnienia dla wybranego modelu polega na wyznaczeniu odciętej punktu przecięcia się prostej najmniejszych kwadratów z osią czasu. Wartość ta jest równa estymowanej wartości czasu opóźnienia τ .

Należy zauważyć, że do obliczeń prostej najmniejszych kwadratów nie można brać pod uwagę punktów początkowych. W przypadku występowania opóźnienia prowadzi to do błędnego wyznaczenia stałej czasowej modelu (rys.2).

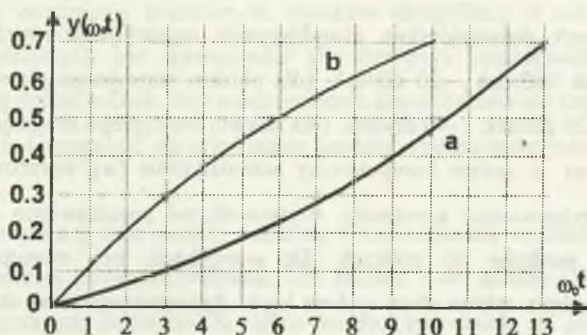
System dzięki specjalnie opracowanemu algorytmowi wybiera odpowiednie punkty i dokonuje ich interpolacji. Użytkownik może w razie potrzeby zmienić przedział tych punktów i ponowić proces interpolacji obserwując otrzymane wyniki oraz przebieg błędu dynamicznego.



Rys.2. Wyznaczanie stałej czasowej i czasu opóźnienia dla modeli obiektów pierwszego rzędu

Fig.2. Evaluating of time constant and time delay for models of first order inertial objects

Zastosowanie do eksperymentu identyfikacyjnego skoku jednostkowego jako sygnału testującego nie daje na wyjściu obiektu na tyle szybkiej zmiany wartości amplitudy sygnału, aby można było wystarczająco precyzyjnie określić moment wystąpienia odpowiedzi (rys.3). Impuls jednostkowy pod tym względem cechują lepsze właściwości.



Rys.3. Porównanie szybkości odpowiedzi skokowej (a) i impulsowej (b) modelu obiektu drugiego rzędu dla $\zeta = 0.2$

Fig.3. Comparison of speed of step (a) and impulse (b) response of model of second order inertial object for $\zeta = 0.2$

Autor proponuje rozwiązanie nie wymagające od eksperymentatora dodatkowego pomiaru z impulsem jednostkowym, a polegające na zróżniczkowaniu zarejestrowanej już odpowiedzi skokowej.

5.2. Metody częstotliwościowe

Zastosowane w pracy metody identyfikacji w dziedzinie częstotliwości [1] opierają się na wykorzystaniu charakterystyk częstotliwościowych identyfikowanych obiektów. Wyznaczenie ich jest w praktyce pomiarowej często łatwiejsze do wykonania w porównaniu z wyznaczaniem charakterystyk czasowych, ponieważ wymaga pomiarów odnoszących się raczej do stanu ustalonego niż dynamicznego. Bezpośrednie pomiary charakterystyk częstotliwościowych wymagają jednak stosunkowo dużo czasu.

W omawianym systemie wyznaczenie charakterystyk częstotliwościowych polega na zastosowaniu do zarejestrowanych przebiegów w dziedzinie czasu szybkiej transformaty Fouriera (FFT) [3]. Sygnały wymuszające mogą być dowolne, ale o odpowiednio szerokim widmie częstotliwości [2].

Wykorzystanie do identyfikacji parametrów modeli obiektów inercyjnych pierwszego i drugiego rzędu wybranych metod wiąże się z koniecznością określenia do

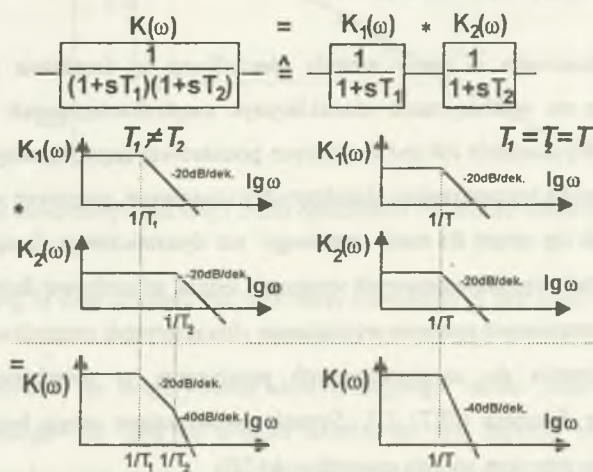
wyznaczonych doświadczalnie charakterystyk częstotliwościowych ich asymptot o nachyleniach 0dB/dek., -20 dB/dek. (dla obiektu inercyjnego pierwszego rzędu) oraz 0dB/dek., -20 dB/dek. i -40 dB/dek. (dla obiektu inercyjnego drugiego rzędu).

Mimo iż system komputerowy automatycznie (wg opracowanego algorytmu) wyznacza odpowiednie asymptoty, użytkownikowi pozostawiono możliwość wyboru przedziału punktów do obliczeń. Do weryfikacji, czy ewentualna zmiana tych przedziałów była celowa, służy wykres błędu dynamicznego oraz otrzymane parametry modelu (w przypadku gdy można je porównać ze znanymi parametrami obiektu).

Przy identyfikacji parametrów modelu obiektu inercyjnego drugiego rzędu (przy zastosowaniu opisanej metody częstotliwościowej) szczególnym przypadkiem jest sytuacja, gdy obie stałe czasowe T_1 i T_2 są sobie równe. W literaturze poświęconej tej metodzie przypadek ten nie jest rozpatrywany.

Autor uwzględnił tę sytuację i opierając się na rozumowaniu zilustrowanym na rys. 4, zaproponował estymację obu stałych czasowych poprzez wyznaczenie odciętej punktu przecięcia się asymptot charakterystyki amplitudowej o nachyleniach -40 dB/dek. i 0 dB/dek.

• Wartości stałych czasowych są wtedy równe odwrotności danej odciętej.



Rys.4.Przebieg charakterystyk częstotliwościowych dla przypadków, gdy $T_1 \neq T_2$ oraz $T_1 = T_2$

Fig.4. Frequency characteristics in case, when $T_1 \neq T_2$ and $T_1 = T_2$

Warunkiem otrzymania poprawnych wyników identyfikacji z zastosowaniem metod częstotliwościowych jest wyznaczenie charakterystyk częstotliwościowych o wystarczająco dużej liczbie próbek oraz o odpowiednio szerokim zakresie częstotliwości. Wymagania te można uzasadnić na przykładzie modelu obiektu inercyjnego drugiego rzędu.

Metoda identyfikacji tego modelu wiąże się z koniecznością wyznaczenia trzech prostych regresji liniowej (asymptot 0dB/dek., -20 dB/dek. i -40 dB/dek.). Można tego dokonać z wystarczającą dokładnością tylko wtedy, gdy każda z prostych jest wyznaczana na podstawie odpowiednio dużej ilości punktów charakterystyki $G(\omega)$. Sprowadza się to do warunków wynikających ze wzorów:

$$f_g = \frac{1}{2T_p}, \quad (1)$$

gdzie: f_g - częstotliwość graniczna widma sygnału,

T_p - okres próbkowania sygnałów wejściowego i wyjściowego.

$$f_l = \frac{1}{T_o} = \frac{1}{nT_p}, \quad (2)$$

gdzie: f_l - częstotliwość określająca odległość pomiędzy sąsiednimi próbkami widma sygnału,

T_o - czas obserwacji sygnałów wejściowego i wyjściowego,

n - liczba zarejestrowanych próbek czasu sygnałów wejściowego i wyjściowego.

- Dla zapewnienia wystarczającej liczby punktów do wyznaczenia prostej regresji liniowej o nachyleniu 0 dB/dek., wartość f_l powinna być jak najmniejsza. w stosunku do całego zakresu częstotliwości charakterystyki $G(\omega)$ obiektu. Zatem na podstawie wzoru (2) czas obserwacji T_o powinien być odpowiednio długi.
- Aby zapewnić wystarczająco dużą ilość punktów dla prostej regresji o nachyleniu -40 dB/dek., częstotliwość graniczna f_g powinna być również wystarczająco duża, zatem okres próbkowania T_p odpowiednio mały.

Ostatecznie więc dla zapewnienia dużego czasu obserwacji i małego okresu próbkowania liczba próbek n powinna być maksymalnie duża.

Biorąc pod uwagę powyższy warunek oraz skończoną szybkość obliczeń numerycznych wykonywanych przez komputer, przyjęto $n=1024$.

Przykładowo dla obiektu inercyjnego drugiego rzędu i przyjętej liczby próbek $n=1024$, można określić ekstremalny, możliwy do rozpoznania przez system przypadków charakteryzowany przez stosunek stałych czasowych $\frac{T_1}{T_2}$.

Założmy, że minimalna liczba punktów konieczna do wyznaczenia (z wystarczającą dokładnością) asymptot (metodą najmniejszych kwadratów) o nachyleniach 0 dB/dek. i -40 dB/dek. wynosi 10.

Biorąc pod uwagę fakt, że w wyniku zastosowania DFT ilość punktów składających się na charakterystykę częstotliwościową wynosi 512 (cecha DFT), można sformułować zależności:

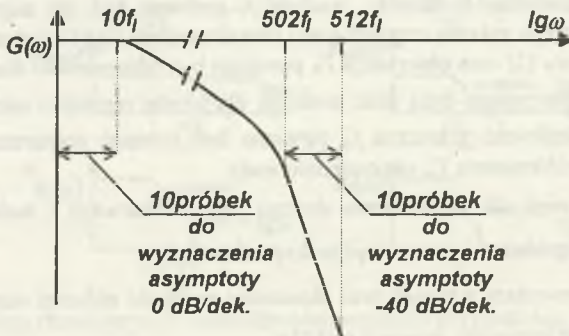
$$\frac{1}{T_1} = 10 f_i \quad (3)$$

$$\frac{1}{T_2} = (512 - 10) f_i = 502 f_i \quad (4)$$

Porównując wzory (3) i (4) otrzymuje się:

$$\frac{T_1}{T_2} \approx 50 \quad (5)$$

Jest to przypadek graniczny. Jeśli rzeczywisty obiekt cechuje większy niż 50 stosunek stałych czasowych, wyznaczenie asymptoty o nachyleniu -40 dB/dek. z wystarczającą dokładnością nie jest możliwe. System przyjmuje wtedy, że badany obiekt jest obiektem inercyjnym rzędu pierwszego.



Rys. 5. Wyznaczenie ekstremalnego stosunku $\frac{T_1}{T_2}$

Fig. 5. Evaluation of extreme $\frac{T_1}{T_2}$ ratio

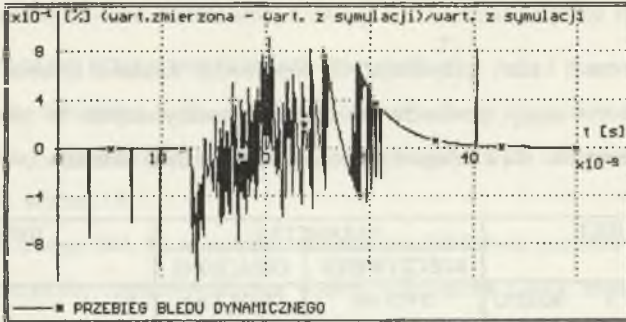
6. PODSUMOWANIE

W ramach badań sprawdzających poprawność działania systemu pomiarowego przeprowadzono wiele pomiarów na obiektach rzeczywistych. W tabeli zestawiono przykładowe wyniki dla każdego z rozpoznawanych modeli obiektów.

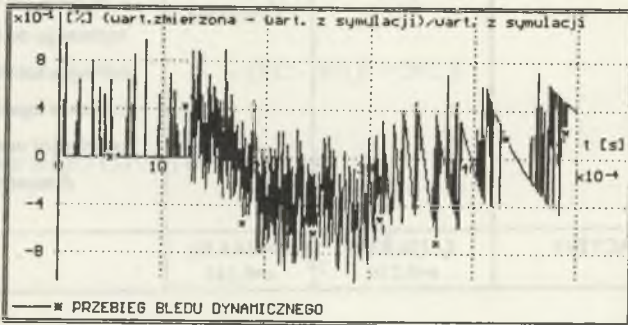
OBIEKT		PARAMETRY		UWAGI
		RZECZYWISTE	OBLICZONE	
INERCYJNY 1	RZĘDU	$T=15$ ms	$T=15.3$ ms	-
INERCYJNY 2	RZĘDU	$T_1=0.15$ ms $T_2=0.51$ ms	$T_1=0.10$ ms $T_2=0.65$ ms po poprawce*: $T_1=0.14$ ms $T_2=0.63$ ms	- wartości podane przez system automatycznie, to $T_1=0.10$ ms i $T_2=0.65$ ms. Po modyfikacji wybranego do interpolacji liniowej przedziału punktów otrzymano lepsze wyniki (co potwierdził mniejszy błąd dynamiczny)
OSCYLACYJNY		$f_0=734.1$ Hz $x=0.216$	$f_0=754.6$ Hz $x=0.243$	-

Pomiarów dokonano używając do zamodelowania obiektów rzeczywistych rezystora dekadowego, indukcyjności dekadowej oraz kondensatorów ceramicznych. Należy wziąć pod uwagę nieidealność tych elementów (ich parametry resztkowe) oraz czynniki, takie jak np. rezystancja styków, czy pojemność kabli połączeniowych. Wartości obliczone dla obiektu nie są więc zupełnie dokładne. Można zatem stwierdzić, że uzyskano bardzo dobrą zgodność parametrów wyznaczonych pomiarowo oraz ich rzeczywistych wartości. Potwierdzeniem tego mogą być dodatkowo wykresy błędu dynamicznego, zdefiniowanego jako różnica pomiędzy wartością zmierzoną i wartością otrzymaną z symulacji (dla tego samego wymuszenia), podzieloną przez wartość stanu ustalonego z symulacji. Dla badanych elementów charakterystyki błędu dynamicznego przedstawiono na rys. 6 a,b,c.

a)



b)



c)



Rys.6. Wykres błędu dynamicznego: a) element inercyjny pierwszego rzędu, b) element inercyjny drugiego rzędu, c) element oscylacyjny drugiego rzędu

Fig.6. Dynamical error plot : a) first order inertial element, b) second order inertial element, c) second order oscillating element

Wartości maksymalne błędu dynamicznego dwóch pierwszych obiektów znajdują się na poziomie błędu kwantowania (0.8%). Oznacza to, że parametry modeli obiektów wyliczone przez system są bardzo zbliżone do rzeczywistych. (Odpowiedź modelu uzyskana na drodze symulacji cyfrowej dla otrzymanych w procesie identyfikacji parametrów jest przybliżeniem odpowiedzi obiektu z dokładnością wynikającą z maksymalnej wartości błędu dynamicznego).

W przypadku obiektu oscylacyjnego drugiego rzędu wartość bezwzględna błędu dynamicznego nie przekracza 3%. Jego maksymalna wartość przypada na początek oscylacji.

Dla obu obiektów inercyjnych w okresie przed wystąpieniem odpowiedzi, jak również dla obiektu oscylacyjnego w stanie ustalonym odpowiedzi skokowej można zauważyć wpływ szumu pomiarowego. Jego wartość, jak widać na podstawie otrzymanych wykresów, świadczy, iż wydatnie wpływa on na otrzymaną dokładność pomiarów - jest jednym z podstawowych czynników decydujących o wartości maksymalnej kryterium, za jakie przyjęto błąd dynamiczny.

LITERATURA

1. Hagel R., Zakrzewski J. : Miernictwo dynamiczne, WNT, Warszawa 1984.
2. Niederliński A. : Systemy komputerowe automatyki przemysłowej, t.2. WNT, Warszawa 1985.
3. Otnes R.K., Enochson L. : Analiza numeryczna szeregów czasowych, WNT, Warszawa 1978.
4. Beauchamp K.G. : Przetwarzanie sygnałów metodami analogowymi i cyfrowymi, WNT, Warszawa 1978.
5. Eykhoff P. : Identyfikacja w układach dynamicznych, PWN, Warszawa 1980.
6. Oppenheim A. V., Schafer R. W. : Cyfrowe przetwarzanie sygnałów, WKŁ, Warszawa 1979.

Recenzent: Prof.dr hab.inż Stefan Kubisa

Abstract

The station enables identification of parameters of dynamical objects up to second order with time delay, statically and dynamically linear. An input data for identification procedures could come from measurement or digital simulation. Analytical-graphical identification methods known from literature [1], giving an opportunity of participation of the user in the identification process are used. Methods are divided into two groups: in time domain and in frequency domain. Methods in time domain are methods of step or impulse response. The role of the user is to choose a structure of the model of the object and interval of points of auxiliary variable z for interpolation of a least squares line. Frequency methods use frequency characteristics of the objects. User chooses here appropriate structure of the model and defines course of the asymptotes of frequency characteristics. A criterion of correctness of identification process is a dynamical error, which exemplary plots are given in fig. 6.

The computer program managing the system enables to experiment on real or simulated object, perform pretreatment of data (correlation functions and spectrum) and estimate the parameters of models.

A method of estimation of time delay τ of model of first order inertial object (fig. 3) and allocation of values of time constants of second order inertial object in case, when they are equal (fig. 4) is suggested. Basing on formulas (1) - (5) and fig. 5 it is as shown, that for second order inertial object the system is able to recognise the case, when $\frac{T_1}{T_2}$. Block diagram of the station is shown in fig. 1.