



УДК 681.5.033.3

ПАРАМЕТРИЧНА ІДЕНТИФІКАЦІЯ МОДЕЛІ ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ АКТИВНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ

Левінський М.В.¹, Левінський В.М.²¹ Національний університет «Одеська морська академія», ² Одеський національний технологічний університет, м. Одеса, Україна¹ORCID: ¹ <https://orcid.org/0000-0002-6544-5110>, ² <https://orcid.org/0000-0002-3563-528X>E-mail: ¹ MaxLevinskyi@gmail.com, ² ValeryLevinskyi@gmail.com

Copyright © 2021 by author and the journal “Automation of technological and business – processes”.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

DOI: 10.15673/atbp.v15i2.2523

Анотація. Актуальність. Визначення параметрів моделей об'єкта керування за його перехідними характеристиками, отриманими в результаті активного експерименту, широко застосовується в інженерній практиці при налаштуванні параметрів регулятора системи керування. Однак ручна обробка графіків перехідних характеристик має певні недоліки і тому актуальним є застосування спеціалізованих програм на ПК.

Мета. Розглянути на прикладах доцільність ідентифікації параметрів моделей об'єкта керування за результатами обробки перехідних характеристик в пакеті програм System Identification Toolbox середовища Matlab та провести моделювання систем регулювання, параметри регуляторів яких розраховані за результатами цієї ідентифікації.

Метод. В якості методів дослідження обрані ідентифікація та моделювання об'єкта та системи регулювання із застосуванням програм System Identification Toolbox та Simulink.

Результати. Наведені приклади визначення параметрів моделей об'єктів керування з самовирівнюванням і без самовирівнювання із застосуванням програми System Identification Toolbox та підтверджена коректність їх визначення шляхом моделювання цих моделей і систем регулювання на їх основі в програмі Simulink.

Висновки. Наведені приклади підтвердили доцільність використання програми System Identification Toolbox для визначення параметрів моделей об'єкту керування за його перехідними характеристиками, отриманими в активному експерименті по каналу регулювання. Ця програма може бути рекомендована для підготовки спеціалістів з автоматизації виробничих процесів в отриманні навичок з ідентифікації моделей об'єкту керування.

Abstract. Topicality. Control object model parameters calculation using its transient responses, which were obtained as a result of an active experiment, is widely used in engineering practice when adjusting the parameters of automatic control system controller. However, manual processing of transient responses graphs has certain disadvantages and, therefore, usage of special PC software is relevant.

Goal. Is to consider the expediency of control object model parameters identification using the results of transient responses processing in MatLab's System Identification Toolbox program and conduct control systems simulations with the controller's parameters which were obtained based on the results of this identification.

Method. Identification and simulation of control object model and automatic control system model using System Identification Toolbox and Simulink programs were chosen as a method of research.

Results. Control object parameters determination examples with static and astatic properties using System Identification Toolbox were provided and correctness of their determination was verified by simulation of these control object models and control systems models in the Simulink program.

Conclusions. Examples, which were given, confirmed the expediency of using System Identification Toolbox program to determine the control object model parameters based on its transient responses obtained in an active experiment through the control channel. This program can be recommended for the training of specialists in automation in acquiring of skills for identification of control object models.

Ключові слова: параметрична ідентифікація, активний експеримент, програма System Identification Toolbox.

Key words: parametric identification, active experiment, System Identification Toolbox program.

1. Вступ

Налаштування параметрів регулятора системи автоматичного регулювання (САР) за інженерними методиками було і залишається актуальною задачею при підготовці студентів відповідних спеціальностей. Також ці методики широко застосовується і на практиці, оскільки дозволяють отримати параметри регулятора за



відомими, по результатам активного експерименту, параметрам об'єкта керування (ОК).

2. Аналіз літературних даних і постановка проблеми

Визначення параметрів об'єкта за його перехідною характеристикою, яка отримана в результаті активного експерименту по каналу керування, широко висвітлено у підручниках з теорії автоматичного регулювання та ідентифікації, наприклад в [1, 2, 3, 4]. Більшість з наведених методик базуються на обробці графіків перехідної характеристики ОК, за результатами якої отримують параметри моделей ОК першого або другого порядків виду:

$$W_o(s) = k_o \exp(-\tau_o s) / (T_{o1}s + 1); \tag{1}$$

$$W_o(s) = k_o \exp(-\tau_o s) / (T_{o1}s + 1)(T_{o2}s + 1); \tag{2}$$

$$W_o(s) = \exp(-\tau_o s) / T_1 s; \tag{3}$$

$$W_o(s) = \exp(-\tau_o s) / T_1 s (T_2 s + 1), \tag{4}$$

де k_o , T_{o1} , T_{o2} – коефіцієнт передачі та постійні часу в моделях ОК з самовирівнюванням; T_1 – постійна та T_2 – постійна часу в моделях ОК без самовирівнювання; τ_o – час запізнення; s – оператор диференціювання.

При цьому слід відзначити, що обробка графіків перехідної характеристики для отримання параметрів моделей (1), (2), (3) достатньо проста, а обробка графіку для моделі (4) складніша для ручної обробки, бо може потребувати попереднього графічного диференціювання.

В усіх випадках ручна обробка графіків перехідної характеристики потребує певних навичок і ускладнюється, якщо графіки крім детермінованої складової, яка викликана керуючим впливом, містять також випадкову складову, що обумовлена дією неконтрольованих збурень. Доцільною альтернативою ручній обробці результатів активного експерименту є застосування спеціалізованих програм на ПК.

3. Мета і завдання дослідження:

розглянути на прикладах доцільність ідентифікації параметрів моделей ОК за результатами обробки перехідних характеристик в пакеті програм System Identification Toolbox середовища Matlab та провести моделювання САР, параметри регуляторів яких розраховані за результатами цієї ідентифікації.

4. Методи і матеріали досліджень

В якості методів дослідження обрані ідентифікація та моделювання ОК та САР із застосуванням програм System Identification Toolbox та Simulink [5, 6]. Перехідні характеристики тестового або «реального» ОК були отримані при моделюванні за схемами, які наведені на рис. 1 і 2.

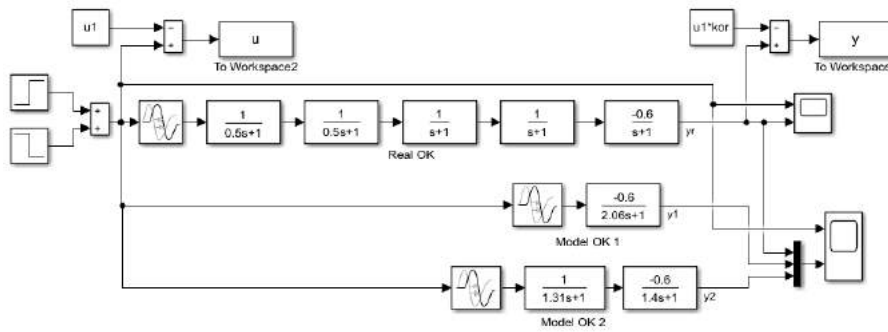


Рис. 1 Схема моделювання тестового ОК з самовирівнюванням та його моделей (1), (2) в програмі Simulink

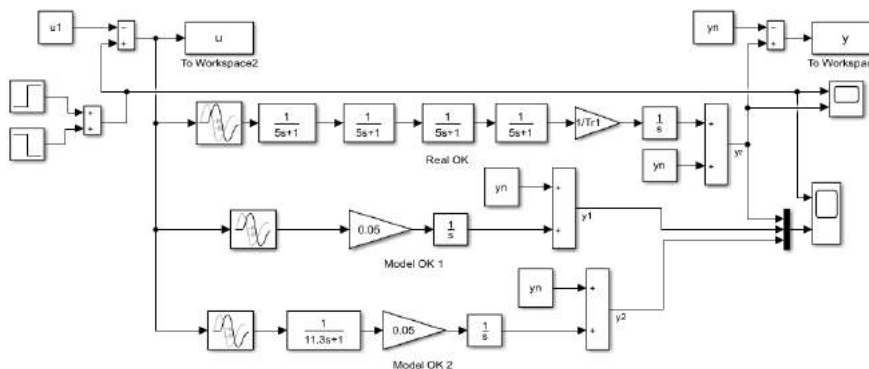


Рис. 2 Схема моделювання тестового ОК без самовирівнювання та його моделей (3), (4) в програмі Simulink

Після моделювання в програмі Simulink керуюча дія $u(t)$ та керована змінна $y(t)$ з робочого простору Matlab імпортувались до програми System Identification Toolbox (рис. 3), де у розділі Process Models проводилась ідентифікація параметрів моделей ОК.

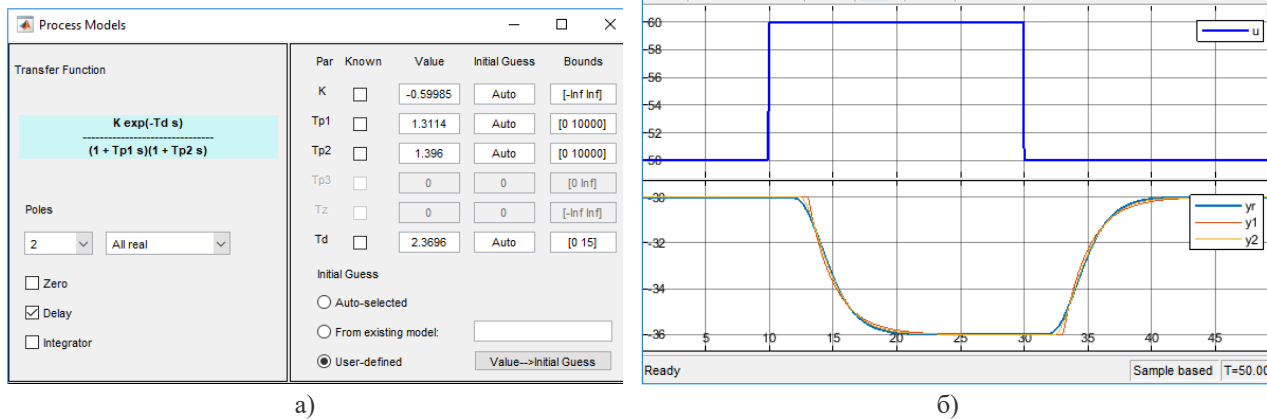


Рис. 6. Результати ідентифікації параметрів моделей ОК з самовирівнюванням та наступного моделювання:

- а) - визначення параметрів моделі (2) ОК в програмі System Identification Toolbox;**
- б) - сумісні перехідні характеристики моделей ОК, отримані в програмі Simulink за рис. 1**

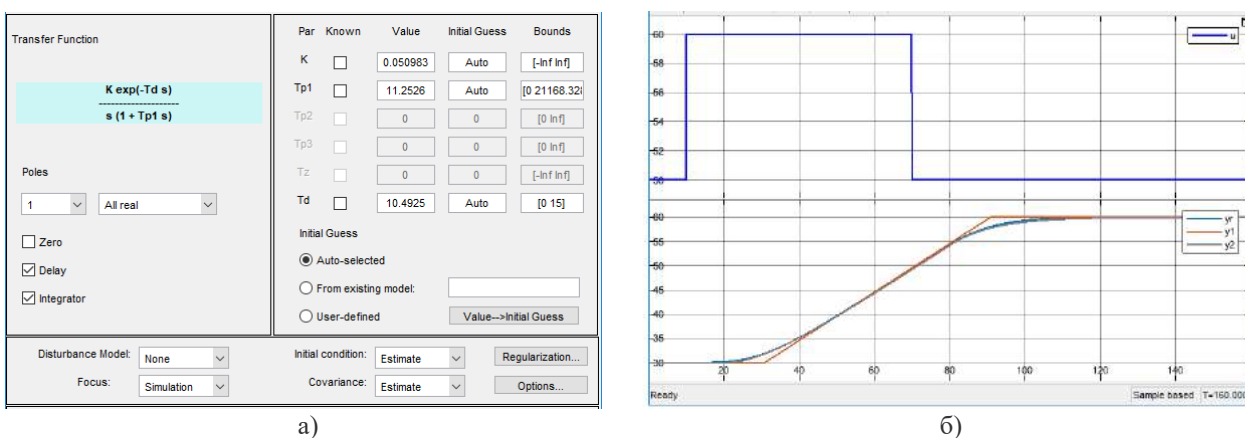


Рис. 7 Результати ідентифікації параметрів моделей ОК без самовирівнювання та наступного моделювання:

- а) - визначення параметрів моделі (4) ОК ОК в програмі System Identification Toolbox;**
- б) - сумісні перехідні характеристики моделей ОК, отримані в програмі Simulink за рис. 2**

Подальша перевірка коректності ідентифікації полягала в порівнянні реакції на неконтрольоване збурення САР з тестовими ОК та їх моделями (2) та (4) при однакових параметрах ПІ-регуляторів, що визначались за інженерною методикою, викладеною в [4]. Відповідні схеми моделювання САР в програмі Simulink наведені на рис. 4 і 5. Як видно з рис. 8а, 9а, реакції САР з тестовим ОК та його моделлю практично збігаються, що додатково підтверджує коректність отримання параметрів моделей ОК в програмі System Identification Toolbox.

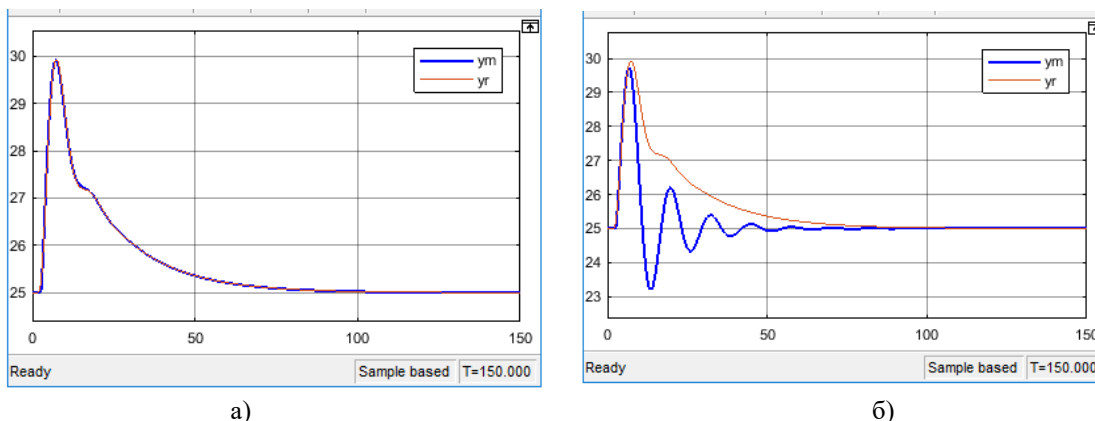
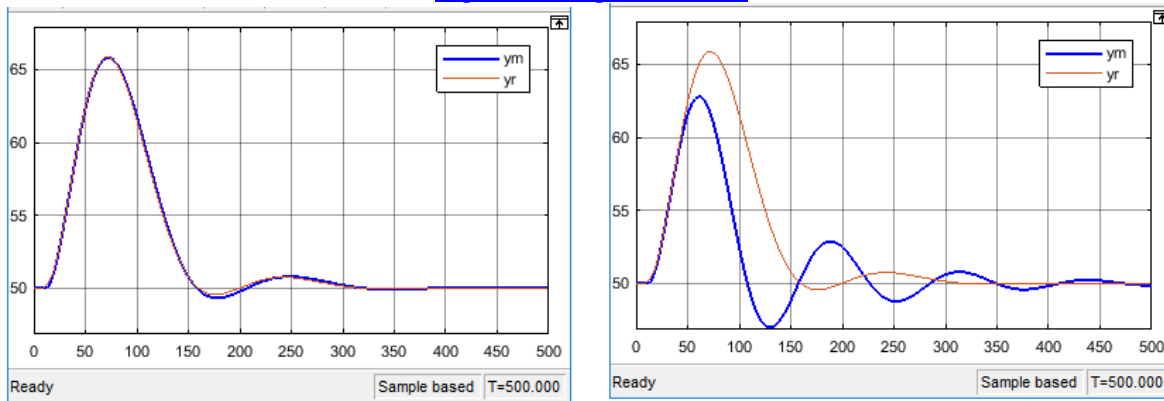


Рис. 8 Результати моделювання САР з тестовим ОК з самовирівнюванням та його моделлю (2) в програмі Simulink:

- а) – при однакових параметрах ПІ-регулятора;**
- б) – з оптимізованими параметрами ПІ-регулятора одного контуру**



а)

б)

Рис. 9 Результати моделювання САР з тестовим ОК без самовирівнювання та його моделю (4) в програмі Simulink:

а) – при однакових параметрах ПІД-регулятора;

б) – з оптимізованими параметрами ПІД-регулятора одного контуру

Додатково до інженерних методик визначення параметрів регуляторів, також були розглянуті функціональні можливості інструменту Check Custom Bounds з бібліотеки Simulink Design Optimization. Цей інструмент дозволяє графічно визначити регламентні зони для регульованої змінної САР і далі викликати програму оптимізації налаштувань параметрів регулятора Response Optimization (рис. 10).

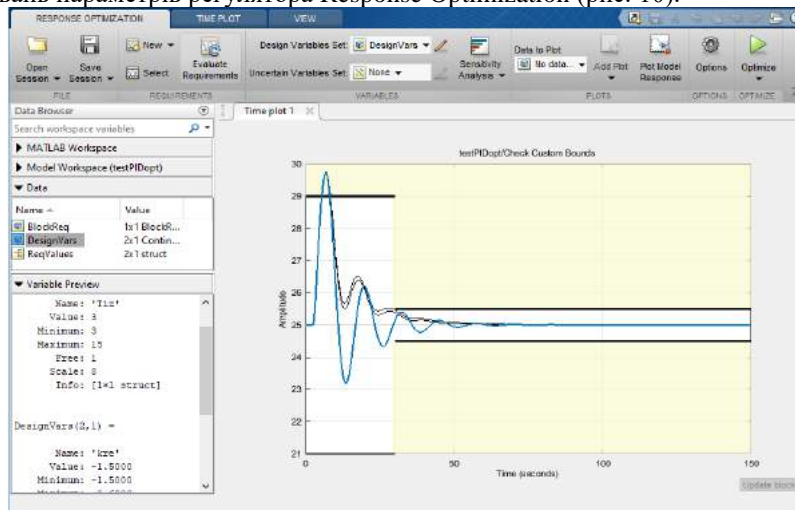


Рис. 10 Вигляд вікна програми Response Optimization при оптимізації параметрів регулятора САР

В розділі Design Variables Set цієї програми треба визначити імена параметрів регулятора і можливі діапазони їх зміни, після чого програма проведе пошук оптимальних параметрів, які б могли забезпечити розміщення регульованої змінної в регламентних зонах. На рис. 8б, 9б наведені приклади результатів моделювання САР з оптимізованими параметрами ПІД-регулятора одного контуру.

6. Обговорення результатів

Додаткові експерименти з імітаційними моделями показали, що точність визначення параметрів моделей ОК з самовирівнюванням практично однакова як при стрибкоподібній або однобічній зміні керуючого впливу, так і при двобічній або П-подібній зміні. А от параметри моделей ОК без самовирівнювання краще визначати за перехідними характеристиками, які отримані при двобічній зміні керуючого впливу.

До недоліків програми оптимізації налаштувань параметрів регулятора Response Optimization слід віднести те, що в ній явно не задаються вид критерію оптимізації, його початкові і кінцеві значення.

7. Висновки

Наведені приклади визначення параметрів моделей ОК за його перехідними характеристиками, отриманими в активному експерименті по каналу регулювання, підтвердили доцільність використання програми System Identification Toolbox. Ця програма може бути рекомендована для підготовки спеціалістів з автоматизації виробничих процесів в отриманні навичок з ідентифікації моделей ОК.

Перелік використаних джерел

- [1] Graham Goodwin, Stefan Graebe, Mario Salgado. *Control system design*. Chile: Valparaiso, 2000.
- [2] Karl Johan Astrom and Tore Hagglund. *Advanced PID control*. USA: ISA, 2006.
- [3] Sigurd Skogestad. Simple analytic rules for model reduction and PID controller tuning. *Journal of Process Control*, no. 13, pp. 291-309, 2003.



[4] Kopelovich A. *Inzhenernie metody rascheta pri vibore avtomaticheskikh regulyatorov*. M: Metalurgizdat, 1960.

[5] <https://uk.mathworks.com/products/sysid.html>

[6] <https://uk.mathworks.com/products/simulink.html>.

Отримана в редакції 29.04.2023. Прийнята до друку 15.05.2023. Received 29 April 2023. Approved 15 May 2023. Available in Internet 19 June 2023.

UDC 004.77:[654.1:316.774]

DEVELOPMENT OF THE COMPLEX LABORATORY WORKS FOR RESEARCH DIGITAL TELEVISION AND MOBILE COMMUNICATION SYSTEMS BASED ON SDR TECHNOLOGY

Illia Bondarenko, Oleksii Dushenkov, Valerii Loshakov
Kharkiv National University of Radio Electronics (Ukraine)

Copyright © 2021 by author and the journal “Automation of technological and business – processes”.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>



DOI: 10.15673/atbp.v15i2.2524o

Abstract. *Recent decades have marked by revolutionary changes, including the emergence of software-defined radio equipment (SDR). However, there is virtually no training in this area, which does not allow for the full realization of the benefits of new, more advanced communication systems. Therefore, this work aimed at solving this problem. It presents the results of the development of a set of laboratory work on modeling new generations of mobile communication and digital television systems implemented using SDR technology and the methodological instructions necessary for students to perform these works.*

Keywords: SOFTWARE DEFINED RADIO, SOFTWARE DEFINED RADIO SYSTEMS, WIRELESS COMMUNICATION, DIGITAL TELEVISION, BASE STATION, LimeSDR.

I. Introduction

Technology development does not stand still. If earlier a set of various task-oriented electronic circuits was used to process and convert signals, now it is possible to do all this with the help of software. For example, to set or change the frequency range, modulation type, signal output power, etc. At the same time, most of the work of SDR radio platforms performed on a regular personal computer or an FPGA controller that provides the necessary software configuration of the radio system. Due to the flexibility of the technology, it is possible to programmatically implement virtually all known methods of signal generation and processing used in mobile communications, television, radio broadcasting, radiomonitoring and information security systems.

II. Using sdr technology in mobile communications

2.1 Features of SDR technology and its current state

SDR (Software Defined Radio) is radio equipment with software-defined radio frequency parameters. This feature increases the flexibility and versatility of communication systems. At the same time, any changes in signal processing and generation can quickly implemented with just a program that describes the operation of the SDR [1].

In the simplest "ideal" case of an SDR transceiver (Fig. 2.1), the antenna is connected to the input of an analog-to-digital converter (ADC) or the output of a digital-to-analog converter (DAC). The output signal of the ADC converted into the required form of data representation after software digital processing. The DAC input receives a programmatically synthesized digital signal to be transmitted.