

**2 АВТОМАТИЧНІ І АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ
ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ**

УДК 681.5.017+681.516.75

**ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ДЛЯ
МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ З ЛОГІЧНИМИ
УПРАВЛЯЮЧИМИ ПРИСТРОЯМИ**Юхимчук М.С.¹¹ Вінницький національний технічний університет, Вінниця.Copyright © 2014 by author and the journal "Automation 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: [10.15673/2312-3125.18/2014.26448](https://doi.org/10.15673/2312-3125.18/2014.26448)**Анотація**

В роботі запропоновано підходи до створення інформаційної технології для моделювання поведінки нелінійних нестационарних систем, що працюють в режимі автоколивань, особливістю якої є можливість моделювати поведінку відповідного класу систем при впливі неконтрольованих параметричних збурень.

Abstract

Now the important scientific and technical challenge is to create new means of simulation of automatic control systems, especially for non-linear system with variable parameters. There is a significant number of software packages that can simulate the behavior of nonlinear non-stationary systems, but most of them have a rigid structure that does not allow for replacement or modification of the functional parts of packages. To overcome this shortcoming in the proposed structure interaction appropriate functional parts of information technology which, unlike existing ones, allows to replace or modify the operation of existing pieces of software. This change is possible through the use of interfaces that perform the function of converting data from one format to format the components of the rest of the vehicle component modeling. The paper also provides a description of problems solved components of software technology in question.

Ключові слова

Логічні управляючі пристрої, гармонічна лінеаризація.

Постановка проблеми

Збільшені вимоги до якості, точності і надійності сучасних систем автоматичного управління складними об'єктами, параметри яких змінюються в широких межах в процесі роботи, призвели до необхідності розробки і використання нових принципів управління, в тому числі і використанню логічних законів управління.

Найчастіше такі закони управління реалізуються шляхом застосування логічних управляючих пристроїв. Вони широко використовуються в системах управління різноманітними літальними апаратами, виробничими процесами, тощо.

В системах з логічним релейним управлінням в залежності від релейних й вхідних сигналів стрибком змінюється рівень управляючого впливу. Так при зменшенні сигналу відхилення, коли відхилення і швидкість його змінення мають різні знаки, виробляється релейний управляючий вплив меншого рівня, при однакових знаках управляючий вплив має максимальний рівень. При цьому системи такого класу зберігають переваги релейних систем, а саме: високу швидкодію, простоту конструкцій, великий коефіцієнт підсилення по потужності. В той же час логічне керування в потрібний момент змінює рівень і знак управляючого впливу, що



2 АВТОМАТИЧНІ І АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

дозволяє значно зменшити амплітуду автоколивань, тобто попередити можливі значні збільшення відповідних вихідних сигналів.

В тих випадках, коли в процесі роботи на систему діють незначні збурення, використовують імпульсне логічне управління. В таких системах імпульсні сигнали виробляються при співпаданні знаків сигналів відхилення і швидкості його змінення. При різних знаках вищезазначених сигналів управляючий вплив буде дорівнювати нулю.

Відомо [1], що робочим режимом систем з логічним релейним, імпульсно-релейним і імпульсним управлінням є автоколивальний режим. На теперішній час одним із найбільш потужних засобів наближеного опису нелінійних систем є метод гармонічної лінеаризації[1]. Такий метод також використовується для дослідження автоматичних систем, що керуються кінцевими автоматами. Відмінність методу гармонічної лінеаризації для такого класу систем полягає у знаходженні коефіцієнтів гармонічної лінеаризації шляхом розкладу вихідного сигналу у подвійний ряд Фур'є [2]. Така особливість обумовлюється тим, що на вхід логічного управляючого пристрою, як правило, поступає сума двох гармонічних сигналів $x(t)$, $y(t)$ з однаковими частотами.

Але, існуючі методи дослідження поведінки автоматичних систем із логічними управляючими пристроями не враховують зміни параметрів релейних датчиків, що формують вхідні сигнали логічних управляючих пристроїв при впливі на них неконтрольованих параметричних збурень. Такі зміни можуть призвести до того, що самі автоколивання стають нестійкими.

Мета роботи: створення інформаційної технології моделювання поведінки автоматичних систем з логічними управляючими пристроями, яка на відміну від існуючих, дозволяє моделювати поведінку відповідного класу систем при впливі параметричних збурень, що не контролюються.

Математична модель логічного управляючого пристрою при впливі параметричних збурень

В роботах [3] запропонована методологія розв'язання задачі робастної стійкості нелінійних нестационарних систем шляхом математичного моделювання та її використання для побудови нових інформаційно - вимірювальних систем та вимірювальних пристроїв на основі опису поведінки нелінійних нестационарних систем у просторі приростів параметрів. Даний підхід оснований на узагальненому методі описуючих функцій для однозначних та неоднозначних типових нелінійностей при різних характерах зміни їх параметрів.

В роботі[4] на основі узагальненого методу побудовані математичні моделі нелінійної релейної автоматичної системи з логічними управляючими пристроями та виведені вирази для коефіцієнтів гармонічної лінеаризації логічних управляючих пристроїв при впливі на них параметричних збурень для окремого класу автоматичних систем. Особливістю таких методів та моделей є можливість розв'язання задачі оцінки впливу первинних параметрів на властивість стійкості систем.

Так, наприклад, якщо вважати, що $y(t)$ змінюється за законом

$$y(t) = A_y \sin \omega t. \quad (1)$$

тоді $x(t)$ буде змінюватися за законом

$$x(t) = A_x \sin(\omega t + \varphi). \quad (2)$$

При наявності в релейних елементах гістерезиса, вихідні сигнали U_x та U_y визначаються не лише

значеннями вхідних сигналів X , Y , але і знаком їх похідних \dot{X} , \dot{Y} . В цьому випадку лінеаризоване рівняння логічного управляючого пристрою з релейним перетворювачем буде мати вигляд:

$$F(x, \dot{x}, y, \dot{y}) = \left(\frac{c_{10}}{A_y} + \frac{a_{10}}{A_y \omega} \cdot p \right) y + \left(\frac{b_{01}}{A_x} + \frac{a_{01}}{A_y \omega} \right) \cdot x, \quad (3)$$

де A_x , A_y - амплітуди вхідних сигналів X і Y , відповідно, ω - частота вхідних сигналів, p - оператор

Лапласу.

Коефіцієнти c_{10} , a_{10} , b_{01} , a_{01} визначаються при умові, що параметри релейних перетворювачів (вхідний сигнал релейних елементів і ширина зони нечутливості) змінюються за лінійними законами. Дані закони



2 АВТОМАТИЧНІ І АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

змінення характерні при впливі на систему таких параметричних збурень як температура, вологість, запиленість. При цьому значення відповідних коефіцієнтів визначаються за допомогою розкладу логічної функції, що описує кінцевий автомат з релейним перетворювачем сигналів у подвійний ряд Фур'є за допомогою співвідношень, які визначаються за умов, що параметри релейних перетворювачів змінюються за лінійними законами:

$$a_{10} = \frac{1}{2\pi^2} \iint_{2\pi} F(x, x, y, y) \cos \Psi_y d\Psi_y d\Psi_x = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} F(x, x, y, y) \cos \Psi_y d\Psi_y; \quad (4)$$

$$a_{01} = \frac{1}{2\pi^2} \iint_{2\pi} F(x, x, y, y) \cos \Psi_x d\Psi_y d\Psi_x = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} F(x, x, y, y) \cos \Psi_x d\Psi_x; \quad (5)$$

$$b_{01} = \frac{1}{2\pi^2} \iint_{2\pi} F(x, x, y, y) \sin \Psi_x d\Psi_y d\Psi_x = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} F(x, x, y, y) \sin \Psi_x d\Psi_x; \quad (6)$$

$$c_{10} = \frac{1}{2\pi^2} \iint_{2\pi} F(x, x, y, y) \sin \Psi_y d\Psi_y d\Psi_x = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} F(x, x, y, y) \sin \Psi_y d\Psi_y, \quad (7)$$

де $\Psi_y = \omega t$; $\Psi_x = \omega t + \varphi$, а ω - частота сигналу $y(t)$, φ - зсув фаз між сигналами $y(t)$, $x(t)$.

Як показано в [4], при заданій логіці роботи логічного управляючого пристрою та зсуві фаз між вхідними сигналами, який задовольняє нерівностям $0 < \varphi < 90^\circ$, $b_{01} = c_{10}$ та $a_{01} = a_{10}$. за допомогою тризначної логіки та графічного представлення на рис. 1 змінення сигналів на виході кінцевого автомату, при умові, що на входи релейних ланок з гістерезисом подаються гармонічні сигнали $x(t)$, $y(t)$ коефіцієнти гармонічної лінеаризації в координатах точок А, F, В, С, К, D можна представити співвідношеннями:

$$\psi_1 = \arcsin \frac{b_y}{A_y}; \quad (8)$$

$$\psi_2 = \pi - \varphi + \arcsin \frac{b_x}{A_x}; \quad (9)$$

$$\psi_3 = \pi - \arcsin \frac{b_y}{A_y}; \quad (10)$$

$$\psi_4 = \pi + \psi_1; \quad (11)$$

$$\psi_5 = 2\pi - \varphi + \arcsin \frac{b_x}{A_x}; \quad (12)$$

$$\psi_6 = 2\pi - \arcsin \frac{b_y}{A_y}; \quad (13)$$

При впливі таких параметричних збурень, як температура, запиленість, вологість параметри вихідного сигналу релейної ланки з гістерезисом В та ширини зони нечутливості С будуть змінюватись за лінійними законами, тобто:

$$B(t) = b_0 \pm bt, b \ll b_0 \quad (14)$$

$$C(t) = c_0 \pm ct, c \ll c_0. \quad (15)$$



2 АВТОМАТИЧНІ І АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

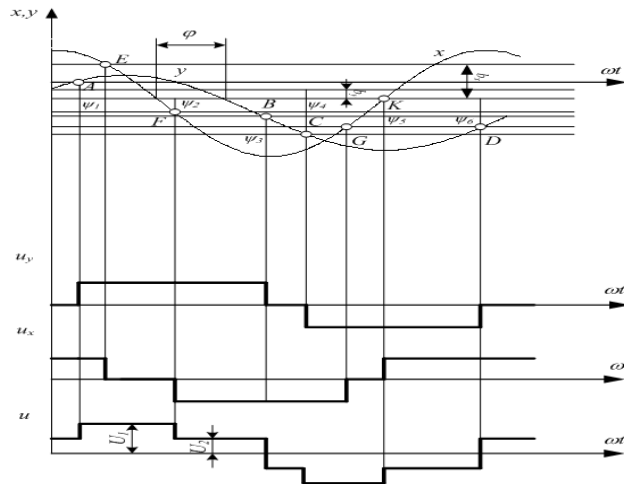


Рис. - 1. Змінення сигналів в логічному управляючому пристрої при автоколюваннях

Використовуючи рис.1 та (14), (15) інтеграл (4) запишемо у вигляді:

$$a_{10} = \frac{1}{2\pi^2} \iint_{2\pi} F(x, x, y, y) \cos\Psi_y d\Psi_y d\Psi_x = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} F(x, x, y, y) \cos\Psi_y d\Psi_y = \int_0^{\psi_1} (U_{20} \pm U_2 t) \cos\psi d\psi + \int_{\psi_2}^{\psi_3} (U_{10} \pm U_1 t) \cos\psi d\psi + \int_{\psi_4}^{\psi_5} (U_{20} \pm U_2 t) \cos\psi d\psi + \int_{\psi_6}^{\psi_7} (-U_{20} \pm U_2 t) \cos\psi d\psi + \int_{\psi_8}^{\psi_9} (-U_{10} \pm U_1 t) \cos\psi d\psi + \int_{\psi_{10}}^{\psi_{11}} (-U_{20} \pm U_2 t) \cos\psi d\psi + \int_{\psi_{12}}^{2\pi} (U_{20} \pm U_2 t) \cos\psi d\psi. \quad (16)$$

Якщо знайти окремо кожний з інтегралів, який входить у співвідношення (15), знаходимо остаточний вираз для коефіцієнта a_{10} .

$$a_{10} = U_{20} \frac{b_y}{A_y} \pm \frac{U_2}{\omega} \left[\frac{b_y}{A_y} (\arcsin \frac{b_y}{A_y}) + \sqrt{1 - (\frac{b_y}{A_y})^2} - 1 \right] + U_{10} (\sin \varphi \sqrt{1 - \frac{b_x^2}{A_x^2}} - \cos \varphi \frac{b_x}{A_x}) - U_{10} \frac{b_y}{A_y} \pm \frac{U_1}{\omega} [(\pi - \varphi + \arcsin \frac{b_x}{A_x}) (\sin \varphi \sqrt{1 - \frac{b_x^2}{A_x^2}} - \cos \varphi \frac{b_x}{A_x} + (\cos \varphi) \sqrt{1 - \frac{b_x^2}{A_x^2}} + \frac{b_x}{A_x} \sin \varphi - (\arcsin \frac{b_x}{A_x}) (\frac{b_y}{A_y}) - \sqrt{1 - \frac{b_x^2}{A_x^2}}] - U_{20} \frac{b_y}{A_y} - U_{20} (\sin \varphi \sqrt{1 - \frac{b_x^2}{A_x^2}} - \frac{b_x}{A_x} \cos \varphi) \pm \frac{U_2}{\omega} [(\pi - \arcsin \frac{b_y}{A_y}) \frac{b_y}{A_y} - \sqrt{1 - \frac{b_y^2}{A_y^2}} - (\pi - \varphi + \arcsin \frac{b_x}{A_x}) (\sin \varphi \sqrt{1 - \frac{b_x^2}{A_x^2}} - \frac{b_x}{A_x} \cos \varphi) - (\sqrt{1 - \frac{b_x^2}{A_x^2}} \cos \varphi + \frac{b_x}{A_x} \sin \varphi) \pm \frac{U_2}{\omega} [-(\pi + \arcsin \frac{b_y}{A_y}) \frac{b_y}{A_y} - \sqrt{1 - \frac{b_y^2}{A_y^2}} - (\pi - \arcsin \frac{b_x}{A_x}) \frac{b_y}{A_y} + \sqrt{1 + \frac{b_y^2}{A_y^2}}] + U_{10} (\sin \varphi \sqrt{1 - \frac{b_x^2}{A_x^2}} - \frac{b_x}{A_x} \cos \varphi) - U_{10} \frac{b_y}{A_y} \pm \frac{U_1}{\omega} [(2\pi - \varphi + \arcsin \frac{b_x}{A_x}) (\frac{b_x}{A_x} \cos \varphi - \sin \varphi \sqrt{1 - \frac{b_x^2}{A_x^2}}) + (\cos \varphi \sqrt{1 - \frac{b_x^2}{A_x^2}} + \frac{b_x}{A_x} \sin \varphi) + (\pi + \arcsin \frac{b_x}{A_x}) \frac{b_y}{A_y} + \sqrt{1 - \frac{b_x^2}{A_x^2}} + U_{20} \frac{b_x}{A_x} - U_{20} (\sqrt{1 - \frac{b_x^2}{A_x^2}} \sin \varphi - \frac{b_x}{A_x} \cos \varphi) \pm \frac{U_2}{\omega} [-(2\pi - \arcsin \frac{b_y}{A_y}) \frac{b_y}{A_y} + \sqrt{1 - \frac{b_y^2}{A_y^2}} - (2\pi - \varphi + \arcsin \frac{b_x}{A_x}) (\sqrt{1 - \frac{b_x^2}{A_x^2}} \sin \varphi - \frac{b_x}{A_x} \cos \varphi) + (\sqrt{1 - \frac{b_x^2}{A_x^2}} \cos \varphi + \frac{b_x}{A_x} \sin \varphi)] + U_{20} \frac{b_y}{A_y} \pm \frac{U_2}{\omega} [1 + (2\pi - \arcsin \frac{b_y}{A_y}) (\frac{b_y}{A_y}) - \sqrt{1 - \frac{b_y^2}{A_y^2}}]. \quad (17)$$



2 АВТОМАТИЧНІ І АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

Аналогічним чином можна визначити коефіцієнт C_{10} . За допомогою визначених коефіцієнтів можна знайти лінеаризоване рівняння логічного управляючого пристрою з релейним перетворювачем (вираз (3)).

На відміну від відомих значень вищезазначених коефіцієнтів [2], вони залежать від амплітуди вхідних сигналів A_x , A_y , частоти вхідних сигналів ω , зсуву фаз між вхідними сигналами $X(t)$ та $Y(t)$, значень

параметрів змінення вихідного сигналу та ширини зони нечутливості відповідних релейних перетворювачів.

Такий підхід дозволяє створити засоби моделювання, що дає можливість досліджувати поведінку нелінійних автоматичних систем з логічними управляючими пристроями при врахуванні параметричних збурень (14), (15), а також визначати відповідні параметри автоколиваний системи при впливі на логічний управляючий пристрій параметричних збурень, що призводять до змін параметрів релейних датчиків.

Структура засобів моделювання поведінки автоматичних систем з логічними управляючими пристроями при впливі параметричних збурень

Сучасні засоби моделювання [5] складаються з графічного інтерфейсу, ядра, та сервісних програм. Кожна складова виконує функціональний набір дій та реалізує певний набір відповідних методів. Так, графічний інтерфейс дозволяє користувачу:

- будувати структурну схему системи;
- вводити параметри об'єктів системи;
- вводити параметри проведення моделювання системи;
- здійснювати моніторинг результатів моделювання під час безпосереднього проведення моделювання системи;
- здійснювати виведення результатів моделювання.

Ядро, в більшості засобів моделювання, дозволяє:

- визначати методи та алгоритми проведення моделювання системи;
- проводити безпосереднє моделювання системи;
- здійснювати аналіз результатів моделювання.

Сервіс інформаційної технології є допоміжним інструментом, який дозволяє більш зручно та швидко проводити моделювання систем [5]. До функціональних можливостей сервісу відносяться операції щодо автоматичного збереження: структурної схеми системи, умов моделювання, результатів моделювання тощо.

Структура програмної частини відомих інформаційних технологій в основному виконана так, що графічний інтерфейс, ядро та сервіс під час проведення моделювання взаємодіють між собою на пряму, тобто зв'язані вони є зв'язаними між собою. В зв'язку з цим, досить складно оновити функціонування однієї з частин або замінити ядро вже існуючого засобу моделювання новим не змінюючи всієї програмної частини засобу моделювання. Тому пропонується створити нову інформаційну технологію, яка б дозволяла замінити або змінювати функціонування вже існуючих частин.

Проблема заміни або модифікації полягає в тому, що кожна зі складових програмної частини інформаційної технології тісно пов'язані між собою і не зможуть працювати, якщо провести зміни в одній з них. Для того, щоб складові інформаційної технології не були тісно пов'язані між собою, необхідно використовувати інтерфейс, який буде виконувати функцію перетворення даних з формату однієї зі складових до формату іншої складової технології [5]. Отже в роботі пропонується така структура взаємодії частин програмного забезпечення інформаційної технології з використанням інтерфейсів взаємодії, яка зображена на рис. 2:

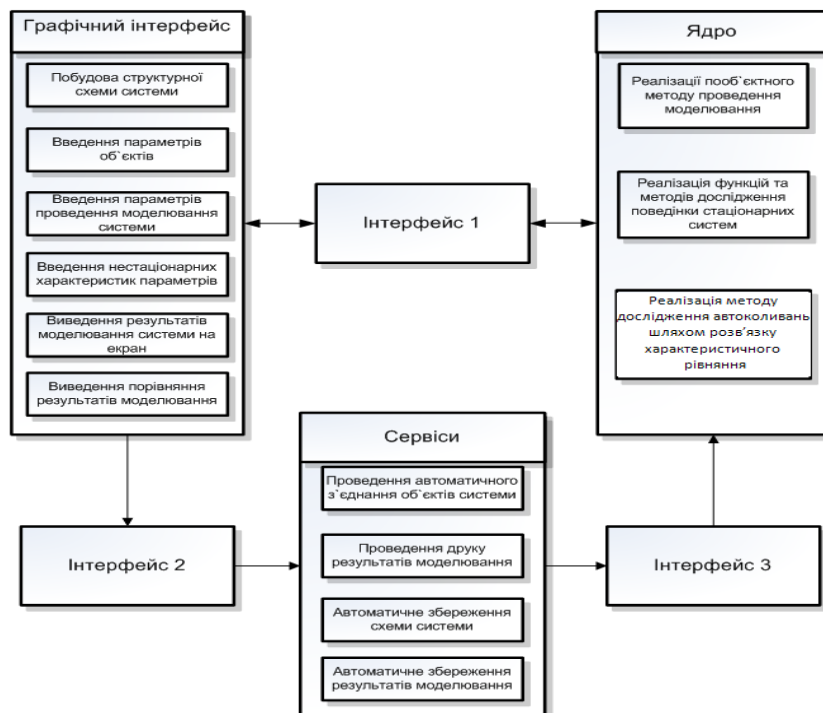
**2 АВТОМАТИЧНІ І АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ
ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ**

Рисунок - 2. Структура взаємодії функціональних частин програмного забезпечення інформаційної технології

Кожний з інтерфейсів взаємодії виконує такі функції:

- забезпечує зв'язок між функціональними частинами за допомогою передачі даних від однієї частини програмного забезпечення інформаційної технології до іншої;
- виконує перетворення даних з формату однієї до формату іншої функціональної частини;
- визначає вірність та цілісність даних, що необхідно передати.

Функціональні частини інформаційної технології використовуються для виконання великої кількості задач, що є необхідними для проведення моделювання автоматичних систем управління з логічними управляючими пристроями. Опишемо структуру кожної з функціональних частин засобу моделювання, яким відповідають функціональні частини.

Графічний інтерфейс надає можливість користувачу виконувати операції, що надають можливість:

- побудови структурної схеми системи;
- введення початкових параметрів кожного з об'єктів системи;
- введення умов проведення моделювання;
- виведення результатів моделювання.

Ядро засобу моделювання використовується для безпосереднього проведення моделювання. До основних функцій ядра віднесемо [6, 7]: виконання переходу від графічного опису системи до його математичного опису та проведення пооб'єктного моделювання системи.

Сервіс інформаційної технології використовується, як допоміжний засіб виконання дій, що є необхідними як в графічному інтерфейсі так і в ядрі програмного забезпечення засобу моделювання. До таких дій відносяться: автоматичну побудову ліній зв'язку між об'єктами та автоматичне збереження: структурної схеми системи, параметрів проведення моделювання, початкових параметрів об'єктів системи, результатів моделювання.

Як слідує з вищевикладеного, проведення моделювання в середовищі відповідної інформаційної технології виконується за допомогою взаємодії трьох основних функціональних частин: графічного інтерфейсу, ядра та сервісу. Процес проведення моделювання в цілому виконується в чотири стадії: побудова структурної схеми; введення параметрів системи та умов проведення моделювання включаючи закон зміни параметричних збурень виду (14), (15); безпосереднє моделювання; аналіз результатів. Кожна зі стадій виконується за допомогою одного або декількох функціональних частин засобу моделювання.



2 АВТОМАТИЧНІ І АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

Висновки

В роботі запропонований підхід до створення інформаційної технології для дослідження поведінки нелінійних систем з логічними управляючими пристроями, який відрізняється від інших тим, що дозволяє аналізувати параметри автоколивань при впливі неконтрольованих параметричних збурень.

Запропонована структура програмного засобу відокремлює взаємодію його частин та, як наслідок, надає можливість вносити зміни чи повністю замінити частини інформаційної технології на інші, що дозволяє забезпечити швидку модифікацію такої технології.

В подальшому планується застосувати інформаційну технологію, структура якої запропонована в роботі для дослідження поведінки нелінійних систем з логічними управляючими пристроями при впливах різноманітних параметричних збурень, які призводять до змінення первинних параметрів класу систем, що розглядаються.

Література

1. Конторович М. И. Нелинейные колебания в радиотехнике/ М. И. Конторович.- М.: Советское радио, 1983.- 228 с;
2. Юхимчук С. В. Математические модели оценки устойчивости нелинейных нестационарных систем/ С. В. Юхимчук- Винница, из-во ВГТУ “ УНІВЕРСУМ- Вінниця”, 1997.- 141 с;
3. Юхимчук-Войтко М. С. Гармонічна лінеаризація САУ, що керується кінцевим автоматом під час дії параметричних збурень[Електронний ресурс]// М. С. Юхимчук-Войтко// Наукові праці ВНТУ.- 2009.- №3.- Режим доступу: http://www.nbu.gov.ua/e-journals/vntu/2009-3/2009-3.files/uk/09msyopp_ua.pdf, вільний.- Загол. з екрана.- Мова укр.;
4. Юхимчук С. В. Опис комп'ютерного моделювання систем керування/ Поремський Ю. В., Юхимчук С. В.// Вестник Херсонського національного технічного університету.- 2007.-№28.- 408-413 С.

УДК 681.5.032: 664.1.048

СТАТИСТИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА ПРОЦЕССА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ВЫПАРНОЙ СТАНЦИИ САХАРНОГО ЗАВОДА

Власенко Л.О.¹, Ладанюк А.П.¹, Сыч М.А.¹

¹ Национальный университет пищевых технологий, Киев.

E-mail: vlida@yandex.ru

Copyright © 2014 by author and the journal “Automation 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: 10.15673/2312-3125.18/2014.26449

Анотація

Наведено результати застосування методів статистичної діагностики для підвищення ефективності функціонування випарної станції цукрового заводу. Показано результати використання одномірних та багатовимірних контрольних карт.

Abstract

The results of using statistical methods for increasing diagnostic efficiency of sugar factory evaporation station are shown. Since the evaporation station refers to multidimensional, nonlinear, unsteady, multiply control items which function under uncertainty, then mathematical models which describe its work are inaccurate. Given this