

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Поремський Юрій Віталійович

УДК 621.3.519

ФОРМАЛІЗАЦІЯ ЗАСОБІВ МОДЕЛЮВАННЯ НЕЛІНІЙНИХ НЕСТАЦІОНАРНИХ СИСТЕМ
АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ В ПРОСТОРІ ПРИРОСТУ ПАРАМЕТРІВ

Спеціальність 01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Вінниця - 2009

Дисертацією є рукопис

Робота виконана у Вінницькому національному технічному університеті
Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Юхимчук Сергій Васильович,
Вінницький національний технічний університет,
завідувач кафедри інтелектуальних систем

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Пасічник Володимир Володимирович,
Національний університет «Львівська політехніка», завідувач кафедри ін-
формаційних систем та мереж

доктор технічних наук, професор
Лежнюк Петро Дем'янович,
Вінницький національний технічний університет, завідувач кафедри елек-
тричних станцій та систем

Захист відбудеться « 17 » _____ 04 _____ 2009р. о ____9³⁰____ годині на засіданні спеці-
алізованої вченої ради Д 05.052.01 у Вінницькому національному технічному університеті за адре-
сою: 21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95, ауд. 210 ГУК.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Вінницького національного технічного універси-
тету за адресою: 21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95.

Автореферат розісланий « 13 » _____ 03 _____ 2009р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

С.М. Захарченко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Нині важливою науково-технічною задачею є створення нових засобів моделювання систем автоматичного керування, особливо нелінійних систем із змінними параметрами. Добре відомо, що проєктанти буди-яких автоматичних систем, як правило, не мають точної інформації про дійсні значення параметрів об'єктів управління. При цьому, якщо орієнтуватися при розрахунках на деякі апріорні дані про значення відповідних параметрів, проєктанти повинні бути впевнені, що при відхиленні параметрів від розрахункових значень, показники якості систем керування не будуть суттєво змінюватися. Пересвідчитися у цьому найчастіше можливо лише шляхом математичного моделювання.

Такі задачі розв'язуються у межах наукового напрямку, який сформувався у 80-х роках ХХ сторіччя – теорії робастних систем керування. Цьому напрямку наукових досліджень присвячені роботи українських та закордонних наукових шкіл, які очолюють В.М. Кунцевич, М.З. Згуровський, В.Л. Харітонов, Я.З. Ципкін, Б.Т. Поляк, М.Е. Браверман, О.Ф. Фомін, О.О. Первозванський, А.Ф. Михайлов, Е.І. Джури, К.С. Narendra, Р.В. Kokotovic, R.W. Brockett, P.J. Huber, Т. Yoshiizawa та інші.

В середині 90-х років ХХ сторіччя в науковій школі професора Мокіна Б.І. були розроблені принципово нові підходи до моделювання поведінки нелінійних нестационарних систем шляхом відмови від опису поведінки класу систем, що розглядається, в просторі змінних стану. Такі підходи базувалися на описі поведінки нелінійних нестационарних систем в просторі приросту параметрів, що дає можливість розв'язувати як пряму, так і обернену задачу робастної стійкості нелінійних нестационарних систем. Існуючі засоби моделювання нелінійних нестационарних систем не дають можливості здійснювати аналіз поведінки відповідного класу систем у новому просторі.

Тому актуальною є задача створення нового засобу моделювання нелінійних нестационарних систем у новому просторі опису поведінки відповідного класу систем, що дозволяє розширити функціональні можливості існуючих засобів моделювання. Зрозуміло, що розв'язати таку задачу неможливо без створення формалізованих підходів до розробки відповідних засобів моделювання.

Крім того, такі підходи забезпечують гнучкість процесу розробки програмної реалізації засобів моделювання широкого класу систем автоматичного керування.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційне дослідження виконано в рамках держбюджетних науково-дослідних робіт: «Розробка методології побудови робастних систем контролю і управління нелійними нестационарними об'єктами та розв'язання задач їх аналізу» (№ держреєстрації 0102U002271) та «Теоретичні методи аналізу швидкоплинних техногенних надзвичайних ситуацій для створення систем підтримки прийняття рішень керівниками ліквідації таких ситуацій» (№ держреєстрації 0108U000659), та госпдоговірної роботи «Розробка АРМу для керівника гасіння пожежі на об'єктах залізничного транспорту. Перша черга.» (№ держреєстрації 0104U005500) між Вінницьким національним технічним університетом та Державною адміністрацією залізничного транспорту України «Укрзалізниця». За участю автора дисертаційної роботи виконувалась розробка та впровадження пакетів програм для моделювання поведінки нелінійних нестационарних систем та засобів моделювання аналізу обстановки на об'єктах залізничного транспорту при виникненні надзвичайної ситуації, що супроводжується пожежею.

Мета і завдання дослідження. Метою дослідження є розширення функціональних можливостей засобів комп'ютерного моделювання поведінки нелінійних нестационарних систем.

Об'єктом дослідження є процес моделювання нелінійних нестационарних систем автоматичного керування.

Предметом дослідження є математичні моделі процесів моделювання систем автоматичного керування, які дозволяють аналізувати поведінку нелінійних нестационарних систем в просторі приросту параметрів.

Для досягнення поставленої мети досліджень необхідно розв'язати такі задачі:

- здійснити аналіз методів моделювання поведінки систем автоматичного керування;
- провести аналіз засобів комп'ютерного моделювання систем автоматичного керування;

- розробити моделі процесу створення засобів, що реалізують процеси моделювання систем автоматичного керування;
- розробити підходи до реалізації процесу проведення моделювання систем автоматичного керування;
- здійснити множинний опис процесу моделювання систем автоматичного керування;
- розробити опис функціональних частин засобу моделювання систем автоматичного керування;
- розробити узагальнену обчислювальну схему моделювання систем автоматичного керування в середовищі засобів моделювання, що пропонується.

Методи дослідження. Виконані дослідження базувалися на теорії множин, теорії автоматичного керування, чисельних методах розв'язання диференціальних рівнянь, які використовувалися для розробки формалізованого опису процесу створення засобів моделювання систем автоматичного керування. Моделювання систем автоматичного керування проводилися в пакетах програм Matlab та VisSim. Для створення засобу моделювання було використано мову візуального моделювання UML та середовище Visual Studio.

Наукова новизна одержаних результатів. В роботі отримані такі наукові результати:

1. Вперше розроблено формалізований опис процесу створення засобів моделювання систем автоматичного керування, який надав можливість створити новий засіб моделювання систем автоматичного керування в просторі приросту параметрів.

1.2. Отримали подальший розвиток моделі дослідження поведінки систем автоматичного керування, які надали можливість розширити функціональні можливості моделювання у середовищі відповідного класу засобів.

1.3. Отримав подальший розвиток пооб'єктний підхід до моделювання поведінки нестационарних систем автоматичного керування, що дало можливість створювати гнучкі засоби моделювання класу систем, що розглядаються.

Практичне значення одержаних результатів. Одержаний формалізований опис дозволив створити обчислювальне середовище моделювання та надав можливість використати при моделюванні підхід щодо дослідження поведінки систем автоматичного керування з врахуванням зміни параметрів об'єктів системи в часі, та дає можливості впровадження інших підходів без зміни структури засобу моделювання.

Одержані наукові результати використані в роботі програмного комплексу «АРМ керівника гасіння пожежі», що був впроваджений в управлінні інформатики та статистики Державної адміністрації залізничного транспорту України «Укрзалізниця», що підтверджується відповідним актом.

Основні результати наукових досліджень дисертаційної роботи та створений автором засіб моделювання систем автоматичного керування використовуються у навчальному процесі кафедри інтелектуальних систем Вінницького національного технічного університету при викладанні дисциплін «Теорія автоматичного керування» та «Математичні методи наукових досліджень», під час виконання лабораторних робіт та курсового і дипломного проектування студентами спеціальності 7.080404 «Інтелектуальні системи прийняття рішень», що підтверджується відповідним актом.

Особистий внесок здобувача. Всі основні результати дисертаційної роботи були отримані автором особисто. В роботах, що написані у співавторстві, здобувачеві належить: створення опису частин графічного інтерфейсу засобу моделювання [1,2,12], створення частини засобу моделювання, який виконує перетворення графічної структурної схеми до її математичного опису [3,4,14], розробка підходів щодо побудови структури засобу моделювання [5,8], розробка формалізованого проектування засобу моделювання [7,8,15], розробка множинного опису процесу проведення моделювання [6], розробка, створення частини архітектури програмного комплексу моделювання поведінки систем автоматичного керування [9].

Апробація результатів дисертації. Основні наукові положення і результати, отримані автором при виконанні дисертаційної роботи, доповідались та обговорювались на 15 науково-технічних конференціях: 2 - й міжнародній науково – технічній конференції аспірантів та студентів (м.Донецьк, 2002); 7-у міжнародному молодіжному форумі «РАДИОЕЛЕКТРОНИКА И

Формат: Список

МОЛОДЕЖЬ В XXI ВЕКЕ» (м. Харків, 2003); 7-й міжнародній конференції «Контроль і управління в складних системах» (КУСС) (м. Вінниця. – 2003); 7th International Conference On Development And Application Systems (Romania, 2003); міжнародній науково-практичній конференції «ДНІ НАУКИ '2005» (м. Дніпропетровськ, 2005); міжнародній науково-практичній конференції «Інтелектуальні системи прийняття рішень та інформаційні технології» (м. Чернівці, 2006); міжнародній науковій конференції «Інтелектуальні системи прийняття рішень та прикладні аспекти інформаційних технологій» ISDMIT'2006 (м. Євпаторія, 2006); 8-и науково-практичних конференціях професорсько-викладацького складу співробітників і студентів ВНТУ (м. Вінниця, 2001 - 2008р.).

Публікації. За темою дисертації опубліковано 16 праць, в тому числі 7 статей надруковано у провідних наукових фахових виданнях, 8 робіт опубліковано у збірниках матеріалів конференцій, отримано одне свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір.

Структура і обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається із вступу, 4 розділів, списку використаних джерел і додатків. Основний зміст викладено на 104 сторінках друкованого тексту, містить 51 рисунок, 5 таблиць, 137 літературних джерел, 6 додатків. Повний обсяг дисертації 178 сторінок.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі наведено загальну характеристику роботи, розкрито актуальність теми досліджень, вказаний зв'язок роботи з науковими програмами, планами і темами, сформульовано мета та задачі дослідження, наводяться основні результати роботи, приведені відомості щодо апробації, публікації та впровадження результатів роботи.

У першому розділі здійснено аналіз існуючих методів моделювання систем автоматичного керування. Наведений аналіз дозволив виділити комп'ютерне моделювання, як таке, що найбільш зручно використовувати для моделювання нелінійних нестационарних систем.

Також було проведено аналіз існуючих засобів комп'ютерного моделювання систем автоматичного керування, який дозволив зробити висновок, що нині більшість засобів моделювання не надають можливості проводити моделювання відповідного класу систем з врахуванням зміни параметрів в часі.

Використання існуючих методів та підходів до моделювання систем автоматичного керування не дозволяє у повній мірі розв'язати задачу дослідження поведінки відповідних систем з врахуванням зміни параметрів в часі. Це пов'язано зі складністю практичної модифікації існуючих методів, які використовуються в існуючих засобах моделювання поведінки відповідного класу систем.

Проведений аналіз дозволив зробити висновок, що перспективною та актуальною є задача розробки формалізованих підходів щодо проектування засобів моделювання, а також розробка формальних методів та підходів щодо моделювання поведінки систем автоматичного керування з врахуванням зміни параметрів в часі в просторі приросту параметрів.

У другому розділі проведено опис кожної з частин структурної схеми системи за допомогою множин. Запишемо вираз, до якого входять множини, які дають можливість описати процес моделювання систем автоматичного керування нестационарними об'єктами:

$$W_{fsn} = \{E, I, LE, C, \{P, P_n\}, PM, \{ME, ME_n\}\}, \quad (1)$$

де E - множина об'єктів, що використовується для побудови структурної схеми системи; I - множина джерел вхідних сигналів системи; LE - об'єкт, що позначає логічний кінець системи; C - множина, що описує з'єднання об'єктів між собою в системі; P - множина параметрів стаціонарних об'єктів; P_n - множина параметрів нестационарних об'єктів; PM - множина параметрів проведення моделювання; ME - множина методів чисельного розв'язку диференціальних рівнянь; ME_n - множина методів моделювання нестационарних систем автоматичного керування.

Але для того, щоб отримати результуючі дані моделювання, необхідно виконати доволі складний набір дій над цими множинами. Набір дій визначаємо оператором f_{sn} , а результуючі дані, опишемо множиною RM .

$$\{E, I, LE, C, \{P, P_n\}, PM, \{ME_s, ME_n\}\} \xrightarrow{f_{sm}} RM. \quad (2)$$

При моделюванні нелінійних нестационарних систем використання загальновідомих методів моделювання систем автоматичного керування, які зводяться до розв'язання системи рівнянь, що описують поведінку системи автоматичного керування, не дозволяє проводити моделювання відповідного класу системи. В зв'язку з цим пропонується використовувати при виконанні моделювання простір приростів параметрів. Тому вихідною величиною для класу систем, що моделюються, є функція чутливості вихідного сигналу до зміни її первинних параметрів. Враховуючи це, представимо результати моделювання у вигляді множини:

$$RM = \{RM_i, RM_f\}, \quad (3)$$

де RM_i - множина числових значень вихідного сигналу; RM_f - множина числових значень функції чутливості вихідного сигналу до зміни первинних параметрів.

Тому, враховуючи вираз (3) перепишемо (2) у вигляді:

$$\{E, I, LE, C, \{P, P_n\}, PM, \{ME_s, ME_n\}\} \xrightarrow{f_{sm}} \{RM_i, RM_f\}. \quad (4)$$

Вираз (4) надає можливість здійснити формалізований опис процесів проведення моделювання системи автоматичного керування.

Для проведення моделювання було запропоновано новий пооб'єктний підхід до моделювання систем автоматичного керування. В основу пооб'єктного підходу покладено обчислювальну схему переходу від графічної до математичної моделі нелінійних нестационарних систем (рис. 1). Новий підхід забезпечує перетворення графічного представлення структурної схеми системи до її математичного опису та використання математичних методів для дослідження поведінки систем автоматичного керування для кожного об'єкту системи на кожному кроці моделювання окремо.

Рис. 1. Обчислювальна схема переходу від графічної до математичної моделі системи автоматичного керування

Враховуючи можливості пооб'єктного підходу до моделювання систем автоматичного керування, запишемо вираз, що буде описувати отримання кожного вихідного сигналу з об'єктів системи окремо. Для цього необхідно виконати деякі перетворення над значеннями множин вхідних сигналів та математичним описом об'єкта системи в кожний момент часу проведення моделювання:

$$\langle e_{sh}, i, t \rangle \xrightarrow{f} rm, \quad (5)$$

де e_{sh} - математичний опис об'єкта; i - значення вхідного сигналу, який подається до об'єкту e_{sh} , в моменти часу t ; t - моменти часу розрахунку вихідного значення; rm - значення вихідного сигналу з об'єкта та відповідної функції чутливості, в моменти часу t .

Необхідно розрізнити функції перетворення вхідного сигналу або сигналів до вихідного для кожного з об'єктів системи. Тому створимо множину F , яка буде включати в собі функції розрахунку вихідного сигналу для кожного з об'єктів:

$$F = \{f_0, f_1, \dots, f_y\}, \quad (6)$$

де y - кількість об'єктів в системі автоматичного керування, що моделюється.

Пооб'єктний підхід надає можливість описати проведення моделювання за допомогою множин та, як результат, отримати результати розрахунку значень перехідного процесу системи автоматичного керування та розрахунку значень функції чутливості, що надає можливість досліджувати поведінку нелінійних нестационарних систем в просторі приросту параметрів:

$$\begin{aligned}
& \langle e_k, i_k^T, t_T \rangle \xrightarrow{f_{C_k}} RM_k^T \Rightarrow \\
& \langle RM_{C_k}^T, e_k, t_T \rangle \xrightarrow{f_{C_{k-1}}} RM_k^T \Rightarrow \\
& \langle \langle e_{C_k}, i_{C_k}^T, t_T \rangle \xrightarrow{f_{C_{k-1}}} e_k, t_T \rangle \xrightarrow{f_{C_k}} RM_k^T \Rightarrow \\
& \langle \langle \dots \langle \langle e_{C_0}, i_{C_0}^T, t_T \rangle \xrightarrow{f_{C_0}} e_{C_1}, t_T \rangle \xrightarrow{f_{C_1}} \dots \rangle \xrightarrow{f_{C_{k-1}}} e_{C_k}, t_T \rangle \xrightarrow{f_{C_k}} RM_k^T,
\end{aligned} \tag{7}$$

де e_{sh} - математичний опис об'єкта; i_k^T - значення вхідного сигналу, який подається до об'єкту e_{sh} , в моменті часу t ; t - одиниця часу розрахунку вихідного значення; RM_k^T - значення вихідного сигналу з об'єкта та відповідної функції чутливості, в моменті часу t .

Часто необхідно моделювати системи, в структуру яких входять ланки затримки. У цьому випадку вихідний сигнал з об'єкту O можна представити множиною RM_O^T :

$$\langle e_O, i_O^T, t_T \rangle \xrightarrow{f_{C_O}} RM_O^T, \tag{8}$$

де O - індекс об'єкта, що моделюється.

Відзначимо, що затримка сигналів має місце для об'єктів з індексом O . Зрозуміло, що величини затримок сигналів для різних об'єктів найчастіше є різними, тобто $\Delta_1, \dots, \Delta_m$ (де m - кількість ланок затримки). У цьому випадку вираз (8) представимо у вигляді:

$$\langle e_O, i_O^{\Delta_O}, t_{\Delta_O} \rangle \xrightarrow{f_{C_O}} RM_O^T, \tag{9}$$

$$i_O^{\Delta_O} \xrightarrow{f_{Z_0}} z_0^{T_z}, \tag{10}$$

де $z_0^{T_z}$ - значення вхідного сигналу до об'єкту враховуючи, що затримка є змінною величиною.

В такому випадку перепишемо (9), враховуючи (10):

$$\begin{aligned}
& \langle e_O, z_0^{T_z}, t_{z_0^{T_z}} \rangle \xrightarrow{f_{C_O}} RM_O^T \Rightarrow \\
& \Rightarrow \langle e_O, i_O^{\Delta_O} \xrightarrow{f_{Z_0}} z_0^{T_z} \rangle \xrightarrow{f_{C_O}} RM_O^T,
\end{aligned} \tag{11}$$

де $t_{z_0^{T_z}}$ - час отримання вихідного сигналу з врахуванням затримки, як змінної величини.

Враховуючи отриманий вираз (11) та вираз (7), процес знаходження значень функції чутливості в просторі простоту параметрів описується співвідношенням:

$$\langle \langle \dots \langle \langle e_{C_0}, i_{C_0}^T, t_T \rangle \xrightarrow{f_{C_0}} e_{C_1}, t_T \rangle \xrightarrow{f_{C_1}} \dots \rangle \xrightarrow{f_{C_{k-1}}} e_{C_k}, t_T \rangle \xrightarrow{f_{C_k}} RM_{f-k}^T. \tag{12}$$

Запропонований пооб'єктний підхід та множинний опис процесу проведення моделювання дозволяють створити новий засіб моделювання, який проводить моделювання системи автоматичного керування нелінійними нестационарними об'єктами.

У третьому розділі обґрунтовано, що функціональними частинами більшості комп'ютерних засобів моделювання є: графічний інтерфейс, ядро і сервіси. В свою чергу, ці основні частини взаємодіють безпосередньо, тобто без використання інтерфейсів чи інших засобів взаємозв'язку частин програмного забезпечення, тобто їх реалізують. Враховуючи це, показано, що достатньо складно, або зовсім неможливо модифікувати функціональні частини. В зв'язку з цим, була запропонована нова структура засобу моделювання (рис. 2), яка відрізняється від існуючих тим, що забезпечує взаємодію основних частин, використовуючи властивості інтерфейсів. Інтерфейс відокремлює взаємодію частин та, як наслідок, надає можливість вносити зміни чи повністю заміняти частини засобу моделювання.

Рис. 2. Структура засобу моделювання нелінійних нестационарних систем автоматичного керування

Кожний з інтерфейсів взаємодії виконує такі функції:

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

Функціональні частини засобу моделювання використовуються для виконання великої кількості обчислювань та інформаційних задач, що є необхідними для проведення моделювання нелінійних нестационарних систем автоматичного керування. Кожна функціональна частина в тій чи іншій мірі впливає на значення множин або використовує відповідні елементи множин. Опишемо кожну з функціональних частин засобу моделювання та визначимо множини, опис яких наведений у другому розділі дисертаційної роботи, що будуть визначатися функціональними частинами.

Графічний інтерфейс надає можливість користувачу виконувати такі операції:

- побудова структурної схеми системи, як результат, визначаються множини E, I, LE, C ;
- введення початкових параметрів кожного з об'єктів системи, як результат, визначаються числові значення елементів множин P, P_n ;
- введення умов проведення моделювання, як результат, визначаються складові множини PM ;
- виведення результатів моделювання, як результат, визначаються числові значення елементів множини RM .

Ядро засобу моделювання використовується для безпосереднього проведення моделювання. Основними функціями ядра є:

- виконання переходу від графічного опису системи до його математичного опису;
- проведення пооб'єктного моделювання системи, як результат, визначаються числові значення елементів множини RM .

Ядро та графічний інтерфейс взаємодіють між собою за допомогою інтерфейсу 1 (рис. 2). В зв'язку з цим інтерфейс 1 повинен перетворювати дані з формату графічного інтерфейсу до формату ядра та навпаки.

Сервіс засобу моделювання використовується, як допоміжний засіб виконання дій, що є необхідними як в графічному інтерфейсі, так і в ядрі програмного забезпечення засобу моделювання. До таких дій відносять:

- побудову ліній зв'язку між об'єктами, як результат, визначаються елементи множини C ;
- автоматичне збереження: структурної схеми системи, параметрів проведення моделювання, початкових параметрів об'єктів системи, результатів моделювання;
- проведення друку результатів моделювання, як результат, виводяться на друк значення елементів множини RM .

Рис. 3. Обчислювальна схема проведення моделювання систем автоматичного керування в середовищі засобів моделювання

Враховуючи нову структуру засобу моделювання, було розроблено обчислювальну схему проведення моделювання систем автоматичного керування в просторі приросту параметрів (рис. 3). Така обчислювальна схема надає можливість проводити моделювання поведінки нелінійних нестационарних систем за допомогою пооб'єктного підходу.

У зв'язку зі складністю кожної з частин засобу моделювання, були розроблені та описані детально структури функціональних частин засобу моделювання. Для цього опису було використано уніфіковану мову моделювання. Цей опис надає можливість чітко визначитися з об'єктною структурою графічного інтерфейсу, ядра та сервісу, тобто кожної частини засобу моделювання.

У четвертому розділі, використовуючи отриманий математичний опис процесу моделювання, обчислювальну схему проведення моделювання та структури функціональних частин засобу моделювання, було здійснена програмна реалізація засобу моделювання.

Рис. 4. Структурна схема замкненого електропривода у вікні нового засобу моделювання

В розділі наведено результати програмної реалізації засобу моделювання у вигляді: бібліотеки об'єктів та головних вікон нового засобу моделювання.

Працездатність розробленого засобу моделювання було доведено на прикладі моделювання нагріву двигуна в повторно-короткочасному режимі та моделювання перехідних процесів в електроприводі з керуючим випрямлячем. За допомогою розробленого засобу моделювання та пакету програм Matlab було проведено відповідне моделювання. Також була промодельована система електроприводу з керуючим випрямлячем без зміни параметрів в часі за допомогою Matlab та нового засобу моделювання, що надало можливість зробити висновок про працездатність нового засобу моделювання (результати порівняння наведені в таблиці 1). Крім того, було проведено моделювання перехідних процесів в електроприводі в новому засобі з врахуванням зміни параметрів в часі. На відміну від інших пакетів програм, за допомогою розробленого засобу моделювання були отримані числові значення функцій чутливості. Розрахунок значень функцій чутливості надав можливість визначитися з впливом первинних параметрів на значення результатів моделювання.

Таблиця 1

Результати моделювання електродвигуна за допомогою пакету програм Matlab та нового засобу моделювання

Matlab		Новий засіб моделювання	
Час, с	Значення вихідного сигналу	Час, с	Значення вихідного сигналу
0	0	0	0
0.01	0.0001	0.1	0.0001
0.02	0.0023	0.2	0.0021
0.03	0.0108	0.3	0.0105
0.04	0.1256	0.4	0.1227
0.05	0.0162	0.5	0.0157
0.06	0.0172	0.6	0.0168
0.07	0.0174	0.7	0.0176
0.08	0.0181	0.8	0.0179
0.1	0.0189	0.10	0.0184
0.11	0.0191	0.11	0.0186
0.12	0.0192	0.12	0.0191
0.13	0.0164	0.13	0.0162
0.14	0.0147	0.14	0.0149
0.15	0.0146	0.15	0.0147
0.16	0.0143	0.16	0.0146
0.17	0.0143	0.17	0.0146
0.18	0.0142	0.18	0.0145
0.19	0.0142	0.19	0.0143
0.20	0.0141	0.20	0.0143
0.21	0.0141	0.21	0.1042
0.22	0.1040	0.22	0.1042
0.23	0.1040	0.23	0.1041

0.24	0.1040	0.24	0.1041
0.25	0.1040	0.25	0.1040

Рис. 5. Результати моделювання перехідного процесу в електродвигуні отримані за допомогою нового пакету програм (1- з врахуванням зміни значень параметрів в часі; 2 – без зміни параметрів в часі)

Рис. 6. Значення функцій

чутливості $f = \frac{\partial y}{\partial B}$.

Рис. 7. Значення функцій

чутливості $f = \frac{\partial y}{\partial C}$.

Відповідне моделювання процесів в електродвигуні необхідно здійснювати для запобігання виникнення пожежебезпечної ситуації в рухомому складі залізничного транспорту.

Шляхом моделювання були визначені значення параметрів електродвигуна, при яких можливо виникнення пожежебезпечної ситуації в електровозі ЧС2

Результатом проведеної роботи стала розробка та впровадження нового засобу моделювання систем автоматичного керування в роботу в управління інформатики та статистики Державної адміністрації залізничного транспорту України «Укрзалізниця».

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі вирішено важливу науково-прикладну задачу формалізованого опису процесу моделювання систем автоматичного керування, що дозволяє створювати засоби моделювання поведінки нелінійних нестационарних систем автоматичного керування в просторі приросту параметрів.

Основні наукові та практичні результати роботи полягають у наступному:

1. Проведений аналіз методів моделювання систем автоматичного керування, який показав, що найбільш поширеним методом для дослідження поведінки систем автоматичного керування є комп'ютерне моделювання.

2. Проведений аналіз сучасних засобів комп'ютерного моделювання систем автоматичного керування, який визначив можливості та недоліки кожного з них стосовно дослідження поведінки систем автоматичного керування параметри яких змінюються в часі.

3. Розроблено моделі процесу моделювання систем автоматичного керування, які надають можливість описати процеси моделювання стаціонарних та нестационарних систем автоматичного керування за допомогою відповідних множин. Такі моделі дозволили вдосконалити пооб'єктний підхід до моделювання систем автоматичного керування.

4. Розроблений опис процесу створення засобів моделювання систем автоматичного керування в просторі приросту параметрів. Як результат, використання пооб'єктного підходу до моделювання поведінки відповідного класу системи та множинний опис створення засобів моделювання надає можливість описати процес дослідження поведінки нелінійних нестационарних систем автоматичного керування в просторі приросту параметрів.

5. Розроблено підходи до опису взаємодії частин засобу моделювання систем автоматичного керування, які надали можливість визначити задачі, що розв'язують складовими частинами засобу моделювання та підвищити гнучкість засобів моделювання.

6. Розроблений узагальнена обчислювальна схема проведення моделювання, реалізація якого була покладена в основу нового засобу моделювання. Розроблено описи функціональних частин засобу моделювання у вигляді UML-діаграм, що надало можливість визначитися з об'єктною структурою засобу моделювання.

7. Проведено моделювання нагріву двигуна в повторно-короткочасному режимі та моделювання перехідних процесів в електроприводі з керуючим випрямлячем за допомогою пакету програм Matlab та нового засобу моделювання. Також були отримані, за допомогою нового засобу

Формат: Список

Формат: Список

Формат: Список

моделювання, числові значення перехідних процесів та функцій чутливості системи електропривода з керуючим випрямлячем з врахуванням зміни параметрів у часі.

Задачі, що були описані в даній роботі, не обмежують області використання отриманих результатів. Запропонований формалізований підхід до створення засобів моделювання може бути використаний для моделювання поведінки широкого класу систем, параметри яких змінюються в часі.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Поремський Ю.В. Підхід до створення інформаційної технології моделювання нелінійних нестационарних систем / Ю.В. Поремський, С.А.Войцех, С.М. Москвіна // Вісник Житомирського інженерно-технологічного інституту. – 2002. – С. 123–131.

±2. Поремський Ю.В. Засіб моделювання поведінки систем контролю та керування нелінійними нестационарними об'єктами / С.В. Юхимчук, С.М. Москвіна, Ю.В. Поремський // Наукові вісті Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут». – 2003. – №4(30). – С. 64-69.

±3. Поремський Ю.В. Розробка пакета програм для моделювання систем контролю та управління нелінійними нестационарними об'єктами. / С.В.Юхимчук., С.М. Москвіна, Ю.В. Поремський // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2003. – № 6. – С.89–92.

±4. Поремський Ю.В. Структура пакету програм для моделювання систем контролю та управління нелінійними нестационарними об'єктами. / С.В. Юхимчук, Ю.В. Поремський // Вестник Херсонского национального технического университета – 2005. – №2(22). – С. 364-367.

±5. Поремський Ю.В. Опис комп'ютерного моделювання систем керування. / С.В. Юхимчук, Ю.В. Поремський // Вестник Херсонского национального технического университета. – 2007. – №28. – С. 408-413.

±6. Поремський Ю.В. Множинне представлення процесу моделювання систем автоматичного керування / С.В. Юхимчук, Ю.В. Поремський // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. – 2007. – №2(9). – С. 43-47.

±7. Поремський Ю.В. Архітектура програмного комплексу моделювання поведінки САК. / С.В. Юхимчук, Ю.В. Поремський // Вестник Херсонского национального технического университета – 2008. – №31. – С. 342-345.

±8. Poremskyu Y. Computer technology for simulation of behavior of nonlinear non-stationary systems / S. Yukhimchuk, Y. Poremskyu. // 7th International Conference on Development and Application systems: 27-29 May 2004: Romania. – 2004. – P.31-36.

±9. Свідчення про реєстрацію авторського права на твір, Україна, №8128. Комп'ютерна програма «Перетворення графічної моделі системи автоматичного керування до математичної при дослідженні стійкості нелінійних нестационарних систем автоматичного керування на ЕОМ» / С.В. Юхимчук., С.М. Москвіна, Ю.В. Поремський. Дата реєстрації 12.08.2003.

±10. Поремський Ю.В. Розробка підходів до створення програмного засобу для моделювання поведінки ННС / Ю.В. Поремський // Міжнародна науково-технічна конференція аспірантів та студентів: 10-14 травня 2002р.: тези доповіді. – Донецьк, 2002. – С.207–208.

±11. Поремський Ю.В. Розробка підходів до створення пакета програм для моделювання поведінки нелінійних нестационарних систем / Ю.В. Поремський // ПОЛІТ 2002: міжнародна наукова конференція, 10-11 квітня 2002р.: тези доповіді. – Київ., 2002. – С. 61.

±12. Поремський Ю.В. Розробка пакета програм для аналізу поведінки систем контролю та управління нелінійними нестационарними об'єктами / С.В. Юхимчук., С.М. Москвіна, Ю.В. Поремський // Контроль і управління в складних системах: міжнародна конференція, 8-11 жовтня 2003 р.: тези доповіді. – Вінниця, 2003. – С. 42.

±13. Поремський Ю.В. Підхід до моделювання систем керування нелінійними нестационарними об'єктами / Ю.В. Поремський // РАДИОЕЛЕКТРОНИКА И МОЛОДЕЖЬ В XXI веке: міжнародний молодіжний форум, 22-24 квітня 2004р: тези доповіді. – Харків., 2004. – С. 485.

±14. Поремський Ю.В. Опис функціональних частин пакета програм для моделювання систем автоматичного керування нелінійними нестационарними об'єктами у вигляді множин / С.В.

Формат: Список

Юхимчук., Ю.В Поремський // «Інтелектуальні системи прийняття рішень та інформаційні технології»: міжнародна науково-практична конференція, 17-19 травня, 2006р: тези доповіді. – Чернівці, 2006. – С. 71–73.

‡15. Поремський Ю.В. Множинне представлення процесу моделювання систем автоматичного керування нелінійними нестационарними об'єктами / С.В. Юхимчук., Ю.В Поремський // «Інтелектуальні системи прийняття рішень та прикладні аспекти інформаційних технологій (ISDMIT'2006)»: міжнародна наукова конференція, 15-18 травня 2006р.: тези доповіді. – Євпаторія, 2006. – С. 450-451.

‡16. Поремський Ю.В. Функціональні можливості структури пакету програм для моделювання систем контролю та управління нелінійними нестационарними об'єктами / Ю.В Поремський // «ДНІ НАУКИ `2005»: міжнародна науково-практична конференція, 15-27 квітня 2005р.: тези доповіді. – Дніпропетровськ, 2005. – С.20-21.

АНОТАЦІЇ

Поремський Ю.В. Формалізація засобів моделювання нелінійних нестационарних систем автоматичного керування в просторі приросту параметрів. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи. – Вінницький національний технічний університет, Вінниця – 2009.

Дисертацію присвячено розробленню математичного опису процесу проведення моделювання систем автоматичного керування в просторі приросту параметрів.

Наведені аналізи методів моделювання поведінки систем автоматичного керування та засобів комп'ютерного моделювання систем автоматичного керування. Запропоновано моделі засобів, що реалізують процеси моделювання систем автоматичного керування та підходи до об'єктно-орієнтованої реалізації засобу моделювання систем автоматичного керування. Здійснено множинний опис процесу моделювання систем автоматичного керування. Розроблено опис складових частин засобу моделювання систем автоматичного керування. Створено обчислювальна схема моделювання систем автоматичного керування в середовищі засобів моделювання, що пропонується.

Розроблено пакет програм моделювання систем автоматичного керування за допомогою якого було проведено тестове моделювання систем автоматичного керування.

Ключові слова: нелінійні нестационарні системи, простір приросту параметрів, функції чутливості, множинний опис.

Поремський Ю.В. Формалізація засобів моделювання нелінійних нестационарних систем автоматичного управління в просторі приросту параметрів. – Рукопис.

Дисертація на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.05.02 – математическое моделирование и вычислительные методы. Винницкий национальный технический университет, Винница – 2009.

Дисертація посвящена розробці математичного опису процесу проведення моделювання систем автоматичного управління в просторі приросту параметрів.

Проведен аналіз методів моделювання поведінки систем автоматичного управління. Результати аналізу показали, що найбільш розповсюдженим методом моделювання систем автоматичного управління є комп'ютерне моделювання.

Проведен аналіз засобів комп'ютерного моделювання систем автоматичного управління, результати якого показали можливості та недоліки існуючих засобів для проведення моделювання систем автоматичного управління з урахуванням змін її параметрів в часі. Результати аналізу доводять необхідність розробки нових засобів моделювання систем автоматичного управління, особливо в просторі приросту параметрів.

Созданы модели процесса моделирования систем автоматического управления, которые дают возможность описать стационарные и нестационарные системы автоматического управления с помощью соответствующих множеств.

Осуществлено множественное описание процесса моделирования систем автоматического управления. Разработано описание составных частей средства моделирования систем автоматического управления. Создан обобщенный алгоритм моделирования систем автоматического управления в среде средств моделирования, которое предлагается.

Созданы структуры процесса моделирования систем автоматического управления, которые дают возможность формализовано описать процесс проведения моделирования систем автоматического управления.

Разработан пообъектный подход к моделированию систем автоматического управления. Такой подход обеспечивает переход от графической структурной схемы до математического описания системы, которая моделируется. Как результат были получены множественное описание процесса проведения моделирования систем автоматического моделирования. Это описание дает возможность исследовать поведение нелинейных нестационарных систем.

В ходе разработки формализованного описания средств моделирования систем автоматического управления были получены: структуры функционирования средств моделирования систем автоматического управления, вычислительные схемы проведения моделирования, описание функциональных частей средства моделирования, функциональные части интерфейсов взаимодействия основных блоков средств моделирования, функциональные части графического интерфейса, функциональные части блока ядра, функциональные части блока сервиса. В связи со сложностью каждой части средства моделирования, было получено детальное описание с помощью унифицированного языка моделирования. Такое описание дает возможность четко определиться с объектной структурой графического интерфейса, ядра и сервиса.

Используя полученное математическое описание процесса моделирования, вычислительную схему проведения моделирования и структуры функциональных частей средства моделирования, был создано новое средство моделирования, которое позволяет проводить исследование поведения систем автоматического управления, и, в том числе, исследование поведение систем с учетом изменения параметров ее объектов во времени.

С помощью созданного средства моделирования и пакета программ MATLAB было проведено моделирование нагрева двигателя в повторно коротковременном режиме и моделирование переходных процессов в электроприводе с управляющим выпрямителем. Также было промоделировано система электропривода с управляющим выпрямителем в новом средстве моделирования с учетом изменения значения параметров во времени. Это дало возможность определиться с параметрами объектов системы та условий моделирования при которых электродвигатель работает в нормальном режиме.

Результатом проведения работы стала разработка средства моделирования для государственной администрации железнодорожного транспорта Украины «Укралізниця».

Ключевые слова: нелинейные нестационарные системы, пространство приращения параметров, функции чувствительности, множественное описание.

Poremsky Y.V. Formalization of model facilities for nonlinear nonstationary automation control systems in the space of parameters increase. – Manuscript.

Thesis for a candidate's degree of technical science on specialty 01.05.02 – mathematical modeling and computation approaches. – Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia. – 2009.

Dissertation is devoted to the development of process mathematical description of model automation control systems in space of parameters increase.

The analysis of methods to model automation control systems and model software were described. The models of programmatic facilities which will realize the processes of design the automatic control systems and approaches to the object-oriented realization that mean of design the automatic control systems are offered.

The set description of process design the automatic control systems are carried out. Description of component parts of the automatic control systems is developed. The generalized algorithm of design the automatic control systems is created in the environment of facilities design which is offered.

The software package of design the automatic control systems is developed and is tested

Key words: nonlinear nonstationary systems, space of parameters increase, sensitive functions, set of description.

Підписано до друку 13.02.2009 р. Формат $29.7 \times 42\frac{1}{4}$

Наклад 110 прим. Зам. № 2009-035

Віддруковано в комп'ютерному інформаційно-видавничому центрі
Вінницького національного технічного університету
м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95. Тел.: 59-81-59