

АСИМПТОТИЧНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ МОДЕЛЕЙ ІЗ ШВИДКИМИ ЗМІННИМИ

Омельяненко А.В.

Наукові керівники – канд. техн. наук, доц. Наумейко І.В.¹,

канд. фіз.-мат. наук, проф. Сова Г.В.²,

¹ Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ПМ,

² Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ВМ,

м. Харків, Україна

e-mail: anna.omelianenko@nure.ua

The purpose of the work is to study the problem and solve the problems of modeling the restoration of the system and the behavior of the human operator in the presence of harmful and dangerous external influences and man-made disasters. Human-machine systems (HMS) also have an "external environment" subsystem, which includes catastrophic and harmful effects of the environment, commonly called the "Human-Machine-Environment system".

Метою роботи є дослідження проблеми і рішення задач моделювання процесу відновлення системи і поведінки людини – оператора при наявності шкідливих і небезпечних зовнішніх впливів і техногенних катастроф.

Людино-машинні системи (ЛМС), мають також і підсистему «зовнішнє середовище», яка включає катастрофічні і шкідливі впливи середовища, прийнято називати «системою Людина-Машина-Середовище» (система Л-М-С).

За останні 10 років системи Л-М-С виділилися в особливий клас, що включає деякі важливі системи економіки, екології, військової справи і безпечної життєдіяльності. Ці елементи завжди входили в більшість кібернетичних систем, але розглядалися тільки з точки зору автоматизованого управління, із застосуванням обмеженого кола методів дослідження, наприклад, системи масового обслуговування (СМО) і теорія надійності. В даний час найбільш актуальними з ЛМС є системи з захистом. З них виділяється клас систем з марковською властивістю. Термін «захист» в рамках даної роботи розуміється в широкому сенсі, і позначає всі види технічних засобів (статичні і динамічні), а також, в першу чергу, заходи і процеси відновлення працездатності підсистеми «машина». Таким чином, побудова математичних моделей, які описують системи із захистом і процеси, які в них відбуваються, було завжди, і є на даний час актуальним завданням [1].

У якості моделі ЛМС досліджується система з двох диференціальних рівнянь, яка описує поведінку системи захисту від шкідливих впливів. Тут $u(t)$ – це функція шкідливості, а $z(t)$ – функція захисту, при обмеженнях $u \geq 0$, $z \geq z_c$, де z_c – величина стаціонарного захисту. У досить загальному випадку, система має вигляд:

$$\begin{cases} u'(t) = \alpha u(t) - \beta z(t)u(t), \\ z'(t) = F(u(t), z(t)). \end{cases}$$

Проводити аналіз динаміки будемо на системи звичайних диференціальних рівнянь (ЗДР) вигляду:

$$\begin{cases} u'(t) = \varepsilon \alpha u(t) - \beta z(t)u(t), \\ \varepsilon z'(t) = \gamma u(t). \end{cases}$$

Тут ε – малий параметр, що вказує різну швидкодійність підсистем [1].

Чисельні розв'язки системи та їх Паде-апроксимацію будемо будувати при $\varepsilon=0,00001$, $\varepsilon=0,0001$, $\varepsilon=0,001$, $\varepsilon=0,01$, і $\varepsilon=0,1$.

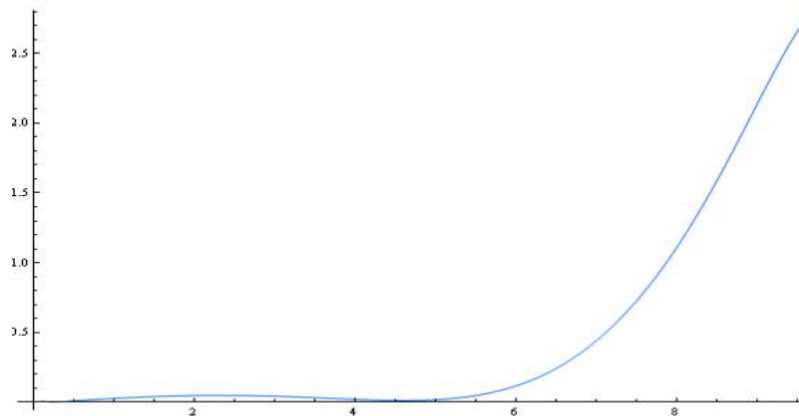


Рисунок 1 – Графік похибки Паде-апроксимації z -компоненти при $\varepsilon=0,001$

На основі розробленої програми було проведено ряд експериментів, в результаті яких вдалося показати що застосування методу Паде-апроксимації для асимптотичного ряду системи ЗДР з малим параметром дозволяє зробити збільшення малого параметра без істотної втрати точності рішення. У слідстві того що вихідна система ЗДР має практичне застосування можна відзначити що реалізація методу Паде-апроксимації дозволила розширити спектр допустимих частот при яких асимптотичний ряд буде збігатися до точного розв'язання системи. Отримані результати порівнювалися з розв'язками вихідної системи методом Рунге-Кутти четвертого порядку, що дозволило показати що метод Паде-апроксимації має великі переваги у швидкості і зручності перед побудовою чисельного наближення до розв'язків вихідної системи при заданій точності.

Список використаних джерел:

1. Наумейко И. В., Альджаафрах М. Р., Альрефай В. А. Моделирование сингулярных динамических систем защиты с переменными параметрами International scientific and practical conference «World Science». 2016. Т. 1. № 11 (15). С. 15–17.